



INFLUENCIA DEL PATRÓN VERTICAL
SOBRE LA INCLINACIÓN DEL PLANO
OCLUSAL EN PACIENTES CON
REQUERIMIENTO DE TRATAMIENTO
ORTODÓNTICO EN TACNA, 2022-2023

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN
INVESTIGACIÓN EPIDEMIOLÓGICA

MARCO ANTONIO SANCHEZ TITO

LIMA – PERÚ

2026

Asesor:

Ailin Rosario Cabrera Matta, DDS, PhD¹

Co-asesor:

Jorge Carlos Melgar Gutierrez, DDS, MSc¹

Afiliaciones institucionales:

¹Facultad de Estomatología, Universidad Peruana Cayetano Heredia

JURADO DE TESIS

MG. CARLOS YURI LIÑAN DURAN

PRESIDENTE

MG. KETTY VERONICA DOLORES CERNA

VOCAL

DR. GUILLERMO SANTOS SALVATIERRA RODRIGUEZ

SECRETARIO

DEDICATORIA

A la memoria de mis padres, Margarita y Florencio, cuyo incansable esfuerzo, tenacidad inquebrantable y valentía frente a la adversidad forjaron mi camino; a ellos, mi gratitud eterna.

A Maximiliano, por su compañía durante estos años. Te extrañaré por siempre.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Ailin Cabrera Matta y al Mag. Jorge Carlos Melgar Gutierrez, por su constante apoyo durante el desarrollo y ejecución de esta investigación.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Autofinanciado.

FORMATO PARA LA DECLARACIÓN DE AUTOR			
FECHA	15	julio	2025
APELLIDOS Y NOMBRES DEL ESTUDIANTE	SÁNCHEZ TITO MARCO ANTONIO		
PROGRAMA DE POSGRADO	MAESTRÍA EN CIENCIAS EN INVESTIGACIÓN EPIDEMIOLÓGICA		
AÑO DE INICIO DE LOS ESTUDIOS	22	abril	2024
TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE GRADO	INFLUENCIA DEL PATRÓN VERTICAL SOBRE LA INCLINACIÓN DEL PLANO OCLUSAL EN PACIENTES CON REQUERIMIENTO DE TRATAMIENTO ORTODÓNTICO EN TACNA, 2022-2023.		
MODALIDAD	Virtual		
Declaración del Autor			
<p>El presente Trabajo de Grado es original y no es el resultado de un trabajo en colaboración con otros, excepto cuando así está citado explícitamente en el texto. No ha sido ni enviado ni sometido a evaluación para la obtención de otro grado o diploma que sea el presente.</p>			
Teléfono de contacto (fijo / móvil)	957019130		
E-mail	marco.sanchez@upch.pe		



Firma del egresado
DNI 42022153

Índice

	Pág.
RESUMEN	
ABSTRACT	
1. INTROODUCCIÓN	1
2. OBJETIVO	5
3. HIPÓTESIS	5
4. MARCO TEÓRICO	5
5. METODOLOGÍA	11
5.1 Diseño del estudio	11
5.2 Población y participantes	11
5.2.1. Variable desenlace y potenciales predictores de interés	12
5.2.2. Otras variables relevantes	14
5.3 Potencia estadística	19
5.4 Procedimiento y técnicas	20
5.5 Consideraciones éticas	23
5.6 Procesamiento y análisis estadístico	23
5.7 Plan de análisis	24
6. RESULTADOS	25
7. DISCUSIÓN	30
8. CONCLUSIONES	35

9. RECOMENDACIONES	35
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
ANEXOS	45

RESUMEN

Introducción: El patrón de crecimiento vertical hiperdivergente tiene un manejo ortodóntico complejo. Este patrón se establece a edades tempranas y su etiología es multifactorial. La literatura ha sugerido que el patrón facial vertical hiperdivergente tienen un impacto sobre la inclinación del plano oclusal.

Objetivo: Evaluar la influencia del patrón vertical hiperdivergente sobre la inclinación del plano oclusal en personas con requerimiento de tratamiento ortodóntico.

Métodos: Se realizó un estudio transversal retrospectivo con datos de análisis cefalométricos de 235 pacientes que acudieron a un centro especializado de ortodoncia en la ciudad de Tacna durante los años 2022 y 2023. El análisis de los datos se realizó con el programa estadístico Stata V.18. Para el análisis se empleó un modelo de regresión lineal múltiple. Adicionalmente se empleó las combinaciones lineales de parámetros para comparar la inclinación del plano oclusal entre los patrones verticales hiperdivergente e hipodivergente. Se consideró al sexo, edad, longitud de base de cráneo anterior y posterior y la relación esquelética como confusores identificados con un modelo epidemiológico. Se consideraron intervalos de confianza del 95%.

Resultados: La potencia estadística calculada para la muestra incluida en el estudio fue del 79%. El análisis bivariado mostró que la inclinación del plano oclusal presentó una asociación estadísticamente significativa con el patrón facial vertical ($p < 0.001$) el ángulo facial ($p < 0.001$), ángulo de la convexidad ($p < 0.001$), altura facial antero inferior ($p = 0.012$), overjet ($p = 0.042$) y relación esquelética ($p = 0.013$). El análisis multivariado mostró que la inclinación del plano oclusal en pacientes

con un patrón vertical hiperdivergente fue 2.15° (IC95%: 1.59° - 2.70°) más alta comparada con los pacientes con patrón vertical Normodivergente. Adicionalmente, la diferencia de la inclinación del plano oclusal entre los hiperdivergentes e hipodivergentes fue 2.75° (IC95% 2.03° - 3.47°).

Conclusiones: Las personas con un patrón facial vertical hiperdivergente presentaron una mayor inclinación del plano oclusal que aquellas con patrones normodivergente e hipodivergente.

Palabras clave: patrón facial, plano oclusal, hiperdivergente, normodivergente, hipodivergente.

ABSTRACT

Introduction: The hyperdivergent vertical growth pattern has a complex orthodontic management. This pattern is established at an early age and its etiology is multifactorial. The literature has suggested that the hyperdivergent vertical facial pattern has an impact on the inclination of the occlusal plane.

Objective: To evaluate the influence of the hyperdivergent vertical pattern on the inclination of the occlusal plane in people requiring orthodontic treatment.

Methods: A retrospective cross-sectional study was carried out with cephalometric analysis data from 235 patients who attended a specialized orthodontic center in the city of Tacna during the years 2022 and 2023. The data analysis was performed with the Stata V.18 statistical software. A multiple linear regression model was used for the analysis. Additionally, linear combinations of parameters were used to compare the inclination of the occlusal plane between the hyperdivergent and hypodivergent vertical patterns. Sex, age, anterior and posterior skull base length, and skeletal relationship were considered as confounders identified with an epidemiological model. 95% confidence intervals were considered.

Results: The statistical power calculated for the sample included in the study was 79%. Bivariate analysis showed that the inclination of the occlusal plane presented a statistically significant association with the vertical facial pattern ($p < 0.001$), facial angle ($p < 0.001$), convexity angle ($p < 0.001$), anterior lower facial height ($p = 0.012$), overjet ($p = 0.042$), and skeletal relationship ($p = 0.013$). Multivariate analysis showed that the inclination of the occlusal plane in patients with a hyperdivergent vertical pattern was 2.15° (95% CI: $1.59^\circ - 2.70^\circ$) higher compared to patients with a normodivergent vertical pattern. Additionally, the difference in occlusal plane

inclination between hyperdivergent and hypodivergent individuals was 2.75° (95% CI $2.03^\circ - 3.47^\circ$).

Conclusions: Individuals with a hyperdivergent vertical facial pattern had a greater occlusal plane inclination than those with normodivergent and hypodivergent patterns.

Keywords: facial pattern, occlusal plane, hyperdivergent, normodivergent, hypodivergent.

1. INTRODUCCIÓN

Las maloclusiones constituyen el desalineamiento de los arcos dentarios y/o los maxilares afectando la función y la estética debido a cambios en el crecimiento y desarrollo del sistema craneofacial y/o alteraciones a nivel dentoalveolar (1). La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera a las maloclusiones uno de los problemas más importantes de la salud bucal después de la caries y la enfermedad periodontal (2). Se estima que la prevalencia de las maloclusiones es mayor al 50% a nivel global, con variaciones entre el 39% y el 93% (3–5). Este problema de salud pública tiene un impacto en la calidad de vida asociada a la salud oral y a los aspectos psico-emocionales (6). En el Perú, la prevalencia en niños es del 60% (7,8). El 45% de los casos de maloclusiones corresponden a aquellas con compromiso vertical, las sagitales el 52% y las transversales el 14% (9). Los cambios observados durante el crecimiento y desarrollo craneofacial están relacionados con la morfología inicial, el índice, el momento y el cese de crecimiento y pueden influir en las diferencias encontradas en la morfología cráneo facial entre los distintos patrones de crecimiento esquelético (10,11).

Las alteraciones en el patrón de crecimiento son bastante frecuentes en la población. Al respecto, Mohammadi *et al.* reportaron que el patrón facial más prevalente en una muestra de pacientes iraníes con requerimiento ortodóntico fue del 47.2% para los normo-faciales seguido por el patrón de cara larga con un 41.4% (12). Un estudio en la India reportó una prevalencia del patrón hipodivergente del 54.6%, seguido del patrón hiperdivergente con un 36.5% (13). Recientemente, se ha estimado que la prevalencia del patrón hiperdivergente en pacientes ortodónticos peruanos es del 36.6%, seguido de los normodivergentes (33.5%) (14). Plaza *et al.* reportaron que los pacientes con patrón

vertical hiperdivergente tienen una probabilidad significativamente mayor de desarrollar una maloclusión clase II (OR = 1.85; IC 1.10-3.12)(15).

El patrón de crecimiento vertical hiperdivergente tiene un manejo ortodóntico complejo, por lo que su tratamiento es importante desde una perspectiva estética y funcional. Este patrón se establece de manera temprana y su etiología está relacionada con aspectos ambientales como el compromiso de las vías aéreas y una musculatura masticatoria débil (16), lo que ocasiona una rotación en el sentido posteroinferior de la mandíbula, promoviendo una compensación del proceso dentoalveolar (17). Esta compensación es capaz de mantener relaciones dentoalveolares relativamente normales con la intención de remediar la desarmonía esquelética (18).

La rotación de la mandíbula depende del crecimiento individual e influye de manera importante el desarrollo de la maloclusión (19). Las características faciales de los individuos hiperdivergentes incluyen una altura facial aumentada, rama mandibular corta, un ángulo goniaco alto y un incremento vertical de la maxila (20,21). En un estudio longitudinal, Moon *et al.* demostraron que los patrones divergentes se establecieron de manera temprana y se pronunciaron con la edad siendo la dimensión de altura facial anterior la más comprometida ($p < 0.01$) (22).

Se ha sugerido que las alteraciones en el crecimiento facial vertical como la hiperdivergencia tienen un impacto sobre la inclinación del plano oclusal (23). Kim *et al.* mostraron que la rotación del crecimiento mandibular está asociado con la rotación del plano oclusal producto de un mayor incremento de la altura vertical a nivel de los molares (19). Estos hallazgos son soportados por los de Fushima *et al.*, quienes indican que el incremento en la altura vertical de los segundos premolares estuvo asociada con la rotación hacia abajo y atrás de la mandíbula (24). Tanaka *et al.* han sugerido que durante el

crecimiento facial, la posición del plano oclusal está determinado por el crecimiento vertical de los dientes maxilares y que la inclinación del plano oclusal esta principalmente determinada por el crecimiento del hueso dentoalveolar, como consecuencia de una compensación a la rotación mandibular (23). Así, el crecimiento vertical a nivel del cóndilo y los segmentos posteriores del maxilar son factores determinantes para la rotación de la mandíbula y tienen el potencial de generar cambios en la inclinación del plano oclusal (17,24,25). Sin embargo, otros estudios sugieren una relación opuesta, donde el control del plano oclusal impactaría en la tendencia de crecimiento y rotación mandibular, promoviendo expresiones de modificación del crecimiento vertical y horizontal, principalmente en los periodos de crecimiento (26–28).

