

# PRECISIÓN Y CONCORDANCIA DE LOS MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA MADURACIÓN ESQUELÉTICA EN LA IDENTIFICACIÓN DEL PICO DE CRECIMIENTO.



# INVESTIGADORES

**Mayra Alejandra Bahamón Trujillo**  
**Hellen Giraldo Torres**

**ASESORA CIENTÍFICA**  
**Luz Andrea Velandia**

**ASESORA METODOLÓGICA**  
**Luz Andrea Velandia**

**ESTADÍSTICO**  
**Camilo Andrés Romo**

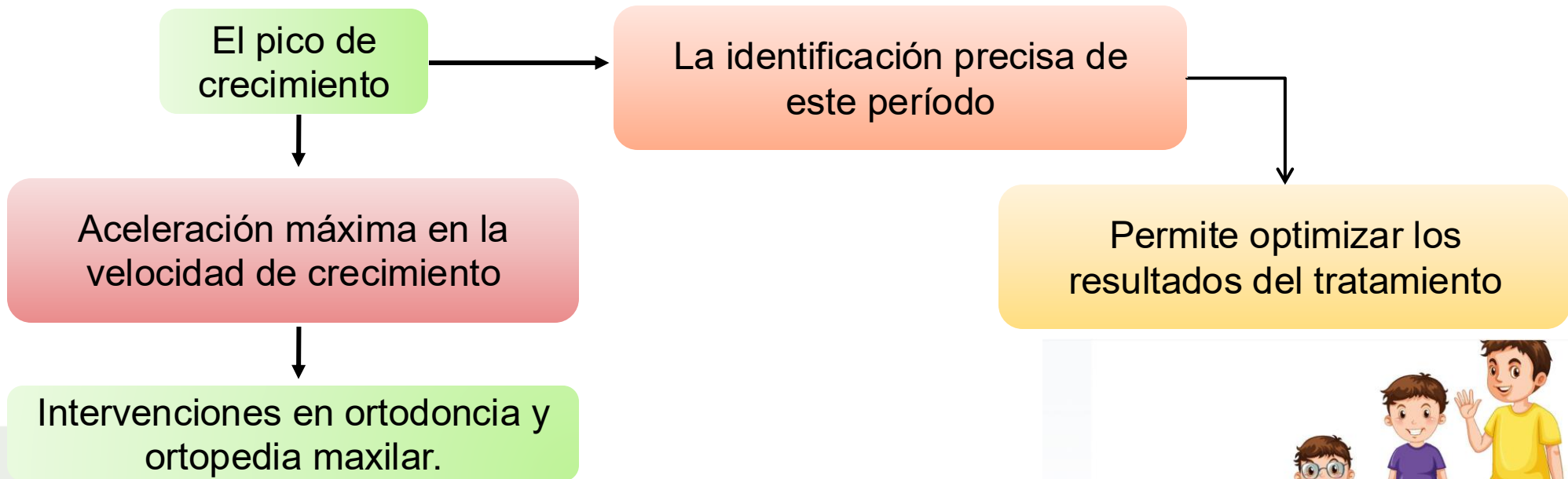




# INTRODUCCIÓN



El crecimiento craneofacial es un proceso que sigue patrones biológicos predecibles, influenciado por factores genéticos, ambientales y hormonales, que determina el desarrollo de las estructuras maxilares y mandibulares.



La evaluación del pico de crecimiento enfrenta desafíos metodológicos

- Subjetividad en la interpretación de imágenes
- La variabilidad inter-examinador.
- La exposición a radiación adicional

Se ve la necesidad de investigar métodos confiables, precisos y mínimamente invasivos.

