

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE MEDICINA HUMANA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ODONTOLOGÍA**



**TESIS**

RELACIÓN ENTRE LA EDAD ÓSEA SEGÚN MÉTODOS GREULYCH -  
PYLE Y BONEXPERT Y EDAD CRONOLÓGICA EN RADIOGRAFÍAS CARPALES  
DE PACIENTES DE 8 A 17 AÑOS QUE ACUDEN AL CENTRO RADIOLÓGICO  
CERES, CUSCO 2019-2023

**PRESENTADO POR:**

BR. NILDA TAPARA TTITO

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE  
CIRUJANO DENTISTA**

**ASESOR:**

DRA. LIDA VELAZQUE ROJAS

**CUSCO – PERÚ**  
2024

# INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: RELACION ENTRE LA EDAD ÓSEA SEGÚN MÉTODOS GREULYCH-PYLE Y BONEXPERT Y EDAD CRONOLÓGICA EN RADIOGRAFÍAS CARPALES DE PACIENTES DE 8 A 17 AÑOS QUE ACUDEN AL CENTRO RADIOLÓGICO CERES, CUSCO 2019-2023

presentado por: NILDA TAPARA TITO con DNI Nro.: 73147454 para optar el título profesional/grado académico de CIRUJANO DENTISTA

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 01 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 4 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 06 de NOVIEMBRE de 2024



Firma

Post firma LIDA VELAZQUE ROJAS

Nro. de DNI 43222194

ORCID del Asesor 0000-0003-1219-7456

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 272593402701901

NOMBRE DEL TRABAJO

**RELACIÓN ENTRE LA EDAD ÓSEA SEGÚN MÉTODOS GREULYCH - PYLE Y BONE XPERT Y EDAD CRONOLÓGICA EN RADIOGRA**

AUTOR

**Nilda Tapara**

RECUENTO DE PALABRAS

**15633 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**83991 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**97 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**3.9MB**

FECHA DE ENTREGA

**Nov 6, 2024 5:59 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Nov 6, 2024 6:01 PM GMT-5**

### ● 4% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 3% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

## AGRADECIMIENTOS

*El presente trabajo de investigación no hubiese sido posible sin la ayuda de quienes me acompañaron en este proceso, a todas estas personas mi sincero agradecimiento.*

*Quiero empezar agradeciendo y depositando mi fe en Dios quien hace posible cada paso y que cada día sea un regalo para seguir luchando por nuestras metas, a mis padres Leandro y Gregoria por ser mi soporte y motivo en mi camino, a mi tía Soraida que es como una segunda mamá apoyándome moralmente con sus consejos, a mis hermanos que son mis compañeros de vida Israel y Yeny que por ellos busco ser cada día mejor y ejemplo de superación, a Gorgue la persona que siempre está presente enseñándome y acompañando en esta carrera profesional y a los que son mi apoyo emocional Chaska y Toto a quienes amo profundamente.*

*Mi agradecimiento desde mi ser más profundo para con mis docentes la Dra. Lida Velazque Rojas inculcándome sus conocimientos, guiándome académicamente y por su disponibilidad de tiempo para ella mi admiración total.*

INDICE		
AGRADECIMIENTOS		i
INDICE DE TABLAS		vi
INDICE DE GRAFICOS		vii
ABREVIATURAS		viii
RESUMEN		ix
ABSTRACT		x
INTRODUCCIÓN		1
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA		2
1.1. CARACTERIZACIÓN DEL PROBLEMA.		2
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA		4
1.2.1. PROBLEMA GENERAL		4
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS		4
1.3. JUSTIFICACIÓN		5
1.4. OBJETIVOS		7
1.4.1. OBJETIVO GENERAL		7
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS		7
1.5. DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO		8
1.5.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL		8
1.5.2. DELIMITACIÓN TEMPORAL		8
1.6. LIMITACIONES DEL ESTUDIO		8
CAPITULO II: MARCO TEORICO		9