Los resultados contradictorios al establecer la relación entre el patrón de crecimiento vertical y la inclinación del plano oclusal podrían deberse a que los estudios previos evalúan la inclinación del plano oclusal por medio de ángulos formados entre líneas y planos intracraneales como Sella-Nasion/plano oclusal (SN-PO), y plano de Frankfurt-plano oclusal (PF-PO) (23,28). El uso de estas referencias intracraneales presenta una variabilidad inherente y están sujetos a la variación biológica, teniendo un efecto negativo conduciendo a errores en la planificación de tratamiento ortodóntico (29–31). El registro de la posición natural de la cabeza ha demostrado ser más precisa y reproducible ya que toma en consideración una línea vertical extra-craneal o una horizontal perpendicular a esa vertical como una referencia para el análisis cefalométrico (32,33). Andrews y Andrews establecieron el uso de puntos de referencia en la frente en relación a la vertical verdadera para evaluar características de tejidos blandos, esqueléticos y dentarios como el plano oclusal (34–36).

El entendimiento del crecimiento y desarrollo craneofacial es fundamental para un correcto diagnóstico y planificación del tratamiento, permitiendo satisfacer las necesidades estéticas y funcionales de los pacientes (37,38). Es importante reconocer que las maloclusiones tienen un impacto en la calidad de vida y sobre la pobre percepción de la salud oral de las personas, principalmente en adolescentes (39). Se ha reportado que el perfil hiperdivergente es menos atractivo que los otros patrones verticales y que puede tener un impacto sobre el desarrollo social de las personas (40–42), por lo que es importante el estudio del patrón facial vertical y la forma en que se relaciona con otras características craneofaciales.

La alta prevalencia de las maloclusiones representa un problema de salud pública ya que tiene consecuencias funcionales y/o estéticas que pueden afectar el desarrollo psicosocial y calidad de vida de las personas. Por lo tanto, es importante obtener un mejor entendimiento de factores como el patrón de crecimiento sobre la modulación del plano oclusal, con el propósito de realizar intervenciones clínicas adecuadas para el manejo de las maloclusiones. Así, la presente investigación busca responder la siguiente interrogante: ¿el patrón facial hiperdivergente está asociado a la inclinación del plano oclusal en pacientes con requerimiento de tratamiento ortodóntico? Para ello, evaluaremos los registros de análisis cefalométricos individualizados pretratamiento de personas con dentición permanente. En esta investigación se empleó el método de medición de la inclinación del plano oclusal sugerido por Andrews (36), al considerar que es una estrategia más precisa y reproducible que los métodos tradicionales.

2. OBJETIVO

- Evaluar la asociación entre el patrón facial hiperdivergente y la inclinación del plano oclusal en pacientes con requerimiento de tratamiento ortodóntico en Tacna durante los años 2022 y 2023.

3. HIPÓTESIS

- En Tacna durante los años 2022 y 2023, las personas con un patrón facial vertical hiperdivergente tienen una mayor inclinación del plano oclusal que las personas que presentan otro patrón facial.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Patrón facial vertical

La tipología facial corresponde a características morfológicas y funcionales que determinan la dirección del crecimiento y el comportamiento funcional de la cara humana (43,44). La tipología facial puede comprometer la armonía facial, la oclusión y la función del sistema estomatognático (14,20,44)

Las alteraciones en el crecimiento y desarrollo craneofacial en el sentido vertical están relacionadas con problemas de cara corta o de cara larga. En individuos con cara corta, frecuentemente el tercio inferior de la cara es menor que el tercio medio. Estos pacientes presentan ramas mandibulares largas, ángulos goniacos agudos y un ángulo del plano

mandibular hipodivergente. Por otro lado, los individuos con el tercio inferior de la cara aumentada, rama mandibular corta, ángulo goniaco obtuso y ángulo del plano mandibular inclinado son considerados como pacientes hiperdivergentes (37). La modificación del crecimiento en estos pacientes es difícil y las intervenciones no siempre producen los cambios deseados.

Se ha sugerido que la configuración del patrón facial vertical está relacionada con el tipo de maloclusión que presentan estos pacientes. Nanda *et al.*, demostraron que las dimensiones anteriores de la cara presentaron patrones tipológicamente divergentes de desarrollo en pacientes con mordida abierta y mordida profunda (45).

4.1.1. Patrón facial hiperdivergente

El término hiperdivergencia fue introducido por Schudy para describir las características del fenotipo esquelético con un componente vertical aumentado y una tendencia a la rotación de la mandíbula en sentido postero-inferior (25). Esta hiperdivergencia puede estar presente en distintas maloclusiones. Así, personas con mordidas abiertas o maloclusiones Clase II, frecuentemente presentan un patrón hiperdivergente. Según Buschang el 10% de la población con requerimiento de tratamiento ortodóntico tendría un patrón facial con compromiso retrognático e hiperdivergente (16).

4.1.1.1. Características morfológicas

Los pacientes hiperdivergentes muestran diferencias respecto a los pacientes con patrones normales. Se ha identificado que la longitud maxilar y el ángulo SNA son menores en los pacientes hiperdivergentes lo que indica una posición más posterior de la maxila (46). Por otro lado, la hiperdivergencia no parece afectar la inclinación del plano palatino (47). La literatura sostiene que en los pacientes hiperdivergentes

existe un incremento en la altura de los procesos dentoalveolares anterior y posterior (48), así los principales problemas maxilares en las personas hiperdivergentes son dentoalveolares y no esqueléticos.

Las personas hiperdivergentes presentan una altura facial aumentada, una altura de la rama disminuida, un ángulo goniaco mayor que la norma, mandíbulas retrognáticas, ángulos mandibulares más inclinados y sínfisis mandibulares más finas; así como hueso cortical más fino en la maxila y la mandíbula (46,49,50). El aspecto transversal también suele estar afectado en las personas hiperdivergentes, debido a la relación cercana entre el crecimiento transversal de la maxila y la mandíbula, así se ha reportado que las personas hiperdivergentes suelen tener dimensiones transversales disminuidas (51).

4.1.1.2. Relación entre la hiperdivergencia y el retrognatismo

Se ha resaltado la relación entre las características verticales y sagitales del crecimiento facial (25); así, las personas que desarrollan un patrón hiperdivergente también son más retrognáticas (52). En estos pacientes el pogonion no se desplaza lo suficiente hacia el frente, mientras que el gonion se mueve más hacia atrás, por lo que la rotación de la mandíbula juega un rol importante para determinar tanto las relaciones verticales y sagitales (16). Se ha estimado que la rotación aproximada de la mandíbula es de 0.4° y 1.3° por año y que ocurre principalmente en la niñez durante la dentición primaria y dentición mixta (53,54). Las personas hiperdivergentes tienen una rotación hacia el frente significativamente menor que los hipodivergentes (23-43%) (55). Así, la rotación mandibular verdadera ha demostrado ser el determinante más importante para posición anteroposterior del

mentón en pacientes tratados y no tratados al estar asociado a la cantidad y dirección del crecimiento condilar (56,57).

Las personas que presentan rotación hacia el frente muestran un mayor crecimiento condilar que los que presentan rotación hacia atrás. Las personas con tendencia de rotación hacia el frente, presentan remodelación del borde mandibular que incluye aposición de hueso en la región anterior y resorción en la parte posterior; este patrón es diferente a lo que ocurre en los que tienen tendencia a la rotación posterior (58).

La rotación verdadera de la mandíbula produce cambios compensatorios en los patrones eruptivos de los dientes, donde los molares erupcionan más que los incisivos en los pacientes que rotan hacia el frente. Mientras que, en los rotadores hacia atrás, los incisivos erupcionan más que los molares. Los dientes tienen a retroinclinarse distalmente en pacientes con tendencia de rotación hacia atrás (59).

4.1.1.3. Tiempo y estabilidad de los cambios del desarrollo

Los patrones de crecimiento se establecen tempranamente. Las diferencias observadas entre personas con maloclusiones verticales se establecen a los 4 años de edad (45). Un estudio de Buschang *et al.* demostró que los valores reportados de planos mandibulares altos a los 15 años también eran observados tempranamente a una edad de 6 años (60). Otro estudio demostró que el 82% de las personas clasificadas con cara larga a los 5 años, presentaban la misma característica a los 25 años (61). Se ha sugerido que las diferencias en las dimensiones verticales de los hiperdivergentes e hipodivergentes se establece a los 6 años (62).

4.1.1.4. Etiología del patrón hiperdivergente

Muchas de las características craneofaciales, dentoalveolares y oclusales muestran una distribución cuantitativa de los fenotipos. Las características que muestran esta distribución son poli-genéticas, debido a las interacciones de múltiples genes (16). Se reconoce que la variación de estas características se debe a influencias genéticas, epigenéticas y ambientales. Se han propuesto tres principales factores ambientales para explicar las maloclusiones, los hábitos, las interferencias en la respiración normal y disminución de la fuerza de los músculos de la masticación (63). Dentro de ellos, solo dos parecen explicar el desarrollo de los pacientes con un fenotipo hiperdivergente.

4.1.1.5. Interferencia en la respiración normal

Las interferencias en las vías aéreas altas, medias o bajas se han asociado al desarrollo de cambios en el desarrollo que conllevan a un fenotipo hiperdivergente. Estas interferencias están asociadas a la presencia de adenoides y tonsilas grandes y de rinitis alérgica (16). Se ha reportado que niños con adenoides agrandadas incrementaron la altura facial anterior, ángulos goniacos más grandes, arcos maxilares más estrechos, incisivos retroinclinados, ángulos del plano mandibular más grandes y tendencias de crecimiento vertical mandibular, al compararlos con pacientes sin interferencias en las vías aéreas (64). La adenectomía temprana ha demostrado ser un factor importante para la normalización espontánea de estas alteraciones entre uno y cinco años después de ser realizadas (65,66). Los respiradores bucales presentan alturas faciales anteriores aumentadas, ángulos del plano mandibular mayores, ángulos goniacos mayores, paladares altos, mayor

overjet y maxilas estrechas que los pacientes que respiran normalmente por la nariz (67).

4.1.1.6. Disminución de la fuerza muscular

La disminución de la fuerza de los músculos de la masticación puede explicar la alta prevalencia del fenotipo hiperdivergente. La hiperdivergencia esquelética ha sido directamente relacionada con tamaños musculares reducidos, baja actividad de electromiografía y reducida eficiencia muscular (68)(69).

4.2. Plano oclusal

En la literatura existen diversos conceptos para definir al plano oclusal. En general este plano hace referencia a una superficie imaginaria que está anatómicamente relacionada con el cráneo. Una de las definiciones indica que este plano está construido de tal manera que toca los bordes incisales de los incisivos y las cúspides de las superficies oclusales de los dientes posteriores (26). El plano oclusal bisecado propuesto por Downs, hace referencia a una línea que conecta el punto bisecado de la cúspide del primer molar y el punto bisecado del overbite incisal (70). Por otro lado, el plano oclusal funcional, corresponde a un plano formado al bisecar la intercuspidación de los primeros premolares y del primer molar (71). Ardani *et al.*, señalan que el plano oclusal es importante para determinar el diagnóstico y la planificación de tratamiento, debido a que su entendimiento y control puede ser efectivo para evitar rotaciones desfavorables de la mandíbula, lo que puede afectar el perfil facial de los pacientes (26). Kim *et al.*, identificaron la relación entre el plano oclusal y desajustes en el sentido vertical que se manifiestan desde etapas tempranas del crecimiento y desarrollo (72).