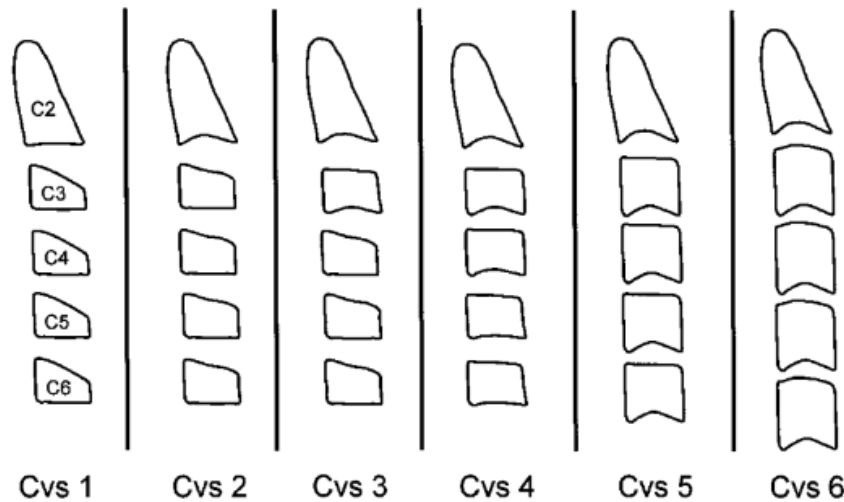
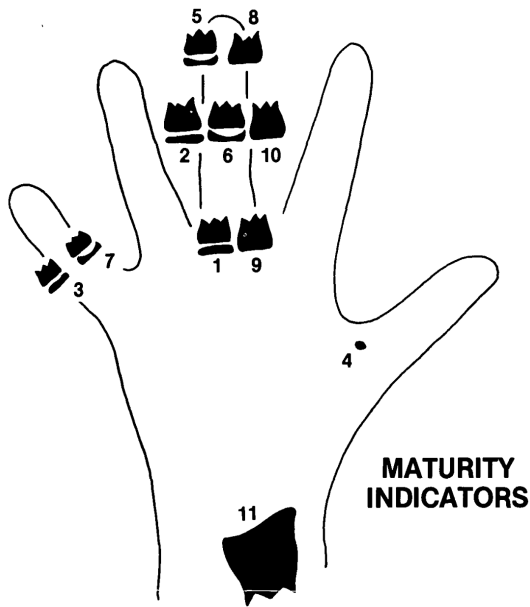




**Fishman**  
 Análisis de los  
 Indicadores de  
 Maduración  
 Esquelética (SMI)

**Baccetti**  
 Método de  
 Maduración  
 Vertebral  
 Cervical (CVM)

**Cameriere**  
 Método de medición  
 de la altura anterior y  
 posterior de la C4  
 (Vba)



Fishman Leonard. Radiographic evaluation of skeletal maturation. A clinically oriented method based on hand-wrist films - PubMed. Angle Orthod  
 Baccetti T, Franchi L, McNamara JA. The Cervical Vertebral Maturation (CVM) Method for the Assessment of Optimal Treatment Timing in Dentofacial Orthopedics. Semin Orthod. 2005  
 Sep 1; 11(3):119–29.  
 Cameriere R, Velandia Palacio LA, Nakaš E, Galić I, Brkić H, Kalibović Govorko D, et al. The Fourth Cervical Vertebra Anterior and Posterior Body Height Projections (Vba) for the  
 Assessment of Pubertal Growth Spurt. Applied Sciences 2023, Vol 13, Page 1819 [Internet]. 2023.

# OBJETIVO GENERAL

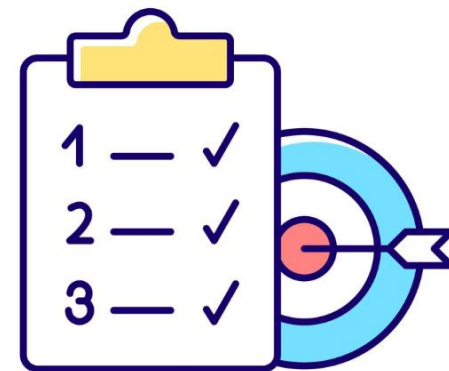
Determinar la precisión y concordancia de los métodos de evaluación de la maduración esquelética: Fishman (SMI) Vs Maduración Vertebral Cervical (CVM) y Proyección de la Altura anterior y posterior de C4 (Vba), teniendo en cuenta género y fase de crecimiento.



# OBJETIVOS ESPECÍFICOS



- Comparar la concordancia y precisión de los métodos de evaluación de la maduración esquelética.
- Comparar la concordancia y precisión de los métodos Vs Fishman, diferenciando por sexo.
- Comparar la concordancia y precisión de los métodos Vs Fishman, diferenciando por fase de crecimiento.
- Comparar la concordancia y precisión de los métodos CVM y Vba en la etapa de pico de crecimiento utilizando como referencia el método de Fishman.



# HIPÓTESIS NULA



No hay precisión y concordancia de los métodos de evaluación de la maduración esquelética en el pico de crecimiento.

# HIPÓTESIS ALTERNA

Si hay precisión y concordancia de los métodos de evaluación de la maduración esquelética en el pico de crecimiento.