2.1.	ANTECEDENTES DE ESTUDIO	9
2.1.1.	Antecedentes Internacionales	9
2.1.2.	Antecedentes nacionales.	13
2.1.3.	Antecedentes locales.	13
2.2.	BASES TEÓRICAS	13
2.2.1.	EDAD ÓSEA	13
2.2.2.	EDAD CRONOLÓGICA	25
2.2.3.	RADIOGRAFIAS CARPALES	26
2.2.4.	ANATOMIA DE LA MANO.	27
2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.	29
CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		30
3.1.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:	30
3.2.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	30
3.3.	POBLACIÓN	30
3.4.	MUESTRA	30
3.4.1.	CRITERIOS DE SELECCIÓN DE MUESTRA	30
3.4.2.	TIPO DE MUESTREO	31
3.5.	UNIDAD DE ANÁLISIS	31
3.6.	VARIABLES	32
3.6.1.	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	32

3.6.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	33
3.7. HIPÓTESIS	36
3.7.1. HIPÓTESIS GENERAL	36
3.7.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA	36
3.8. TÉCNICA E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	36
3.8.1. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	36
3.8.2. INSTRUMENTO	37
3.8.3. PROCEDIMIENTOS	37
3.9. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS	39
3.10. PRUEBA PILOTO	40
3.11. CALIBRACIÓN	40
3.12. PLAN DE ANÁLISIS DE DATOS	40
3.13. ASPECTOS ÉTICOS	42
CAPITULO IV: RESULTADOS	43
4.1. RESULTADOS GENERALES	43
4.2. RESULTADOS RESPECTO A LOS OBJETIVOS ESPECIFICOS	46
4.3. RESULTADOS RESPECTO AL OBJETIVO GENERAL	52
CAPITULO V: DISCUSIÓN Y COMENTARIOS	53
CAPITULO VI: CONCLUSIONES	58
CAPITULO VII: SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES	59
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	60





## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	
Media de la Edad Cronológica y Edad Ósea mediante el método de Greulich-Pyle y BoneXpert en años .....	55
Tabla 2.	
Media de la Edad Cronológica por sexo .....	56
Tabla 3.	
Media de la edad ósea según método de Greulich-Pyle por sexo .....	57
Tabla 4.	
Media de la Edad Ósea según método de BoneXpert por sexo.....	58
Tabla 5:	
Coeficiente de correlación de Pearson (R) entre la edad cronológica y edad ósea según método Greulich-Pyle por sexo .....	59
Tabla 6:	
Coeficiente de correlación de Pearson (R) entre la edad cronológica y edad ósea según método BoneXpert por sexo .....	60
Tabla 7	
Coeficiente de correlación de Pearson (R) por sexo .....	63

## INDICE DE GRAFICOS

GRAFICO 1. Distribución porcentual del sexo de pacientes .....	54
GRAFICO 2. Bland-Altman concordancia entre la edad ósea según los métodos de Greulich-Pyle y BoneXpert en niñas .....	61
GRAFICO 3. Bland-Altman concordancia entre la edad ósea según los métodos de Greulich-Pyle y BoneXpert en niños .....	62

## **ABREVIATURAS**

GP: Greulich y Pyle

BX: BoneXpert

EC: Edad cronológica

EO: Edad ósea

TW: Tanner Whitehouse

DICOM: Digital Imaging and Communication in Medicine – Imágenes digitales y comunicaciones en medicina

## RESUMEN

**Objetivo:** Determinar la relación entre la edad ósea según métodos Greulich-Pyle y BoneXpert y la edad cronológica en radiografías carpales de pacientes que acuden al centro radiológico Ceres, Cusco 2019-2023.

**Método:** El presente estudio tiene diseño no experimental, correlacional y cuantitativo. La muestra estuvo compuesta por 92 participantes.

**Resultados:** En la investigación se observa que el 51,1% del estudio es de sexo femenino, la media de edad cronológica fue 12,18 años en niñas y de 12,27 años en niños, la media de la edad ósea obtenida según Greulich-Pyle fue de 12,43 y 11,99 en niñas y niños respectivamente y según el método de BoneXpert fue de 12,62% y 12,28%. Al aplicar el coeficiente de correlación de Pearson hubo una correlación alta y positiva entre la edad cronológica y Greulich-Pyle, la edad cronológica y BoneXpert, y Greulich-Pyle y BoneXpert estadísticamente significativa  $p < 0,05$ .