Existen diversas propuestas para la medición de la inclinación del plano oclusal. El ángulo formado entre el plano oclusal y la línea Sella-Nasion ha sido ampliamente empleado (23). El incremento de este ángulo está asociado al desarrollo de patrones hiperdivergentes, con rotación hacia abajo y atrás de la mandíbula, principalmente en pacientes Clase II (73).

Para Andrews, el diagnóstico del plano oclusal es un aspecto importante para el diagnóstico en ortodoncia, ya que define las mecánicas terapéuticas para su corrección o manutención, principalmente en aquellos pacientes donde su inclinación está alterada y se requiera abordajes orto-quirúrgicos (34,36). Bajo este contexto, Andrews considera el plano oclusal como un plano funcional que se forma por los puntos medios situados entre los molares y primeros premolares respecto a una referencia extracraneal como la línea GALL. Así, se disminuye los errores diagnósticos cuando se consideran solo las cúspides de los dientes para su definición.

5. METODOLOGÍA

5.1. Diseño del estudio

Se realizó un estudio a partir de datos obtenidos de los registros clínicos de personas con requerimiento de tratamiento ortodóntico que acudieron a un consultorio especializado de la ciudad de Tacna entre julio de 2022 y agosto de 2023. El diseño del estudio fue transversal, retrospectivo y analítico.

5.2. Población y participantes

Se consideró como población fuente a todos los pacientes que acudieron por consulta ortodóntica a un consultorio especializado de la ciudad de Tacna durante el primero de julio de 2022 y el 31 de agosto de 2023. De manera inicial se identificaron un total de 343 personas. El 14% de estas personas no se consideraron debido a que las radiografías cefalométricas fueron realizadas con un equipo radiográfico diferente. Adicionalmente, 60 personas no cumplieron con los criterios de selección. Los principales motivos de no inclusión fueron: registros de pacientes en dentición mixta (15.3%), con antecedente de tratamiento ortodóntico y/o quirúrgico previo (3.4%) y antecedente de trastorno temporomandibular (1.7%). Finalmente, un total de 235 registros (79.6%) fueron considerados elegibles al cumplir con los criterios de selección. Esta información fue obtenida por el ortodoncista del centro especializado durante la entrevista de la anamnesis y registrado en la historia clínica.

Criterios de inclusión

- Registros cefalométricos de personas que requieran tratamiento ortodóntico.
- Registros cefalométricos de personas con dentición permanente completa, excluyendo los terceros molares.

Criterios de exclusión

- Registros cefalométricos de personas con deformidades dentofaciales congénitas.
- Registros cefalométricos de personas con signos clínicos de enfermedad periodontal.
- Registros cefalométricos de personas que reportaron tratamiento ortodóntico previo.
- Registros cefalométricos de personas con antecedentes de infecciones, trauma facial por accidentes, tumores o cirugías relacionadas a estos factores.
- Registros cefalométricos de personas con antecedentes de trastorno temporomandibular.

5.2.1. Variables desenlace y potenciales predictores de interés

Variable dependiente: Inclinación del plano oclusal

El plano oclusal se define como un plano funcional que se forma por los puntos medios situados en los molares y primeros premolares (24). Su inclinación se midió respecto a una línea horizontal que es perpendicular a GALL (Goal Anterior Limit Line). Según Andrews la inclinación del plano oclusal tiene valores normales entre $+2^\circ$ a $+10^\circ$ (36). Esta variable es de naturaleza numérica continua con una escala de razón.

Variable independiente: Patrón vertical

El patrón facial vertical se define como una característica que indica la dirección de crecimiento de la cara en sentido vertical (45). Para su medición se empleó la recomendación de Tweed (74), empleando el ángulo FMA (Frankfurt-Mandibular plane angle) que corresponde al ángulo formado entre el plano mandibular en relación al plano horizontal de Frankfurt. Valores menores a 21° corresponden a un patrón vertical hipodivergente, valores entre 21° a 28° corresponden a un patrón vertical normodivergente y valores mayores a 28° corresponden a un patrón vertical hiperdivergente. Esta variable es de naturaleza categórica con una escala de medición nominal.

5.2.2. Otras variables relevantes

Variable	Definición Conceptual	Definición operacional	Valores posibles	Criterios de medición	Rol
Sexo	Características biológicas y fisiológicas que definen a hombres y mujeres	Según el registro en la historia clínica y los datos reportados en el DNI	1 = femenino 2 = masculino	Catógica dicotómica	confusora
Edad	Lapso de tiempo que transcurre desde el nacimiento hasta el momento de referencia	Edad en años registrada en la historia clínica y los datos reportados en el DNI	años	Numérica continua	confusora
Relación esquelética	Relación en el sentido antero posterior de los maxilares	Relación sagital de los maxilares según el ángulo ANB de Steiner. Formado por la intersección entre el Plano NA (Nasion-punto A) y el plano NB (Nasion-	1 = Clase III ($<0^\circ$) 2 = Clase I ($2^\circ \pm 2^\circ$) 3 = Clase II ($>4^\circ$)	Catógica politémica	confusora

		Punto B) Obtenida del análisis cefalométrico			
Ángulo facial	Indica la presencia de prognatismo o retrognatismo inferior	Medida angular formada por la línea Nasion-Pogonion en su intersección con el plano de Frankfurt (formado por la unión de los puntos Porion-Orbital) (Down) Obtenida del análisis cefalométrico	Grados (°) Retrognático (<82°) Ortognático (82° a 85°) Prognático (>85°)	Numérica continua	mediadora
Ángulo del Eje Y*	Angulo que indica la tendencia de crecimiento vertical de la cara	El ángulo del eje de crecimiento se mide como el ángulo formado por la intersección de una línea desde Sella-Gnathion y el plano de Frankfurt (Down) Obtenida del análisis cefalométrico	Grados (°) Crecimiento horizontal (<53°) Crecimiento proporcional (53° a 66°) Crecimiento vertical (>66°)	Numérica continua	mediadora

Ángulo de la convexidad	Indica la presencia de retrognatismo o prognatismo superior	Angulo formado por la intersección de la línea Nasion-punto A a punto A – Pogonion (Down) Obtenida del análisis cefalométrico	Grados (°) Perfil prognático por depresión del punto A (<8.5°) Perfil ortognático (-8.5° a 10°) Prominencia de base ósea del maxila (>10°)	Numérica continua	mediadora
Altura Facial posterior		Distancia entre Sella-Gonion (Bjork) Obtenida del análisis cefalométrico	mm	Numérica continua	confusora
Altura facial anterior	Indica la dimensión vertical de la cara	Se mide desde la Espina Nasal Anterior hasta el punto Mentón (ENA-Me). (McNamara) Obtenida del análisis cefalométrico	mm	Numérica continua	confusora
Ángulo interincisivo*	Indica la inclinación de los ejes de los incisivos superior e inferior	Se establece al pasar una línea a través del borde incisal y el ápice raicilar de	Grados (°)	Numérica continua	mediadora

		incisvo central maxilar y mandibular (Downs) Obtenida del análisis cefalométrico			
Overjet*	Superposición horizontal de los dientes anteriores	Distancia entre los bordes incisales superiores e inferiores medida a la altura del plano oclusal (Ricketts) Obtenida del la historia clínica	mm	Numérica continua	colisionadora
Overbite*	Superposición vertical de los dientes anteriores	Distancia entre los bordes incisales inferior y superior, se mide perpendicular al plano oclusal (Ricketts) Obtenida del la historia clínica	mm	Numérica continua	colisionadora
Extrusión de incisivos inferiores*	Indica el aumento de sobremordida	Distancia medida desde el borde incisal del incisivo inferior hasta el plano	mm	Numérica continua	colisionadora

		oclusal (Ricketts) Obtenida del la historia clínica			
IMPA*	Indica la inclinación de los incisivos inferiores respecto del plano mandibular	Angulo formado entre el plano mandibular y el eje del incisivo central mandibular Tweed. Obtenida del análisis cefalométrico	Grados (°)	Numérica continua	colisionadora

*Solo se analizaron en la tabla 1 de características de la muestra.

Gráfico acíclico dirigido (DAG)

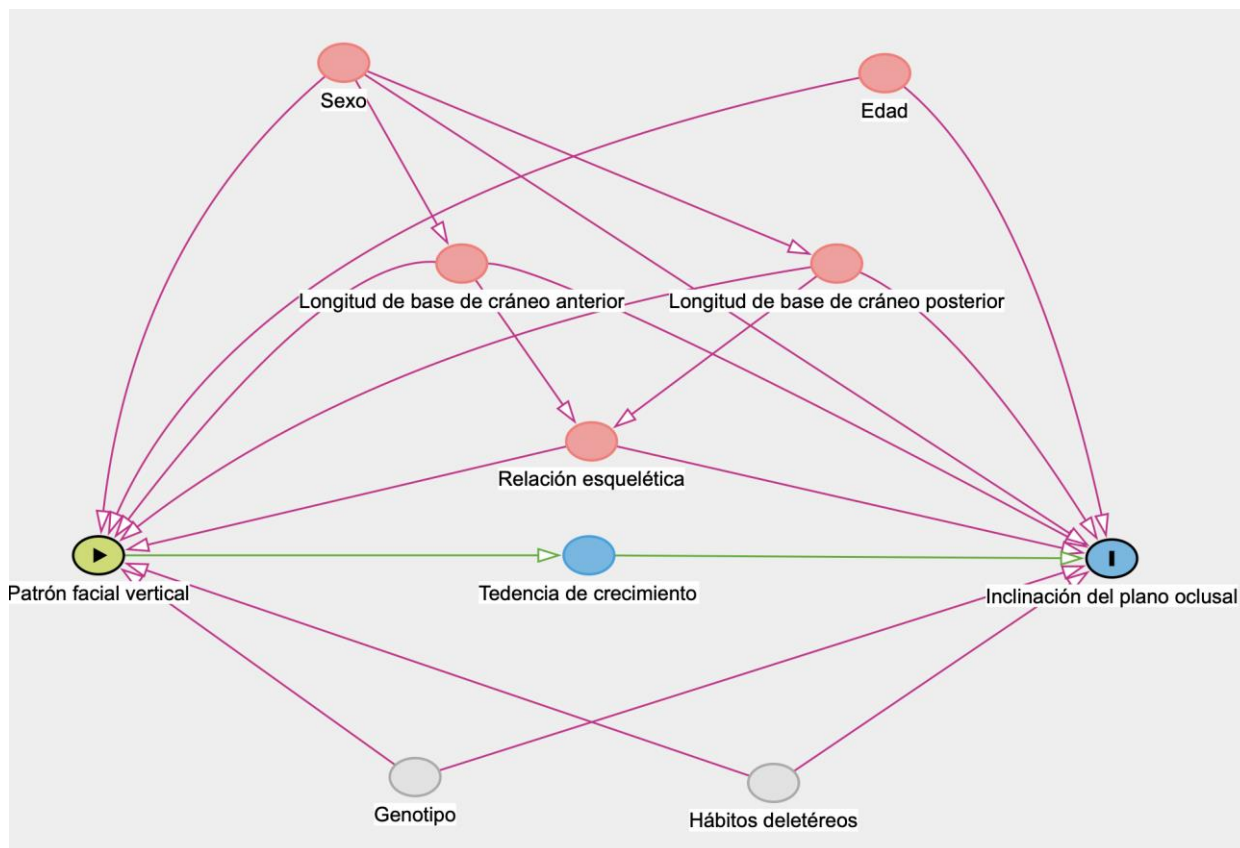


Fig. 1. Gráfico acíclico dirigido de la asociación entre el patrón facial vertical y la inclinación del plano oclusal en pacientes con requerimiento de tratamiento de ortodoncia. Se consideran como variables confusoras al sexo, edad, longitud de base cráneo anterior, longitud de base de cráneo posterior y relación esquelética. La variable tendencia de crecimiento se considera como variable mediadora. DAG generado con DAGitty v3.1. ● Exposición, ● Outcome, ● Mediadora, ● Confusor, ● no observada.