# MATERIALES Y MÉTODOS



**STROBE**

Strengthening the reporting of observational studies in epidemiology

**TIPO DE ESTUDIO:**

Estudio transversal comparativo

**OBJETO DE ESTUDIO:**

Pico de crecimiento

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN:**

**ImageJ-2** de licencia gratuita  
versión 1.54



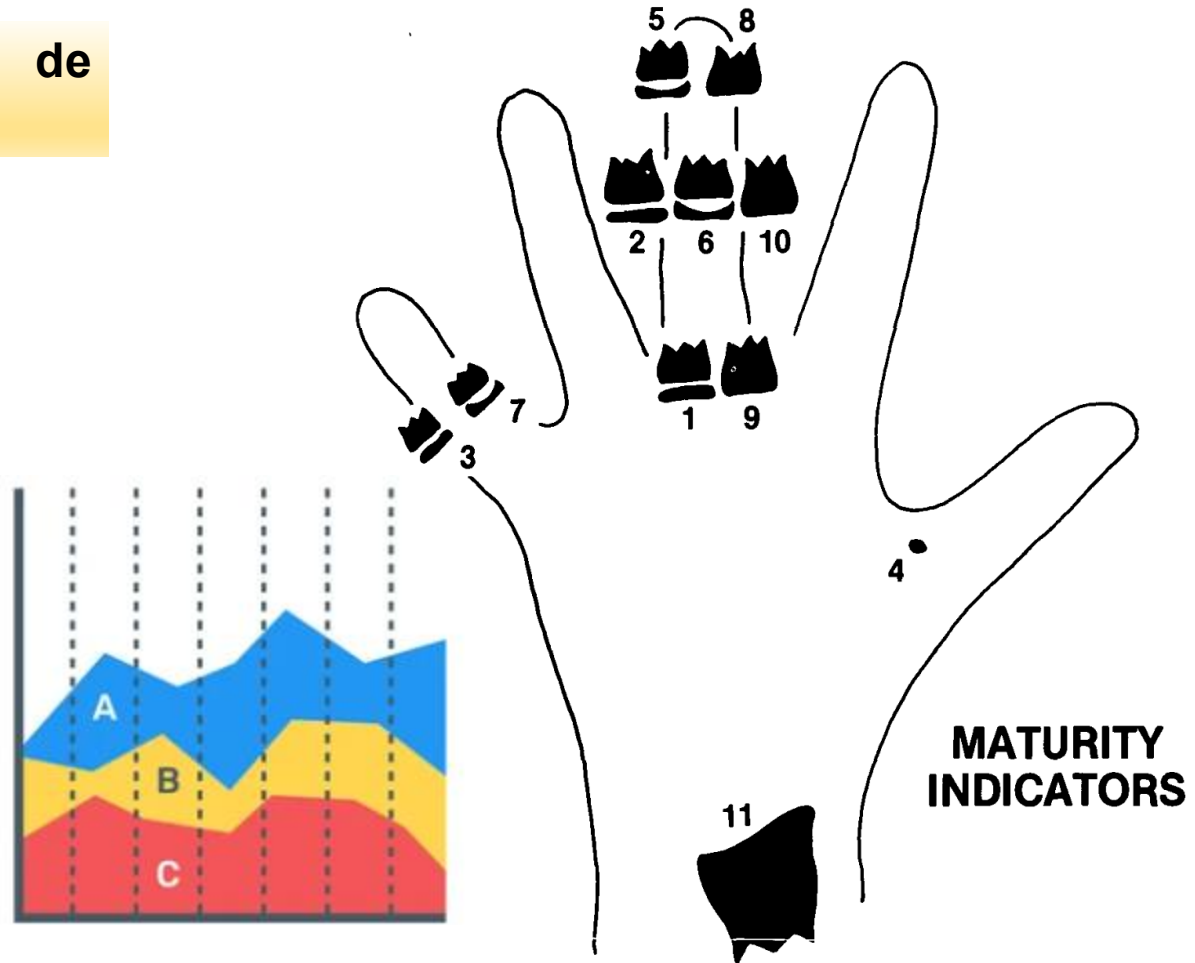
# UNIDAD DE MEDIDA DE LOS INDICADORES DEL PICO DE CRECIMIENTO



## Análisis de los Indicadores de maduración esquelética (SMI)

5-7

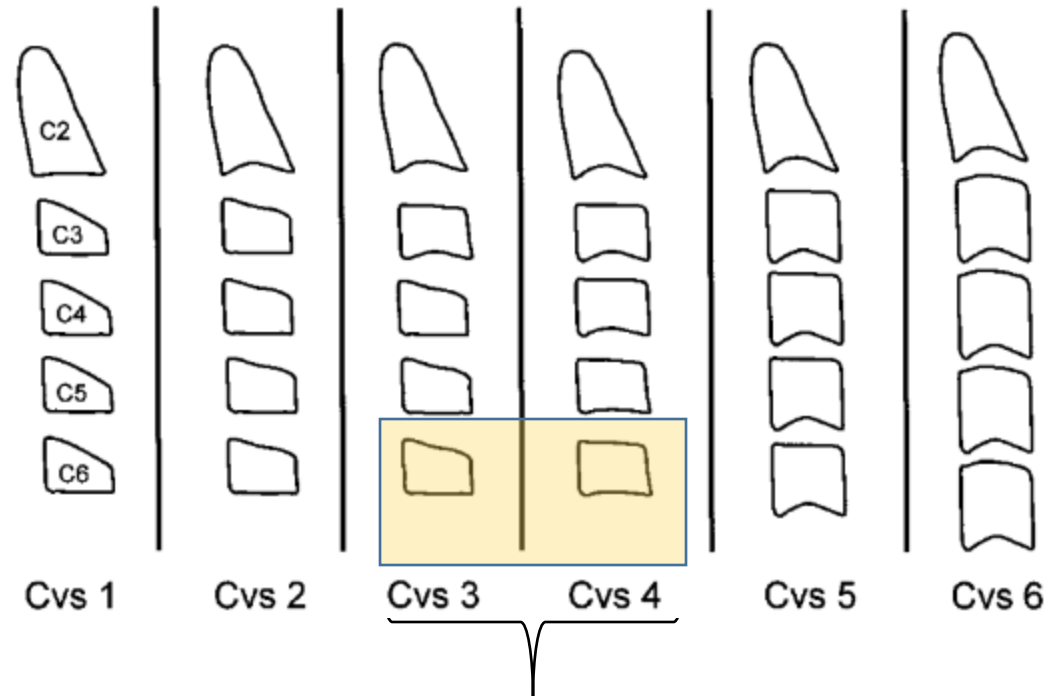
Pico puberal



# UNIDAD DE MEDIDA DE LOS INDICADORES DEL PICO DE CRECIMIENTO



## Método de maduración vertebral cervical (CVM )



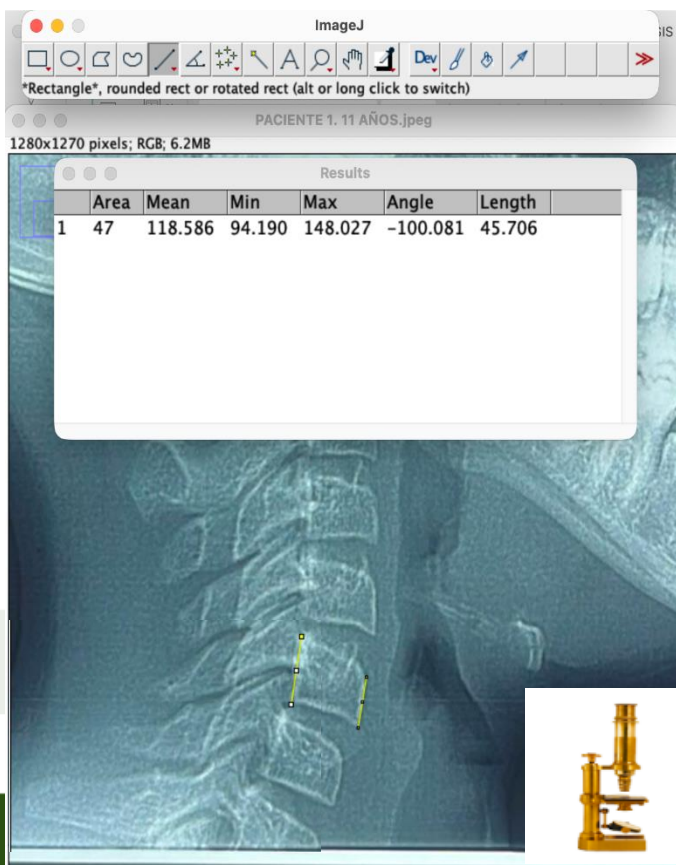
**Pico puberal**

# UNIDAD DE MEDIDA DE LOS INDICADORES DEL PICO DE CRECIMIENTO



**Método de proyección de la altura anterior y posterior de la cuarta vértebra cervical (Vba):**

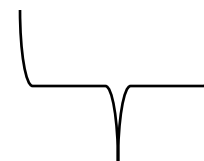