**Conclusión:** La presente investigación mostró que el método de BoneXpert es concordante y tan eficaz como el método de Greulich-Pyle en la estimación de la edad ósea de los pacientes al tener una alta correlación positiva y significativa entre ambos métodos.

**Palabras clave:** Método de Greulich-Pyle, BoneXpert, Edad ósea, Radiografía carpal

## ABSTRACT

**Objective:** To determine the relationship between bone age according to Greulich-Pyle and BoneXpert methods and chronological age in carpal radiographs of patients attending the Ceres radiology center, Cusco 2019-2023.

**Method:** The present study has a non-experimental, correlational, and quantitative design. The sample consisted of 92 participants.

**Results:** In the investigation it was observed that 51.1% of the study was female, the mean chronological age was 12.18 years in girls and 12.27 years in boys, the mean bone age obtained according to Greulich-Pyle was 12.43 and 11.99 in girls and boys respectively and according to the BoneXpert method was 12.62% and 12.28%. When applying Pearson's correlation coefficient there was a high and positive correlation between chronological age and Greulich-Pyle, chronological age and BoneXpert, and Greulich-Pyle and BoneXpert statistically significant  $p < 0.05$ .

**Conclusion:** The present investigation showed that the BoneXpert method is concordant and as effective as the Greulich-Pyle method in estimating the bone age of patients by having a high positive and significant correlation between the two methods.

**Keywords:** Greulich-Pyle, BoneXpert, Bone age, Radiograph

## INTRODUCCIÓN

En la odontología, la ortopedia maxilofacial es el tratamiento que va encaminado a estimular, disminuir o redirigir el crecimiento de los maxilares; cuando la relación entre ellos no es la adecuada; sin embargo, el grado en que puede ser alterado el patrón facial por medio de tratamientos biomecánicos está directamente relacionado con la etapa de desarrollo en la que se encuentra el niño, todo a fin de que se realice un diagnóstico, tratamiento y procedimientos ortodónticos preventivos adecuados y oportunos, evitando posteriormente tratamientos quirúrgicos que resulten ser agresivos para el paciente. (1)

La edad ósea es una medida del grado de madurez esquelética de un niño. Tradicionalmente, determinado a partir de una radiografía carpal, por ello se realizaron estudios en distintas poblaciones del mundo, los resultados varían por la diversidad de razas. En investigaciones como la de Ontell et al (1966) sobre cuestionar la validez de la edad ósea mediante la radiografía carpal, entre las niñas de 10-13 años y los niños de 11-15 años, la edad ósea fue sobrestimada en los niños asiáticos e hispánicos, los cuales maduran antes que los afroamericanos y blancos (2), a pesar de la antigüedad que se atribuye a Greulich-Pyle un grupo de autores holandeses de acuerdo con Van Rijn et al (2001) estudian la validez del método como patrón Gold-standard hasta la actualidad en niños blancos holandeses y afirman que sigue siendo válido (3). En nuestro país las diferencias étnicas son diversas, las investigaciones de relevancia se realizaron centradas en la capital, por tanto, la mayor parte de resultados obtenidos no reflejan nuestra situación actual. La presente investigación posee originalidad al tomar a niños y adolescentes de nuestra zona, siguiendo patrones de gold-standard estudiados en pocas ocasiones.

## **CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. CARACTERIZACIÓN DEL PROBLEMA.**

La edad cronológica, basada en la fecha de nacimiento, sirve como referencia para la evaluación del desarrollo del infante. En cambio, la edad ósea refleja los cambios en el crecimiento esquelético durante la niñez y la adolescencia (4). Evaluar la edad ósea es crucial para evaluar el ritmo de crecimiento, superando incluso la utilidad de la edad cronológica. La maduración esquelética, que implica la conversión de tejidos cartilagosos y fibrosos en tejido calcificado, comienza en la sexta semana del desarrollo embrionario y concluye en la adolescencia. (5)

Para evaluar la edad esquelética, existen varios métodos disponibles. El más utilizado, debido a su simplicidad y bajo costo, es el Atlas de Greulich-Pyle. Este método compara la radiografía de la muñeca de la mano no dominante, generalmente la izquierda, con imágenes estándar de referencia (6). En la actualidad se han desarrollado programas computarizados automatizados de análisis métricos basados en métodos antes mencionados, como el software BoneXpert, disminuyendo el error intra e inter observador (7). Sin embargo, todos estos métodos se basan en estudios extranjeros con poblaciones distintas a la nuestra, lo que plantea la necesidad de probar su aplicabilidad en nuestra población contemporánea, que sirva como guía.