5.3. Cálculo de la potencia estadística

La presente investigación empleó una base de datos secundaria, por lo que se optó por realizar el cálculo de potencia estadística, ya que la base de datos cuenta con un total de 235 observaciones. Este estudio transversal tiene como propósito determinar si los pacientes con requerimiento de tratamiento ortodóntico con un patrón vertical hiperdivergente tendrán una mayor inclinación del plano oclusal que los que no presentan

hiperdivergencia. Para ello se modelará una regresión lineal ajustada por cinco variables confusoras identificadas en el modelo epidemiológico.

El cálculo de la potencia estadística se realizó con el programa estadístico Stata 18, considerando el análisis de potencia para una prueba R^2 en una regresión lineal múltiple. La prueba R^2 es una prueba F para el coeficiente de determinación (R^2), que es empleada para probar la significancia de todos los coeficientes en un modelo de regresión (75).

Primero se debe calcular el mínimo valor detectable de R^2 a partir del tamaño de la muestra ($n = 235$) y la potencia (0.8) y la cantidad de variables incluidas en el modelo. El mínimo valor detectable de R^2 fue 0.0562 (Anexo 1). Para calcular el poder correspondiente al tamaño de muestra disponible para la presente investigación ($n = 235$) se debe considerar el mínimo valor detectable de R^2 (0.0562), el número de covariables que serán incluidas en el modelo (1 variable independiente y las 5 variables para el ajuste) y un $\alpha = 0.05$. La salida de Stata muestra que la potencia estadística calculada es de 79.96 %. (Anexo 2).

5.4. Procedimiento y técnicas

Preparación

Durante la primera cita, el centro solicita de manera rutinaria a cada paciente la toma de una radiografía lateral de cráneo y panorámica. Además, se realizan tomas fotográficas intraorales y extraorales, el registro de modelos de estudio y el llenado de la historia clínica; todos estos elementos componen el expediente de cada paciente. Adicionalmente,

se solicita a cada paciente la firma de un consentimiento para el uso de sus registros con fines académicos y de investigación.

La identificación de los puntos cefalométricos, el trazado de la cefalometría y la toma estandarizada de las fotografías son realizados por un único ortodoncista, con más de 10 años de experiencia clínica y entrenamiento en la filosofía ortodóntica de los Seis Elementos, propuesta por Andrews. Se consideraron los siguientes lineamientos para la obtención de los análisis cefalométricos:

- Las radiografías son tomadas en un solo centro radiológico empleando un equipo radiográfico Orthophos SL 3D (Dentsply Sirona, Charlotte, NC, USA) con una corriente nominal de 12 A, potencial nominal 2kW con 90 Kv/16MA con un tiempo de exposición de 14,18 s y un tamaño de Voxel de 80 μm .
- Para el registro de la inclinación del plano oclusal se siguen las recomendaciones de Andrews respecto al elemento IV de la filosofía de los seis elementos de la armonía orofacial (36).
- En un primer momento se realiza la transferencia de la línea vertical clínica a partir del punto glabella de tejidos blandos al papel de acetato. Esta transferencia inicia midiendo la distancia del punto central de la corona clínica del incisivo (punto FA) respecto a la línea vertical glabellar empleando el indicador del plano frontal (FPI) (76). Esta distancia en mm es transferida sobre el papel de acetado para la ubicación del punto inferior y se traza una línea que une los puntos Gl e inferior. Esta línea representa la línea GALL (Goal Anterior Limit Line).
- Sobre el papel de acetato se ubican los puntos medios situados en los molares y premolares y se traza una línea que representa al plano oclusal funcional, esta línea se extiende hasta intersectar la línea GALL. Finalmente, con la ayuda de la plantilla

de Andrews se mide el ángulo formado entre el plano oclusal y la línea horizontal de la regla posicionada perpendicular a GALL (Anexo 3).

- Para el resto de las magnitudes cefalométricas las imágenes radiográficas en formato JPG fueron evaluadas en la aplicación de uso libre OneCeph® (version beta 1.1, NXS,Hyderabad, India) (77) para Android obtenido de Google Play Store (Google Inc, Mountain View, Calif) instalado en un computador con sistema operativo macOS Sonoma v.14.1. Luego de la calibración de las imágenes de acuerdo a la regla de calibración, se identifican los puntos de referencia anatómicos para el análisis individualizado obteniendose las mediciones angulares y lineales generadas por la aplicación. La selección de las magitudes cefalométricas corresponden a las recomendaciones del *American Board of Orthodontics*. Los resultados son exportados en formato pdf (Anexo 4).

5.5. Recolección de datos

El levantamiento y registro de la información a partir de las historias clínicas fue realizado por el investigador principal de este estudio. Se elaboró una ficha de registro en Microsoft Excel, que incluía las variables edad, el sexo y las magnitudes cefalométricas. Para la codificación de cada caso se empleó las iniciales del primer apellido y del nombre y los tres últimos números de la historia clínica. Esta codificación es mantenida en resguardo del investigador principal y no está contenida en la base de datos que será empleada para el análisis. El registro de los datos se realizó durante los meses de abril y mayo de 2024.

5.6. Reproducibilidad y consistencia de las mediciones

La confiabilidad de las mediciones se evaluó exclusivamente para la inclinación del plano oclusal, dado que las demás magnitudes cefalométricas correspondían a registros diagnósticos previos obtenidos como parte de la atención clínica rutinaria y no fueron medidas directamente para esta investigación. Para la confiabilidad intraobservador, se seleccionaron aleatoriamente 20 radiografías laterales de cráneo y la inclinación del plano oclusal se midió siguiendo el protocolo descrito por Andrews. Estas mediciones fueron repetidas por el mismo evaluador después de dos semanas, y la reproducibilidad se estimó mediante el coeficiente de correlación intraclass (ICC), obteniéndose un valor de 0.92, que indica una confiabilidad excelente. Para la confiabilidad interobservador, se seleccionaron 20 radiografías adicionales, que fueron medidas de manera independiente por el investigador principal y por uno de los asesores, ambos con experiencia clínica y certificación formal en la filosofía ortodóntica de los Seis Elementos. El ICC correspondiente (0.89) permitió confirmar una alta concordancia entre observadores, evidenciando la estabilidad y precisión de la medición del plano oclusal empleada en este estudio.

5.7. Consideraciones éticas

Este protocolo de investigación fue presentado al Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Peruana Cayetano Heredia para su aprobación. La presente investigación hace uso de datos obtenidos de las historias clínicas de un centro especializado en ortodoncia, por lo que no representa posibles riesgos para los sujetos. La base de datos construida para esta investigación no contiene información que permita la identificación de las personas. Se tiene en consideración la normativa vigente sobre el uso de información y confiabilidad de datos en investigación. El protocolo fue registrado en

el Sistema Descentralizado de Información y Seguimiento a la Investigación (SIDISI) - Dirección Universitaria de Investigación, Ciencia y Tecnología (DUICT) con el código 215776, y fue aprobado por el Comité Institucional de Ética en Investigación (CIEI) de la Universidad Peruana Cayetano Heredia con el registro CIEI-5-2-25.

5.8. Plan de análisis

Los valores de magnitudes cefalométricas de los análisis cefalométricos contenidos en los expedientes de los pacientes fueron ingresados a una base de datos en excel. El análisis de los datos se realizó con el programa estadístico Stata V.18 (College Station, TX: StataCorp LLC., LO EE.UU.).

Análisis descriptivo

El análisis descriptivo de las variables categóricas como el patrón facial vertical se realizó empleando frecuencias absolutas y relativas. Para el análisis de las variables numéricas como la inclinación del plano oclusal se empleó medidas de tendencia central como la media y la mediana y medidas de dispersión como la desviación estándar y el rango intercuartílico dependiendo de la naturaleza de los datos.

Análisis bivariado

La evaluación de la distribución normal para los datos numéricos se realizó empleando estadísticos como el sesgo y la curtosis; además de emplear evaluación gráfica por medio de histogramas de frecuencias y gráficos Q-Q. Para el análisis bivariado de la relación entre la variable patrón facial y la inclinación del plano oclusal se aplicó la prueba ANOVA de un factor seguida de prueba post hoc de Bonferroni, considerando un nivel de significancia del 5%.

Análisis multivariado

Se evaluaron los supuestos de linealidad, independencia de observaciones, normalidad de residuales, homocedasticidad de residuales, colinealidad, puntos extremos, puntos palanca y puntos influyentes.

El supuesto de independencia se evaluó teóricamente, ya que no existieron motivos para considerar dependencia entre las observaciones. De manera gráfica se examinó la linealidad. Los diagramas de dispersión mostraron una relación aproximadamente lineal entre el patrón vertical y la inclinación del plano oclusal. Los residuos presentaron una distribución cercana a la normal según el histograma y el gráfico Q-Q. Sin embargo, la prueba de Breusch-Pagan/Cook-Weisberg indicó heterocedasticidad significativa, por lo que el supuesto de igualdad de varianzas no se cumplió.

La multicolinealidad se evaluó con el VIF (inflación de la varianza), y los resultados mostraron valores pequeños en todas las variables muy por debajo del umbral comúnmente aceptado de preocupación (>5 o >10), indicando que no existe multicolinealidad y que las estimaciones del modelo son estables.

El análisis de valores extremos mostró que el 13.6% de las observaciones superó ± 1.96 DE, límite correspondiente al 95% de la distribución normal, mientras que solo 1.7% excedió ± 2.33 DE, umbral asociado al 98% de dicha distribución. Esto indica que la gran mayoría de los residuos se mantiene dentro de los rangos esperados para una distribución normal, sin evidencia relevante de valores atípicos que comprometan el modelo.

El análisis de puntos de palanca mostró que el umbral teórico ($2 \cdot k + 1/n$) fue excedido por 22 observaciones, lo cual es esperable en muestras moderadas y modelos con varias covariables. La presencia de estos casos no implica, por sí sola, un problema,

y únicamente señala que algunas observaciones ejercen mayor influencia potencial en el ajuste.

La evaluación de puntos influyentes mediante la distancia de Cook mostró que ninguna observación superó el valor de 1, lo que indica que no existen casos con influencia excesiva sobre los coeficientes del modelo y que las estimaciones se mantienen estables ante la contribución individual de cada dato.

Para verificar si los puntos palancas pueden tener un impacto sobre la evaluación de la homocedasticidad, se ejecutó un modelo de regresión sin incluir las 22 observaciones, sin embargo, al aplicar nuevamente la prueba de Breusch–Pagan/Cook–Weisberg se mantuvo la heterocedasticidad.

Dado que el análisis de los supuestos mostró que los residuales no presentaron homocedasticidad, se empleó una regresión lineal múltiple con varianza robusta. Se realizó modelos crudo y ajustado por confusores previamente identificados por el modelo epidemiológico basado en el gráfico acíclico dirigido, como: sexo, edad, longitud de base de cráneo anterior, longitud de base de cráneo posterior y relación esquelética. Se analizaron los valores de los coeficientes β , considerando valores $p < 0.05$ como estadísticamente significativos, además se reportaron los intervalos de confianza al 95% (IC95%).