$$(A/B = VBA)$$



**ImageJ**

Image Processing & Analysis in Java

NIÑOS	NIÑAS
$0.67 \leq Vba < 0.88$	$0.65 \leq Vba < 0.90$



**Pico puberal**

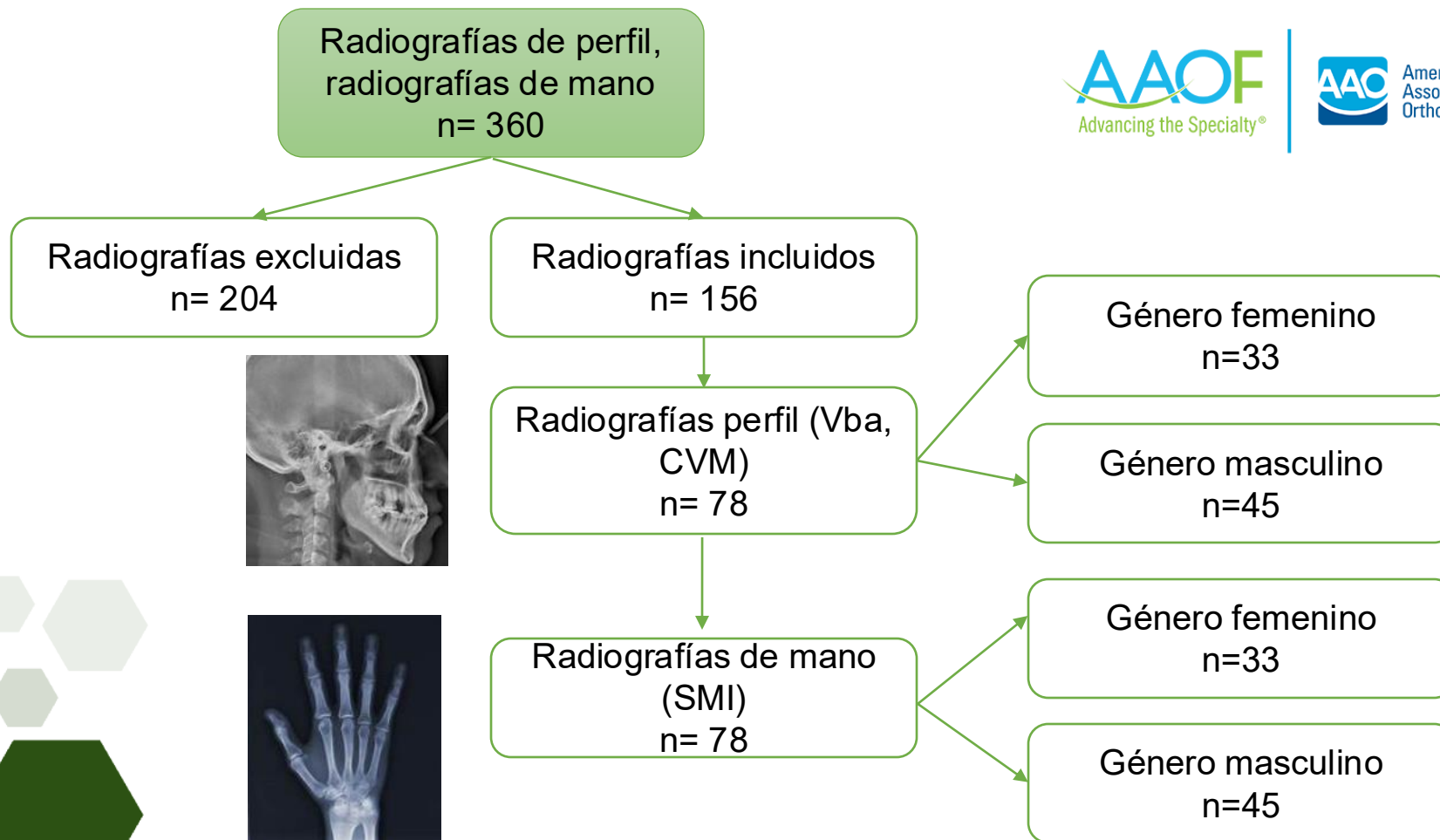


# ESTANDARIZACIÓN DE LOS MÉTODOS

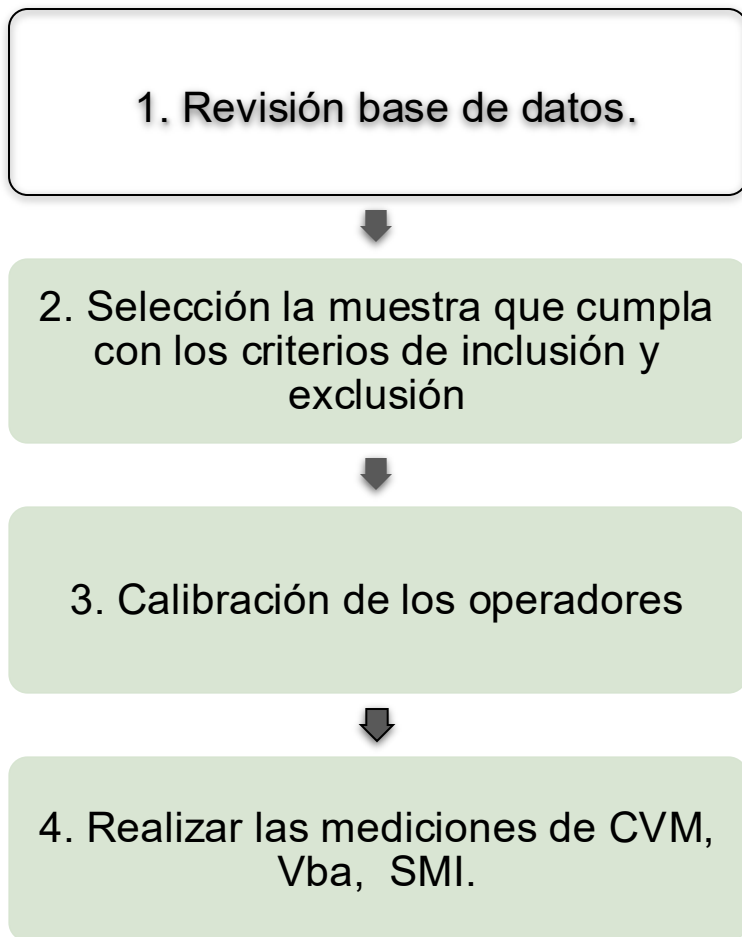
	ESTADIOS	CVM	Vba		SMI
			NIÑOS	NIÑAS	
<b>PRE-PUBERAL</b>	1	1 - 2	< 0.67	< 0.65	1 - 4
<b>PUBERAL</b>	2	3 - 4	$0.67 \leq Vba < 0.88$	$0.65 \leq Vba < 0.90$	5 - 7
<b>POS-PUBERAL</b>	3	5 - 6	$0.88 \leq Vba \leq 0.97$	$0.90 \leq Vba \leq 1.07$	8 - 11



Radiografías disponibles de la base de datos de la American Association of Orthodontists Foundation (AAOF) Craniofacial Growth Legacy Collection, que cumplan con los criterios de inclusión



# PROCEDIMIENTO



CALIBRACION			
	Medida	Indice	Valor
Intragrupo	Anterior ICC		1
	Posterior ICC		0.99
	VBA ICC		1
	BACCETI Fleiss Kappa		0.81
Intergrupo	FISHMAN Fleiss Kappa		1
	VBA estadio Fleiss Kappa		1
	BACCETI estadio Fleiss Kappa		1
	FISHMAN estadio Fleiss Kappa		1

# PROCEDIMIENTO

**5. Recolección y tabulación de datos**



**6. Análisis de resultados.**



**7. Resultados y discusión.**



**8. Conclusiones.**

# PRUEBAS ESTADÍSTICAS



## Análisis estadístico.

### Kappa de Cohen

Para evaluar la concordancia de los datos.

Evalúa el grado de consistencia entre los datos

### Precisión

Para evaluar la reproducibilidad entre los datos.

Predice la exactitud de un método diagnóstico. qué tan cercano está el resultado obtenido al valor verdadero.

### Error medio

Mide la discrepancia entre los datos.

Discrepancia entre los valores obtenidos y los valores de referencia.





# RESULTADOS

## Distribución de participantes por sexo y grupo de edad

		Grupo 8-9 años	Grupo 10-11 años	Grupo 13-14 años	Total general
Sexo	F	11	11	11	33
	M	15	15	15	45
SMI (Estadios)	Pre-puberal	26	21	2	49
	Puberal		5	14	19
	Post-puberal			10	10
CVM (Estadios)	Pre-puberal	26	14		40
	Puberal		12	19	31
	Post-puberal			7	7
Vba (Estadios)	Pre-puberal	20	12	2	34
	Puberal	6	14	18	38
	Post-puberal			6	6

# Concordancia entre los métodos en función de la maduración esquelética



Concordancia sustancial

Concordancia casi perfecta

	CVM		Vba	
	M	F	M	F
Cohen's Kappa (nominal)	0,543	0,7	0,47	0,429
Cohen's Kappa (ponderado)	0,637	0,82	0,664	0,606

La concordancia entre CVM fue mayor que con Vba, alcanzando niveles sustanciales en sexo masculino y casi perfecta en sexo femenino, mientras que Vba mostró concordancia sustancial y moderada.

# Precisión entre los métodos en función de la maduración esquelética



Precisión sustancial

Precisión casi perfecta

	CVM-Estadio		Vba-Estadio	
	M	F	M	F
Precisión	75,6%	81,8%	71,1%	63,6%

La precisión fue mayor con el método de CVM en comparación con el método Vba, siendo más favorable en el sexo femenino.