Comparación entre categorías

Para responder íntegramente a la pregunta de investigación, se empleó el comando *lincom* que permite combinaciones lineales de parámetros para comparar la inclinación del plano oclusal entre los patrones verticales hiperdivergente e hipodivergente.

6. RESULTADOS

Del total de pacientes que acudieron por consulta ortodóntica ($n = 343$), se consideraron 235 registros (79.6%) como elegibles al cumplir con los criterios de selección. Los principales motivos de no inclusión fueron: registros de pacientes en dentición mixta (15.3%), antecedente de tratamiento ortodóntico y/o quirúrgico previo (3.4%) y antecedente de trastorno temporomandibular (1.7%) (Figura 2).

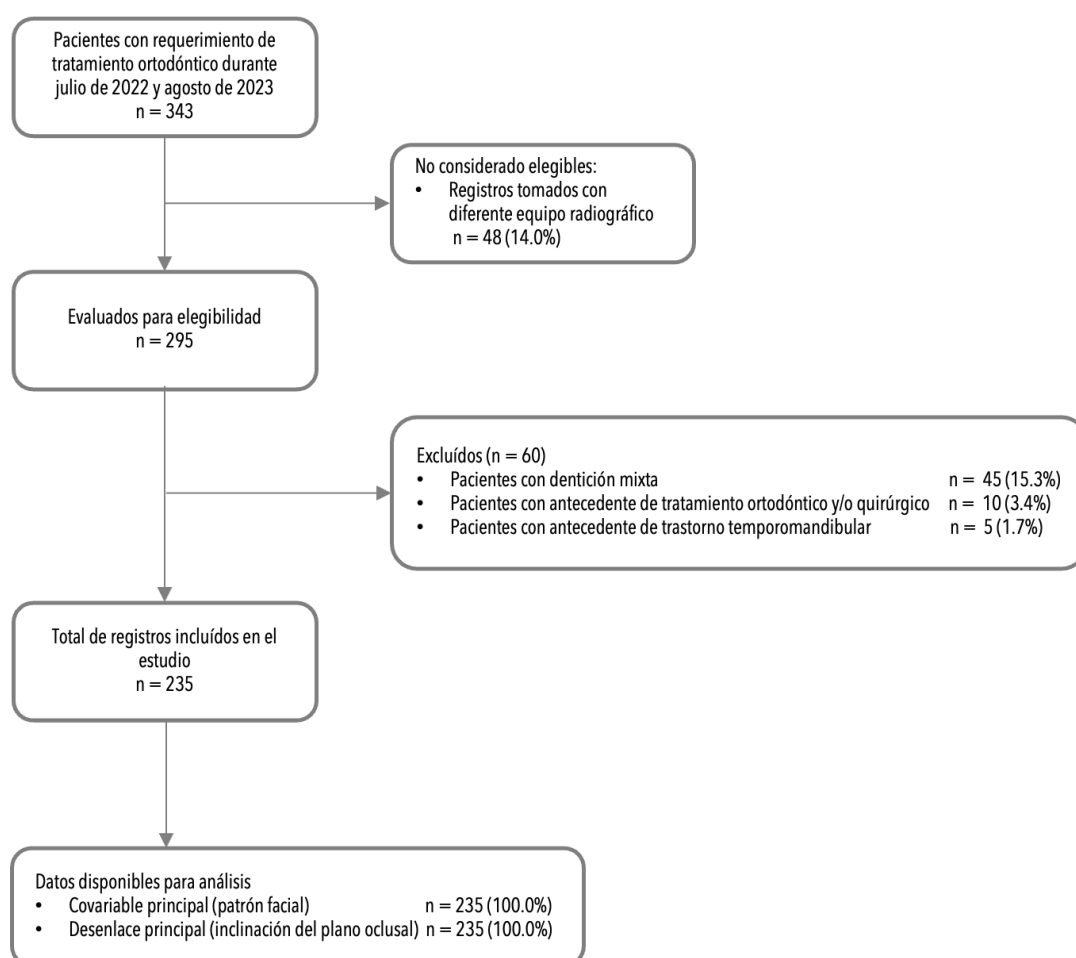


Figura 2. Diagrama de flujo de la selección de registros de pacientes con requerimiento de tratamiento ortodóntico atendidos en un centro especializado de Tacna durante julio de 2022 y agosto de 2023.

Tabla 1. Características y magnitudes cefalométricas de los pacientes con requerimiento ortodóntico atendidos en un centro especializado de la ciudad de Tacna, 2022-2023 (n=235).

Características	N (%)
Sexo	
Femenino	141 (60.0)
Masculino	94 (40.0)
Edad (años)*	17 [14-23]
Ángulo facial (°)†	88.1 ± 4.0
Ángulo de la convexidad (°)†	7.7 ± 7.5
Longitud de base de cráneo anterior (°)*	61 [59-64]
Longitud de base de cráneo posterior (°)†	32.2 ± 3.7
Altura facial antero inferior (mm)†	66.6 ± 5.9
Altura facial posterior (mm)*	74.4 [71-79.4]
Overjet (mm)*	2 [1.5-3]
Overbite (mm)*	1.5 [1-2]
Relación Esquelética	
Clase I	91 (38.7)
Clase II	116 (49.4)
Clase III	28 (11.9)
Patrón Facial	
Hipodivergente	42 (17.9)
Normodivergente	116 (49.4)
Hiperdivergente	77 (32.8)
Inclinación del Plano Oclusal (°)	9.2 ± 2.1

* Mediana [percentil 25-75].

† Media ± desviación estándar.

En la Tabla 1 se presentan las características y las principales magnitudes cefalométricas de la población de estudio. Los resultados mostraron que más de la mitad de los participantes fueron mujeres (60.0%), la mediana de la edad fue 17 años. Respecto a las magnitudes cefalométricas que valoran el comportamiento esquelético se observó que el promedio del ángulo facial y del

ángulo de la convexidad fue de $88.1^\circ \pm 4.0^\circ$ y $7.7^\circ \pm 7.5^\circ$, respectivamente; encontrándose dentro de los valores de la norma (ángulo facial = $87.8^\circ \pm 3^\circ$; ángulo de la convexidad = -8° a 10°). La mediana para la longitud de base de cráneo anterior fue 61 mm, siendo este valor menor que la norma ($71 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$). La longitud de la base de cráneo posterior ($32.2 \text{ mm} \pm 3.7 \text{ mm}$) fue similar a la norma ($32 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$). Respecto a la tendencia de crecimiento vertical, se observó una altura facial antero inferior de $66.6 \text{ mm} \pm 5.9 \text{ mm}$, que se encuentra dentro de los valores promedio esperados ($71.6 \text{ mm} \pm 4 \text{ mm}$). Los valores de la mediana para las relaciones dentarias como el overjet (2 mm) y el overbite (1.5 mm) se encontraron dentro de los valores de la norma. Además, se observó que el 49.4% presentaban una relación de Clase II, mientras que la relación esquelética menos frecuente fue la Clase III (11.9%). Se observó que el 32.8% de los pacientes presentaron un patrón facial hiperdivergente y que el promedio de inclinación del plano oclusal fue $9.1^\circ \pm 2.1^\circ$.

La Tabla 2 presenta los resultados del análisis bivariado de las características asociadas a la inclinación del plano oclusal. La inclinación del plano oclusal presentó una asociación estadísticamente significativa con el patrón facial vertical ($p < 0.001$). El patrón facial vertical hiperdivergente tuvo una mayor inclinación del plano oclusal ($10.7^\circ \pm 2.5^\circ$) respecto al patrón vertical normodivergente ($8.5^\circ \pm 1.3^\circ$) e hipodivergente ($7.9^\circ \pm 1.4^\circ$). Según la prueba post hoc de Bonferroni, el patrón hiperdivergente difirió significativamente de los patrones normodivergente e hipodivergente, mientras que estos dos últimos no mostraron diferencias entre sí. Por otro lado, se encontró una correlación estadísticamente significativa entre la inclinación del plano oclusal y las siguientes magnitudes cefalométricas: ángulo facial ($p < 0.001$), ángulo de la convexidad ($p < 0.001$), altura facial antero inferior ($p = 0.012$), overjet ($p = 0.042$) y relación esquelética ($p = 0.013$). Para la variable relación esquelética, la prueba post hoc de Bonferroni mostró que los pacientes Clase II presentaron una inclinación

significativamente mayor del plano oclusal que los Clase III, mientras que la Clase I ocupó una posición intermedia sin diferencias significativas respecto a las otras categorías.

Tabla 2. Características asociadas a la inclinación del plano oclusal en el análisis bivariado (n=235).

Características	Inclinación del plano oclusal (n=235)	p
	Media ± DE	
Sexo*		0.034
Femenino	9.42 ± 2.19	
Masculino	8.82 ± 1.92	
Edad (años)†	-0.009	0.883
Ángulo facial (°)†	-0.2	<0.001
Ángulo de la convexidad (°)†	0.2	<0.001
Longitud de base de cráneo anterior (mm)†	-0.02	0.755
Longitud de base de cráneo posterior (mm)†	-0.11	0.094
Altura facial antero inferior (mm)†	0.2	0.012
Altura facial posterior (mm)†	-0.11	0.100
Overjet (mm)†	0.13	0.042
Overbite (mm)†	-0.07	0.256
Relación esquelética‡		0.013
Clase I	8.9 ± 1.8 ^{ab}	
Clase II	9.6 ± 2.3 ^b	
Clase III	8.3 ± 1.6 ^a	
Patrón facial vertical‡		<0.001
Hipodivergente	7.9 ± 1.4 ^a	
Normodivergente	8.5 ± 1.3 ^a	
Hiperdivergente	10.7 ± 2.5 ^b	

DE: Desviación estándar.

* *t* de Student

† Coeficiente de correlación de Spearman

‡ ANOVA de un factor

Letras en superíndice diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre las categorías por el método de Bonferroni

En la Tabla 3 se presentan los coeficientes β calculados mediante los modelos de regresión lineal simple y múltiple. El análisis de regresión lineal simple mostró que en la población de pacientes con requerimiento ortodóntico el promedio de la inclinación del plano oclusal en aquellos que tienen un patrón vertical hiperdivergente fue 2.17° (IC95%: 1,66° - 2,69°) más alta comparado con los pacientes con patrón vertical normodivergente. Este valor fue 2.15° (IC95%: 1.59° - 2.70°) luego del ajuste por las variables sexo, edad, longitud de base de cráneo anterior y posterior y la relación esquelética. Esta diferencia fue estadísticamente significativa ($p < 0,001$).

Tabla 3. Asociación entre la inclinación del plano oclusal y el patrón facial vertical, enfoque epidemiológico.

Características	Crudo			Ajustado*		
	β	IC 95%	p	β	IC 95%	p
Patrón vertical						
Normodivergente	Ref.			Ref.		
Hipodivergente	-0,62	-1,25 - 0,17	0,056	-0,59	-1,26 - 0,07	0,077
Hiperdivergente	2,17	1,66 - 2,69	<0,001	2,15	1,59 - 2,70	<0,001
Sexo						
Femenino	Ref.			Ref.		
Masculino	-0,59	-1,14 - -0,04	0,034	-0,37	-0,91 - 0,15	0,162
Edad	0,01	- 0,04 - 0,05	0,757	-0,01	-0,04 - 0,03	0,772
Longitud de base de cráneo anterior	-0,03	-0,09 - 0,4	0,417	0,06	-0,01 - 0,13	0,088
Longitud de base de cráneo posterior	-0,06	-0,14 - 0,01	0,083	-0,04	-0,12 - 0,03	0,245
Relación esquelética						
Clase I	Ref.			Ref.		
Clase II	0,65	0,08 - 1,22	0,025	0,12	-0,39 - 0,63	0,638
Clase III	-0,57	-1,45 - 0,31	0,201	-0,11	-0,89 - 0,66	0,775

*Ajustado por sexo, edad, longitud de base cráneo anterior, longitud de base de cráneo posterior y relación esquelética.

β : Coeficiente β . IC 95%: Intervalo de confianza al 95%

Adicionalmente, se realizó una combinación lineal de parámetros para comparar los patrones verticales hiperdivergente e hipodivergente, los resultados mostraron que el promedio de la inclinación del plano oclusal en los hiperdivergentes fue 2.75° (IC95% 2.03° - 3.48°) mayor respecto a los pacientes con patrón vertical hipodivergente, estos resultados fueron estadísticamente significativos ($p < 0.001$) (Tabla 4).

Tabla 4. Asociación entre la inclinación del plano oclusal y el patrón vertical hipodivergente e hiperdivergente.

Características	Crudo			Ajustado*		
	β	IC 95%	p	β	IC 95%	p
Patrón vertical						
Hipodivergente	Ref.			Ref.		
Hiperdivergente	2,79	2.11 - 3.47	<0,001	2,75	2.03 - 3.48	<0,001

*Ajustado por sexo, edad, longitud de base cráneo anterior, longitud de base de cráneo posterior y relación esquelética.

β : Coeficiente β . IC 95%: Intervalo de confianza al 95%

7. DISCUSIÓN

Este estudio evaluó si personas con un patrón facial vertical hiperdivergente tienen una mayor inclinación del plano oclusal que los normodivergentes e hipodivergentes. Los resultados mostraron que el patrón vertical hiperdivergente estuvo fuertemente asociado ($p < 0.001$) a una mayor inclinación del plano oclusal, respecto a los otros patrones verticales. De manera específica, el patrón vertical hiperdivergente tuvo una inclinación mayor de 2.15° al compararlo con el patrón vertical normodivergente y de 2.75° respecto a los hipodivergentes cuando se ajustó por potenciales confusores. Clínicamente, este incremento angular sugiere que los pacientes hiperdivergentes podrían requerir un control más riguroso del plano oclusal durante

la planificación del tratamiento, ya que pequeñas variaciones pueden amplificar discrepancias verticales y afectar la estabilidad a largo plazo. Los resultados de la presente investigación sugieren que incorporar la evaluación de la relación entre el patrón facial vertical y el plano oclusal dentro del diagnóstico ortodóntico es relevante ya que permitiría plantear estrategias terapéuticas individualizadas como el control vertical, transversal y sagital; promoviendo resultados funcionales y estéticos más previsibles. En particular, identificar una mayor inclinación del plano oclusal en pacientes hiperdivergentes permite anticipar la necesidad de mecánicas orientadas a disminuir la rotación mandibular posterior, utilizar sistemas de anclaje esquelético para el control vertical y evitar extrusiones no deseadas en sectores posteriores. Además, Estos hallazgos respaldan las teorías previamente propuestas sobre esta relación.

El patrón de crecimiento vertical hiperdivergente se establece de manera temprana (16) y se ha sugerido que su efecto sobre la rotación de la mandíbula en sentido postero-inferior tiene un impacto sobre la inclinación del plano oclusal (17,23–25), lo que puede influir sobre las decisiones respecto a la planificación de los tratamientos ortodónticos. Desde un punto de vista clínico, comprender esta rotación temprana permite anticipar patrones de compensación dentoalveolar y considerar intervenciones interceptivas o correctivas más tempranas para evitar acentuación del plano oclusal en la adolescencia. Jacob and Buschang evaluaron los cambios en el crecimiento vertical de adolescentes no tratados entre los 10 y 15 años, sus resultados mostraron que los pacientes hiperdivergentes mostraron mayores cambios a nivel del ángulo palatino, el ángulo del plano mandibular, la proporción entre la altura facial posterior y anterior y entre la altura facial superior e inferior, que aquellos sujetos con crecimiento normo e hipodivergente (78). Por otro lado, se ha demostrado que el patrón facial vertical puede influir sobre la morfología transversal de la mandíbula, Chen *et al.*, observaron que los pacientes hiperdivergentes presentan una mandíbula notablemente “más delgada” a nivel de la sínfisis,

respecto a los pacientes normodivergentes (79). Esto tiene implicancias clínicas directas, ya que una sínfisis más delgada reduce el margen de seguridad para movimientos de retroinclinación o proinclinación de incisivos, incrementando el riesgo de fenestraciones o dehiscencias en el tratamiento.

En un estudio desarrollado por Farhat *et al*, se encontró que la inclinación del plano oclusal fue estadísticamente diferente entre los pacientes con un patrón vertical hiperdivergente y los hipodivergentes y normodivergentes; además, que la altura facial antero superior parece actuar como un factor compensatorio para la inclinación del plano oclusal en las personas hiperdivergentes (80). El aumento de la altura facial antero-inferior produce una rotación de la mandíbula hacia abajo y hacia atrás y un aumento en el ángulo del plano mandibular. Estos cambios pueden producir una adaptación vertical en los procesos dentoalveolares como un mecanismo de compensación, lo que a su vez incrementaría la inclinación del plano oclusal (19,23,24). Ul Islam *et al*, evaluaron la altura dentoalveolar en diferentes patrones verticales, sus resultados mostraron que la altura dentoalveolar fue significativamente mayor en el grupo de pacientes hiperdivergentes en comparación con los normodivergentes e hipodivergentes ($p < 0.05$). En nuestra investigación no se evaluó el impacto de la altura dentoalveolar; sin embargo, los resultados de las investigaciones previas son una buena aproximación que explicaría el incremento de la inclinación del plano oclusal observado en los pacientes hiperdivergentes incluidos en este estudio. Clínicamente, estos hallazgos implican que en pacientes hiperdivergentes podría ser necesario priorizar mecánicas de intrusión posterior, controlar extrusiones compensatorias y considerar anclaje esquelético para minimizar cambios desfavorables en el plano oclusal durante el tratamiento.

Respecto a la frecuencia del patrón facial vertical, en este estudio se observó que cerca del 50% de la muestra presentó un patrón vertical normodivergente, mientras que el 32.8% tuvo un patrón hiperdivergente. Un estudio en la India mostró que el patrón vertical hiperdivergente evaluado mediante el ángulo SN-GoGn (Sella Nation – Gonion Gnation) se observó en el 36.5% de la muestra estudiada (13). Recientemente, en el Perú se estimó que la prevalencia del patrón vertical hiperdivergente en pacientes con requerimiento de tratamiento ortodóntico, evaluado mediante el índice Vert de Ricketts fue de 36.6% (14). Es importante señalar que si bien los resultados fueron similares, los estudios emplearon métodos diferentes para la identificación del patrón vertical. Al respecto, no existe un consenso sobre que método es más apropiado para identificar las características del patrón de crecimiento y existen diversas estrategias como las propuestas por Ricketts, Jarabak, Downs, Horn, entre otros. En este estudio se empleó el ángulo FMA que corresponde al ángulo formado entre el plano mandibular en relación al plano horizontal de Frankfurt propuesto por Tweed (74), por considerarlo un método simple de aplicar, debido a que solo emplea cuatro puntos anatómicos, lo que puede reducir el error inherente a la identificación de reparos anatómicos en la radiografías laterales de cráneo debido a la superposición de imágenes reportado por otros estudios (29–31). En la práctica clínica, el uso del FMA facilita una evaluación consistente y reproducible del patrón vertical, lo que permite una planificación más precisa en entornos donde no siempre se dispone de software avanzado o análisis extensos.

En la literatura se ha discutido el impacto del dismorfismo sexual sobre varias magnitudes cefalométricas, incluidas el patrón vertical y las características morfológicas de la mandíbula (25). Mangla *et al.*, encontraron que la altura y el ancho de la rama de la mandíbula fue significativamente menor en los sujetos hiperdivergentes que en los hipodivergentes. Además, el dismorfismo sexual fue más evidente en los hombres que presentaron ramas mandibulares

más altas que las mujeres (21). Por otro lado, Jacob y Buschang describieron que el incremento del ángulo del plano palatino, la proporción entre la altura facial anterior y posterior y la altura superior e inferior observados en sujetos en crecimiento entre los 10 a los 15 años, fueron mayores en los hombres respecto a las mujeres (78). En nuestro estudio, el análisis bivariado mostró que las mujeres tienen una inclinación significativamente mayor del plano oclusal que los hombres; sin embargo, el aporte de esta variable en el modelo de regresión ajustado no fue significativo. Esto resalta que, el sexo del paciente puede influir en la expresión del patrón vertical, pero su impacto sobre la inclinación del plano oclusal podría estar mediado por otros factores faciales, por lo que se recomienda evaluar integralmente todas las características esqueléticas y dentoalveolares antes de decidir el plan de tratamiento.

Se ha sugerido que la inclinación del plano oclusal está relacionado con la relación esquelética, donde la relación esquelética clase II presenta un plano oclusal más inclinado, que se va haciendo más horizontal en los pacientes con tendencias o con relaciones esqueléticas clase III (23,70). Al respecto Li *et al.*, encontraron que la inclinación del plano oclusal funcional y del plano oclusal bisecado fue más empinada en los pacientes con relaciones esqueléticas clase II comparados con los clase I y III antes y después del tratamiento ortodóntico ($p < 0.001$). Además, ambas formas de medición de la inclinación del plano oclusal estuvieron altamente correlacionadas antes ($r = 0.872$) y después ($r = 0.920$) del tratamiento ortodóntico en este grupo de pacientes (81). Esta tendencia también fue observada en nuestro estudio, donde las personas con relación esquelética Clase II presentaron una inclinación mayor del plano oclusal al compararlos con aquellas con relación esquelética de Clase I y Clase III. Sin embargo, las diferencias detectadas no fueron significativas cuando se incluyó esta variable en el modelo múltiple. Esto sugiere que si bien la relación esquelética influye en la inclinación del plano oclusal, su impacto independiente puede ser limitado una vez que se consideran factores

verticales, por lo que el manejo del plano oclusal debe priorizar el control dimensional vertical más que la corrección sagital en estos casos.

Por otro lado, se ha observado que los pacientes hiperdivergentes suelen tener mayor recidiva en los tratamientos ortodónticos, principalmente cuando la mecánica de tratamiento se enfoca en el uso de elásticos intermaxilares para el control de la rotación del plano oclusal. Estas recidivas están principalmente asociadas a la labilidad de la musculatura orofacial. Las tendencias de crecimiento más horizontales como el patrón normodivergente e hipodivergente no suelen ser afectados por la recidiva durante las mecánicas de control de rotación del plano oclusal (16,82).

Este estudio retrospectivo empleó datos de los registros cefalométricos de pacientes ortodónticos, por lo que se debe considerar el potencial sesgo debido a diversos confusores no medidos. Así, no fue posible valorar el comportamiento de otras variables posiblemente asociadas a la inclinación del plano oclusal, como la presencia de hábitos deleterios durante las etapas de crecimiento y desarrollo, como la respiración bucal, interposición de la lengua en reposo, hábitos de succión, entre otros. Además, estas variables también pueden tener un impacto sobre la configuración de las relaciones esqueléticas y dentarias si no son controladas tempranamente. Así, se sabe que uno de los factores asociados al desarrollo de relaciones esqueléticas Clase II son los hábitos no controlados (83). Esto podría explicar el por qué, en este estudio la asociación entre el plano oclusal y la relación esquelética no fue significativa en el modelo ajustado, debido que no posible incluir esta variable confusora y que pudo afectar la relación entre las otras variables medidas.