# Concordancia entre los métodos diferenciado por sexo



Concordancia sustancial

Concordancia casi perfecta

	MASCULINO						FEMENINO					
	CVM-Estadio			Vba-Estadio			CVM-Estadio			Vba-Estadio		
	8-9 años	10-11 años	13-14 años	8-9 años	10-11 años	13-14 años	8-9 años	10-11 años	13-14 años	8-9 años	10-11 años	13-14 años
Cohen's Kappa (nominal)	0	0,395	0,359	0,814	0,345	0,108	0	0,395	0,359	0,814	0,345	0,108
Cohen's Kappa (ponderado)	0	0,746	0,468	0,814	0,667	0,108	0	0,746	0,468	0,814	0,667	0,108

La concordancia del método de CVM fue sustancial en estadios intermedios y moderado en tardíos, mientras que el método Vba mostró un mejor desempeño en la etapa inicial, pero perdió estabilidad en los estadios posteriores, patrón que se repitió en ambos sexos.

# Precisión entre los métodos diferenciado por sexo



Precisión sustancial

Precisión casi perfecta

	MASCULINO					
	CVM-Estadio			VBA-Estadio		
	8-9 años	10-11 años	13-14 años	8-9 años	10-11 años	13-14 años
Precisión	0,8	0,6	0,867	1	0,727	0,727

	FEMENINO					
	CVM-Estadio			Vba-Estadio		
	8-9 años	10-11 años	13-14 años	8-9 años	10-11 años	13-14 años
Precisión	0,8	0,667	0,667	0,909	0,545	0,455

En sexo masculino, el método CVM fue más preciso en el estadio final, mientras que Vba tuvo su mejor rendimiento en el estadio inicial, pero perdió estabilidad en edades posteriores.

En sexo femenino, CVM mantuvo una precisión constante en todas las etapas, mientras que Vba fue más preciso en edades tempranas y mostró una disminución progresiva en estadios medios y finales.

# Concordancia entre los métodos diferenciado por fase de crecimiento



Concordancia sustancial

Concordancia casi perfecta

	CVM-Estadio			Vba-Estadio		
	8-9 años	10-11 años	13-14 años	8-9 años	10-11 años	13-14 años
Cohen's Kappa (nominal)	0,661	0,442	0,643	0,581	0,404	0,214
Cohen's Kappa (ponderado)	0,661	0,695	0,689	0,581	0,732	0,274

La comparación entre CVM mostró concordancia sustancial y estable en estadios iniciales y finales del crecimiento. Vba tuvo una concordancia sustancial en estadios intermedios.

# Precisión entre los métodos diferenciado por fase de crecimiento



Precisión sustancial

Precisión casi perfecta

	CVM-Estadio			Vba-Estadio		
	8-9 años	10-11 años	13-14 años	8-9 años	10-11 años	13-14 años
Precisión	0,885	0,654	0,808	0,846	0,615	0,577

El método CVM mantuvo una precisión más consistente, siendo confiable tanto en estadios iniciales como en los tardíos, aunque con menor estabilidad en estadios intermedios. En cambio, el método Vba la precisión fue más consistente en estadios iniciales, pero con descensos en los estadios posteriores.

# Concordancia y precisión entre los métodos diferenciado por pico de crecimiento



		FISHMAN ESTADIOS			Total
		1	2	3	
CVM ESTADIOS	1	40	0	0	40
	2	8	17	6	31
	3	1	2	4	7
Total		49	19	10	78



Kappa de Cohen	0,617
Precisión	0,782

		FISHMAN ESTADIOS			Total
		1	2	3	
Vba ESTADIO	1	32	2	0	34
	2	17	16	5	38
	3	0	1	5	6
Total		49	19	10	78



Kappa de Cohen	0,464
Precisión	0,679





# DISCUSIÓN

Sexo femenino alcanza el pico puberal de forma más temprana y una mayor estabilidad en el método CVM.

Se presentó una menor concordancia y precisión en el método Vba.

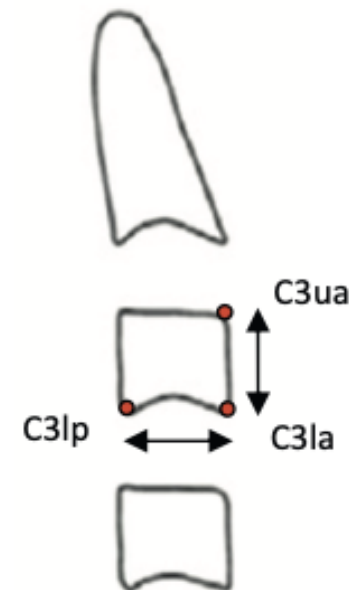
La elección de la vértebra (C3 vs. C4) y la proporción analizada influyen en la estabilidad del método.

## Navlani et. al. (2013)

Diferencia cronológica esperada de un adelanto en el pico de crecimiento en el sexo femenino.

C3: Refleja elongación progresiva y cambios más consistentes, muestra cambios puberales más marcados.