Una limitación metodológica del estudio fue el uso de un cálculo de potencia post hoc, realizado en función del tamaño muestral disponible en la base secundaria empleada. Si bien este procedimiento permitió estimar la capacidad del estudio para detectar un efecto mínimo relevante en el modelo multivariado, la potencia derivada depende directamente de los datos observados y no sustituye una planificación prospectiva del tamaño de muestra. Por ello, los resultados deben interpretarse reconociendo que la potencia calculada refleja las condiciones particulares de esta base de datos y no una estimación previa diseñada para garantizar un nivel óptimo de precisión estadística.

Por otro lado, la naturaleza transversal del estudio no permite establecer una relación causal entre el patrón vertical facial y la inclinación del plano oclusal. Estudios longitudinales son difíciles de implementar principalmente por la necesidad de instaurar tratamientos tempranos para el manejo de los casos con compromiso del patrón vertical y no es posible verificar el curso natural de este impacto en aquellos pacientes que procuran tratamiento ortodóntico. Además, los resultados de esta investigación tienen limitaciones para ser extendidos a la población general ya que solo se incluyeron personas que presentaban maloclusiones importantes que requerían tratamiento de ortodoncia.

8. CONCLUSIONES

Las personas con un patrón facial vertical hiperdivergente presentaron una mayor inclinación del plano oclusal que aquellas con patrones normodivergente e hipodivergente. Estos resultados sugieren que incorporar la evaluación de la relación entre el patrón facial vertical y el plano oclusal dentro del diagnóstico ortodóntico es relevante para la planificación de estrategias terapéuticas individualizadas a fin de controlar las recidivas.

9. RECOMENDACIONES

En este estudio se empleó la definición de plano oclusal funcional y la recomendación de Andrews para su identificación. Estudios adicionales son necesarios para comparar las diversas metodologías para la medición de la inclinación del plano oclusal y para la identificación de los patrones faciales, que permitan evaluar la consistencia de los resultados.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alhammadi MS, Halboub E, Fayed MS, Labib A, El-Saaidi C. Global distribution of malocclusion traits: A systematic review. *Dental Press J Orthod.* 2018;23(6):40.e1-40.e10.
2. World Health Organization. Global oral health status report Towards universal health coverage for oral health by 2030 [Internet]. 2022. Available from: <http://apps.who.int/bookorders>.
3. De Ridder L, Aleksieva A, Willems G, Declerck D, Cadenas de Llano-Pérula M. Prevalence of Orthodontic Malocclusions in Healthy Children and Adolescents: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(12):7446.
4. Lombardo G, Vena F, Negri P, Pagano S, Barilotti C, Paglia L, Colombo S, Orso M, Cianetti S. Worldwide prevalence of malocclusion in the different stages of dentition: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Paediatr Dent.* 2020 Jun;21(2):115-122.
5. Cenzato N, Nobili A, Maspero C. Prevalence of Dental Malocclusions in Different Geographical Areas: Scoping Review. *Dent J (Basel).* 2021;9(10):117.

6. Jamilian A, Kiaee B, Sanayei S, Khosravi S, Perillo L. Orthodontic Treatment of Malocclusion and its Impact on Oral Health-Related Quality of Life. *Open Dent J.* 2016;10:236-41.
7. Peña-Alegre M, Porcel IN, Mattos-Vela MA, Villavicencio-Caparó E. Impact of Oral Conditions on Quality of Life in Peruvian Preschoolers in Rural and Urban Areas. *Odovtos - International Journal of Dental Sciences.* 2023;25(3):162–73.
8. Mamani L, Mercado S, Mercado J, Ríos K. Malocclusion impacts the quality of life of Peruvian school children. A cross-sectional study. *J Oral Res.* 2017;6(9):234–6.
9. Rodríguez-Olivos LHG, Chacón-Uscamaita PR, Quinto-Argote AG, Pumahualcca G, Pérez-Vargas LF. Deleterious oral habits related to vertical, transverse and sagittal dental malocclusion in pediatric patients. *BMC Oral Health.* 2022;22(1):88.
10. Knigge RP, Hardin AM, Middleton KM, McNulty KP, Oh HS, Valiathan M, Duren DL, Sherwood RJ. Craniofacial growth and morphology among intersecting clinical categories. *Anat Rec (Hoboken).* 2022;305(9):2175-2206.
11. Perinetti G, Rosso L, Riatti R, Contardo L. Sagittal and Vertical Craniofacial Growth Pattern and Timing of Circumpubertal Skeletal Maturation: A Multiple Regression Study. *Biomed Res Int.* 2016;2016:1728712.
12. Mohammadi Shayan A, Behroozian A, Sadrhaghighi A, Moghaddam SF, Shahmorad Moghanlou A, Amanabi M. Prevalence of dental anomalies in different facial patterns and malocclusions in an Iranian population. *J Oral Biol Craniofac Res.* 2022;12(5):525-528
13. Jose F, Sidhu MS, Dabas A, Grover S, Dogra N. Prevalence of Dental Anomalies in Skeletal Malocclusions with Different Growth Patterns in North Indian Population- A Cross-sectional Study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research.* 2021;15(7):ZC35-ZC40.

14. Chite-Quispe L, Sánchez-Tito M. Analysis of the association between facial biotype, overbite and overjet in the permanent dentition. *J Clin Exp Dent*. 2023;15(5):e376-e381.
15. Plaza SP, Reimpell A, Silva J, Montoya D. Relationship between skeletal Class II and Class III malocclusions with vertical skeletal pattern. *Dental Press J Orthod*. 2019;24(4):63-72.
16. Buschang PH, Jacob H, Carrillo R. The morphological characteristics, growth, and etiology of the hyperdivergent phenotype. *Semin Orthod*. 2013;19(4):212–26.
17. Karlson AT. Craniofacial growth differences between low and high MP-SN angle males: a longitudinal study. *Angle Orthod*. 1995;65(5):341-50.
18. Shi J, Al-Ak'hali MS, Cai D, Guo Q, Cao Y, Alhammadi MS, Mashrah MA, Yang Y. Effect of the vertical facial pattern on the developmental relationship between the nasal bone and maxillary central incisors. *BMC Oral Health*. 2023;23(1):211.
19. Kim KM, Sasaguri K, Akimoto S, Sato S. Mandibular rotation and occlusal development during facial growth. *Int J Stomatol Occlusion Med*. 2009;2(3):122–30.
20. Badiie M, Ebadifar A, Sajedi S. Mesiodistal angulation of posterior teeth in orthodontic patients with different facial growth patterns. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2019;13(4):267-273.
21. Mangla R, Singh N, Dua V, Padmanabhan P, Khanna M. Evaluation of mandibular morphology in different facial types. *Contemp Clin Dent*. 2011;2(3):200-6.
22. Moon SC, Kim HK, Kwon TK, Han SH, An CH, Park YS. Patterns of vertical facial growth in Korean adolescents analyzed with mixed-effects regression analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013;143(6):810-8.
23. Tanaka EM, Sato S. Longitudinal alteration of the occlusal plane and development of different dentoskeletal frames during growth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2008;134(5):602.e1-11; discussion 602-3.

24. Fushima K, Kitamura Y, Mita H, Sato S, Suzuki Y, Kim YH. Significance of the cant of the posterior occlusal plane in class II division 1 malocclusions. *Eur J Orthod.* 1996;18(1):27-40.
25. Schudy FF. The rotation of the mandible resulting from growth: Its implications in orthodontic treatment. *Angle Orthod.* 1965;35:36–50.
26. Lamarque S. The importance of occlusal plane control during orthodontic mechanotherapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995;107(5):548-58.
27. Li JL, Kau C, Wang M. Changes of occlusal plane inclination after orthodontic treatment in different dentoskeletal frames. *Prog Orthod.* 2014;15(1):41.
28. Cai J, Min Z, Deng Y, Jing D, Zhao Z. Assessing the impact of occlusal plane rotation on facial aesthetics in orthodontic treatment: a machine learning approach. *BMC Oral Health.* 2024;24(1):30.
29. Cooke MS, Wei SH. Cephalometric errors: a comparison between repeat measurements and retaken radiographs. *Aust Dent J.* 1991;36(1):38-43.
30. Kamoen A, Dermaut L, Verbeeck R. The clinical significance of error measurement in the interpretation of treatment results. *Eur J Orthod.* 2001;23(5):569-78.
31. Tng TT, Chan TC, Hägg U, Cooke MS. Validity of cephalometric landmarks. An experimental study on human skulls. *Eur J Orthod.* 1994;16(2):110-20.
32. Woźniak K, Piątkowska D, Lipski M. The influence of natural head position on the assessment of facial morphology. *Adv Clin Exp Med.* 2012;21(6):743-9.
33. Verma SK, Maheshwari S, Gautam SN, Prabhat K, Kumar S. Natural head position: key position for radiographic and photographic analysis and research of craniofacial complex. *J Oral Biol Craniofac Res.* 2012;2(1):46-9.
34. Andrews LF. The 6-elements orthodontic philosophy: Treatment goals, classification, and rules for treating. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2015;148(6):883-7.

35. Andrews WA. AP relationship of the maxillary central incisors to the forehead in adult white females. *Angle Orthod.* 2008 Jul;78(4):662-9.
36. Andrews LF AW. Syllabus for segment I of the Six Elements of Orthodontic Philosophy. In: The Lawrence F Andrews Foundation. 2013.
37. Manlove AE, Romeo G, Venugopalan SR. Craniofacial Growth: Current Theories and Influence on Management. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2020;32(2):167-175.
38. Nanda RS. The contributions of craniofacial growth to clinical orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000 May;117(5):553-5.
39. Antoun JS, Thomson WM, Merriman TR, Rongo R, Farella M. Impact of skeletal divergence on oral health-related quality of life and self-reported jaw function. *Korean J Orthod.* 2017;47(3):186-194.
40. Johnston DJ, Hunt O, Johnston CD, Burden DJ, Stevenson M, Hepper P. The influence of lower face vertical proportion on facial attractiveness. *Eur J Orthod.* 2005;27(4):349-54.
41. Abu Arqoub SH, Al-Khateeb SN. Perception of facial profile attractiveness of different antero-posterior and vertical proportions. *Eur J Orthod.* 2011;33(1):103-11.
42. Cadenas de Llano-Pérula M, Ricse E, Fieuws S, Willems G, Orellana-Valvekens MF. Malocclusion, Dental Caries and Oral Health-Related Quality of Life: A Comparison between Adolescent School Children in Urban and Rural Regions in Peru. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(6):2038.
43. Ricketts RM. Planning treatment on the basis of the facial pattern and an estimate of its growth. *Angle Orthod.* 1957;27(1):14-37.
44. Pacifici L, DE Angelis F, Orefici A, Cielo A, Tatullo M. Retrospective Analysis of the Correlation Between the Facial Biotype and the Inclination of the Upper Canine Cusp

- Axis to the Occlusal Plane. *Oral Implantol (Rome)*. 2017;9(Suppl 1/2016 to N 4/2016):1-9.
45. Nanda SK. Patterns of vertical growth in the face. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1988;93(2):103-16.
 46. Kao CT, Chen FM, Lin TY, Peng CH, Huang TH. The morphologic structure of the openbite in adult Taiwanese. *Angle Orthod*. 1996;66(3):199-206.
 47. Sonnesen L, Kjaer I. Cervical column morphology in patients with skeletal open bite. *Orthod Craniofac Res*. 2008;11(1):17-23.
 48. Janson GR, Metaxas A, Woodside DG. Variation in maxillary and mandibular molar and incisor vertical dimension in 12-year-old subjects with excess, normal, and short lower anterior face height. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1994;106(4):409-18.
 49. Joseph AA, Elbaum J, Cisneros GJ, Eisig SB. A cephalometric comparative study of the soft tissue airway dimensions in persons with hyperdivergent and normodivergent facial patterns. *J Oral Maxillofac Surg*. 1998;56(2):135-9; discussion 139-40.
 50. Haralabakis NB, Sifakakis IB. The effect of cervical headgear on patients with high or low mandibular plane angles and the "myth" of posterior mandibular rotation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2004;126(3):310-7.
 51. Wagner DM, Chung CH. Transverse growth of the maxilla and mandible in untreated girls with low, average, and high MP-SN angles: a longitudinal study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2005;128(6):716-23; quiz 801.
 52. Buschang PH, Martins J. Childhood and adolescent changes of skeletal relationships. *Angle Orthod*. 1998;68(3):199-206; discussion 207-8.
 53. Spady M, Buschang PH, Demirjian A, Lapalme L. Mandibular rotation and angular remodeling during childhood and adolescence. *Am J Hum Biol*. 1992;4(5):683-689.

54. Wang MK, Buschang PH, Behrents R. Mandibular rotation and remodeling changes during early childhood. *Angle Orthod.* 2009;79(2):271-5.
55. Karlsen AT. Craniofacial growth differences between low and high MP-SN angle males: a longitudinal study. *Angle Orthod.* 1995;65(5):341-50.
56. LaHaye MB, Buschang PH, Alexander RG, Boley JC. Orthodontic treatment changes of chin position in Class II Division 1 patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;130(6):732-41.
57. Buschang PH, Santos-Pinto A. Condylar growth and glenoid fossa displacement during childhood and adolescence. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998;113(4):437-42.
58. Björk A. Prediction of mandibular growth rotation. *Am J Orthod.* 1969;55(6):585-99.
59. Björk A, Skieller V. Facial development and tooth eruption. An implant study at the age of puberty. *Am J Orthod.* 1972;62(4):339-83.
60. Buschang PH, Sankey W, English JD. Early Treatment of Hyperdivergent Open-Bite Malocclusions. *Seminars in Orthodontics.* 2002;8(3):130-140.
61. Bishara SE, Jakobsen JR. Longitudinal changes in three normal facial types. *Am J Orthod.* 1985;88(6):466-502.
62. Jacob HB, Buschang PH. Vertical craniofacial growth changes in French-Canadians between 10 and 15 years of age. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;139(6):797-805.
63. Varrela J, Alanen P. Prevention and early treatment in orthodontics: a perspective. *J Dent Res.* 1995;74(8):1436-8.
64. Linder-Aronson S. Effects of adenoidectomy on mode of breathing, size of adenoids and nasal airflow. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec.* 1973;35(5):283-302.
65. Pereira SR, Bakor SF, Weckx LL. Adenotonsillectomy in facial growing patients: spontaneous dental effects. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2011;77(5):600-4.

66. Petraccone Caixeta AC, Andrade I Jr, Bahia Junqueira Pereira T, Franco LP, Becker HM, Souki BQ. Dental arch dimensional changes after adenotonsillectomy in prepubertal children. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2014;145(4):461-8.
67. Retamoso LB, Knop LA, Guariza Filho O, Tanaka OM. Facial and dental alterations according to the breathing pattern. *J Appl Oral Sci.* 2011;19(2):175-81.
68. Cha BK, Kim CH, Baek SH. Skeletal sagittal and vertical facial types and electromyographic activity of the masticatory muscle. *Angle Orthod.* 2007;77(3):463-70.
69. Ueda HM, Miyamoto K, Saifuddin M, Ishizuka Y, Tanne K. Masticatory muscle activity in children and adults with different facial types. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000;118(1):63-8.
70. Downs WB. Variations in facial relationships; their significance in treatment and prognosis. *Am J Orthod.* 1948;34(10):812-40.
71. Braun S, Kim K, Tomazic T, Legan HL. The relationship of the glenoid fossa to the functional occlusal plane. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000;118(6):658-61.
72. Kim JI, Akimoto S, Shinji H, Sato S. Importance of vertical dimension and cant of occlusal plane in craniofacial development. *J Stomat Occ Med.* 2009;2(3):114–21.
73. Li JL, Kau C, Wang M. Changes of occlusal plane inclination after orthodontic treatment in different dentoskeletal frames. *Prog Orthod.* 2014;15(1):41.
74. Tweed CH. The diagnostic facial triangle in the control of treatment objectives. *Am J Orthod.* 1969;55(6):651-7.
75. StataCorp. Stata power, precision, and sample-size reference manual release 18 [Internet]. 2023. Available from: www.stata.com
76. Rodriguez-Tarma ZA, Estrada-Vitorino MA, Carruitero MJ, Portocarrero-Reyes W, Castillo AA, Flores-Mir C, Janson G. A new instrument to clinically evaluate the

- anteroposterior relationship of the maxillary central incisors to the forehead. *J World Fed Orthod.* 2022;11(5):176-180.
77. Mamillapalli PK, Sesham VM, Neela PK, Mandalaju SP, Keesara S. A Smartphone App for Cephalometric Analysis. *J Clin Orthod.* 2016;50(11):694-633.
78. Jacob HB, Buschang PH. Vertical craniofacial growth changes in French-Canadians between 10 and 15 years of age. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011 Jun;139(6):797-805.
79. Chen H, Liu Z, Hu X, Wu B, Gu Y. Comparison of mandibular cross-sectional morphology between Class I and Class II subjects with different vertical patterns: based on CBCT images and statistical shape analysis. *BMC Oral Health.* 2021;21(1):238.
80. Farhat Z, Osman E, Kassem H, Bouserhal J. Corrélation des hauteurs dento-alvéolaires verticales avec l'inclinaison du plan palatin chez les adultes présentant différentes typologies faciales verticales. *L'Orthodontie Française.* 2022;93(4):321–31.
81. Li JL, Kau C, Wang M. Changes of occlusal plane inclination after orthodontic treatment in different dentoskeletal frames. *Prog Orthod.* 2014;15(1):41.
82. Rerhrhaye W, Zaoui F, Aalloula el H. Le contrôle du plan d'occlusion chez l'hyperdivergent : à propos d'un cas [Occlusal plane control in hyperdivergents: regarding one case]. *Int Orthod.* 2009;7(2):207-13.
83. Grippaudo C, Paolantonio EG, Antonini G, Saule R, La Torre G, Deli R. Association between oral habits, mouth breathing and malocclusion. *Acta Otorhinolaryngol Ital.* 2016 Oct;36(5):386-394.

ANEXOS

Anexo 1: Cálculo del mínimo valor detectable de R^2 .

```
. power rsquared, n(235) power(0.8) ntested(6)

Performing iteration ...

Estimated R-squared for multiple linear regression
F test for R2 testing all coefficients
H0: R2_T = 0 versus Ha: R2_T != 0

Study parameters:

      alpha =    0.0500
      power =    0.8000
         N =     235
      ntested =     6

Estimated effect size and R-squared:

      delta =    0.0596
      R2_T =    0.0562
```

Anexo 2: Cálculo de potencia estadística de STATA estimado para una regresión lineal múltiple con 6 covariables (una variable independiente y las 5 variables confusoras para el ajuste). La potencia estadística del estudio es de 79.96%.

```
. power rsquared 0.0562, ntested (6) n(235)

Estimated power for multiple linear regression
F test for R2 testing all coefficients
H0: R2_T = 0 versus Ha: R2_T != 0

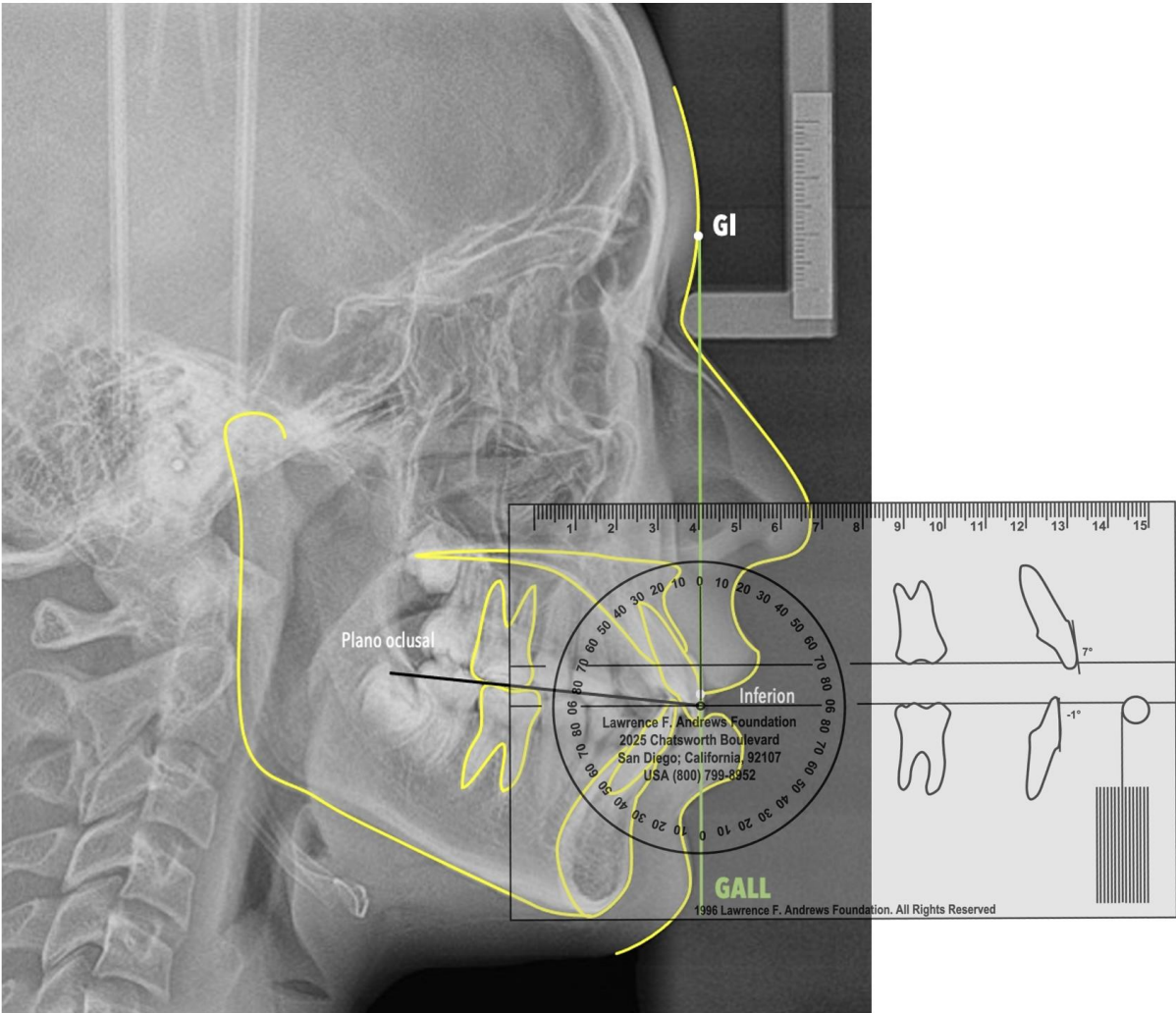
Study parameters:

      alpha =    0.0500
         N =     235
      delta =    0.0595
      R2_T =    0.0562
      ntested =     6

Estimated power:

      power =    0.7996
```

Anexo 3: Registro de la inclinación del plano oclusal



Anexo 4: Empleo de la aplicación Oneceph® para la medición de las magnitudes cefalométricas.