C4: No refleja diferencias morfológicas sutiles. Puede perder sensibilidad como marcador en etapas más avanzadas de maduración.



La etapa de 8-9 años-fase prepuberal CVM-Vba; 10-11 años Vba pico de crecimiento.

13-14 años disminución del desempeño del Vba.

### Navlani et. al. (2013)

El índice H/W de C3 mostró una fuerte correlación - CVM en el pico puberal en sexo femenino.

En esta edad la mayor parte se encuentra en fase post-puberal.



### Caldas et. al. (2007)

Sexo femenino C3 y C4 experimentaban un crecimiento acelerado entre los 10 y 13 años.

C4 no evidenciaba incrementos significativos especialmente en niños, mientras que C3 mantenía un crecimiento acelerado hasta los 15 años.



## Santiago et. Al. (2014)

Software para medir la forma geométrica de las vértebras cervicales aumenta la concordancia frente a evaluaciones cualitativas.

Reducir variabilidad inter-observador.

## Lucchese et al. (2022) Mirabelli et al.(2023)

CVM mantiene desempeño clínicamente aceptable.

Incorporados algoritmos de inteligencia artificial para superar las limitaciones de los métodos cualitativos.



Estudiar nuevos métodos para mejorar la identificación del pico de crecimiento.

# CONCLUSIONES

**CVM**

- Mayor estabilidad en la concordancia, precisión.
- Solidez diagnóstica en el sexo femenino.
- Mejor desempeño en todas las fases.

**Vba**

- Menor estabilidad en el sexo femenino.
- Útil en la detección temprana del pico de crecimiento.
- Requiere una validación adicional para reforzar su aplicación.

# RECOMENDACIONES



Futuros trabajos deberían ampliar la representatividad, especialmente en edades tardías, e implementar modelos longitudinales con mayor muestra que capten con más precisión la variabilidad individual, además de validar el Vba en cohortes independientes para fortalecer su aplicabilidad clínica.



# REFERENCIAS

1. An improved version of the cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of mandibular growth - PubMed [Internet]. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12169031/>
2. Schoretsaniti L, Mitsea A, Karayianni K, Sifakakis I. Cervical Vertebral Maturation Method: Reproducibility and Efficiency of Chronological Age Estimation. *Applied Sciences* 2021, Vol 11, Page 3160 [Internet]. 2021 Apr 1;11(7):3160. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/7/3160/htm>
3. Fishman Leonard. Radiographic evaluation of skeletal maturation. A clinically oriented method based on hand-wrist films - PubMed. *Angle Orthod*
4. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA. The Vertebral Maturation (CVM) Method for the Assessment of Optimal Treatment Timing in Dentofacial Orthopedics. *Semin Orthod*. 2005 Sep 1;11(3):119–29. Cervical
5. Cameriere R, Velandia Palacio LA, Nakaš E, Galić I, Brkić H, Kalibović Govorko D, et al. The Fourth Cervical Vertebra Anterior and Posterior Body Height Projections (Vba) for the Assessment of Pubertal Growth Spurt. *Applied Sciences* 2023, Vol 13, Page 1819 [Internet]. 2023 Jan Available from: <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/3/1819/htm>
6. Navlani M, Makhija PG. Evaluation of skeletal and dental maturity indicators and assessment of cervical vertebral maturation stages by height/width ratio of third cervical vertebra. *Journal of Pierre Fauchard Academy (India Section)*. 2013 Sep 1;27(3):73–80.
7. Caldas M de P, Ambrosano GMB, Haiter Neto F. New formula to objectively evaluate skeletal maturation using lateral cephalometric radiographs. *Braz Oral Res*. 2007 Dec;21(4):330–5.
8. Santiago RC, Cunha AR, Júnior GC, Fernandes N, Campos MJS, Costa LFM, et al. New software for cervical vertebral geometry assessment and its relationship to skeletal maturation--a pilot study. *Dentomaxillofac Radiol* [Internet]. 2014 Feb 1 [cited 2025 Sep 15];43(2). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24319125/>
9. Lucchese A, Bondemark L, Farronato M, Rubini G, Gherlone EF, Giudice A Lo, et al. Efficacy of the Cervical Vertebral Maturation Method: A Systematic Review. *Turk J Orthod* [Internet]. 2022 Mar 1 [cited 2025 Sep 15];35(1):55–66. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35370135/>
10. Mirabelli L, Bianco E, Pigato G, Ferrari M, Maddalone M. Comparison between Two Methods of Skeletal Growth Evaluation: Cervical Vertebrae Maturations and Middle Phalanx Maturation. *Int J Clin Pediatr Dent* [Internet]. 2023 Mar 1 [cited 2025 Sep 15];16(2):327–32. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37519967/>



**GRACIAS**