Aunque los métodos de Greulich y Pyle y BoneXpert muestran una alta correlación con la edad cronológica, han demostrado tener ciertas diferencias al momento de evaluar distintas poblaciones, debido a que la maduración ósea y su velocidad están influenciadas por factores genéticos y ambientales (8). Los factores genéticos determinan el orden y ritmo de la maduración esquelética, influenciados por el

sexo, la etnia y el origen autosómico. Por ejemplo, los niños de raza negra tienden a tener una mayor masa esquelética que los de raza blanca. Los factores ambientales, como la nutrición y las enfermedades, también afecta la maduración ósea, pudiendo alterarla. Condiciones de vida inadecuadas, como la desnutrición y enfermedades crónicas, pueden impactar en la altura adulta y la proporcionalidad corporal del niño, dependiendo de su duración, intensidad y momento en el que ocurra (9). Por otro lado, la obesidad infantil está asociada con una aceleración del crecimiento lineal antes de la pubertad (10). Por ello, es importante conocer los estándares específicos de cada población, como se busca en la presente investigación en niños y adolescentes de la ciudad de Cusco.

En la revisión realizada por Puma G. (2023) en la que se aplicó mayormente los métodos tradicionales de Greulich y Pyle, se concluyó que el uso de la inteligencia artificial para evaluar la edad ósea ha mostrado beneficios significativos. No solo reduce la carga de trabajo en el sector salud, sino que también proporciona resultados más precisos y rápidos que los obtenidos manualmente, igualando o superando las evaluaciones clínicas de los investigadores y mejorando el ámbito científico (11)

En la praxis odontológica, la valoración de la edad ósea es esencial en ortodoncia y ortopedia maxilar al planificar el tratamiento, dado que por sí sola la edad cronológica no basta en la evaluación del desarrollo de los pacientes, se emplean radiografías carpales para identificar el pico de crecimiento y saber cuánto resta del crecimiento esquelético y aplicar un plan de tratamiento adecuado para diversas maloclusiones en relación con el crecimiento maxilofacial y la madurez ósea. Es así que se optaría por un plan de tratamiento ortopédico cuando aún se disponga de una gran capacidad de



crecimiento, o un plan ortopédico ortodóntico en casos de un crecimiento escaso o por último un tratamiento ortodóntico quirúrgico si no hay posibilidad de crecimiento. (12)

En mi experiencia personal, al cursar el último año académico y mi trabajo como asistente en un centro odontológico, he podido notar la diversidad de casos de ortodoncia y el número elevado de radiografías tomadas con el propósito de realizar un buen diagnóstico, y asegurar el éxito del tratamiento ortodóntico, durante este proceso determinar la edad ósea es importante y demanda mucho tiempo por lo que se puede mejorar el flujo de trabajo utilizando la tecnología vanguardista y plantear un tratamiento adecuado.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL**

1. ¿Cuál será la relación entre la edad ósea según métodos Greulich-Pyle y BoneXpert y la edad cronológica en radiografías carpales de pacientes de 8 a 17 años que acuden al centro radiológico Ceres, Cusco 2019-2023?

### **1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

1. ¿Cuál será la edad ósea según el método de Greulich-Pyle por sexo, Cusco 2019-2023?
2. ¿Cuál será la edad ósea según el método de BoneXpert por sexo, Cusco 2019-2023?
3. ¿Cuál será la relación entre la edad cronológica y ósea, según el método de Greulich-Pyle por sexo, Cusco 2019-2023?

4. ¿Cuál será la relación entre la edad cronológica y ósea, según el método de BoneXpert por sexo, Cusco 2019-2023?
5. ¿Cuál será la concordancia entre las edades óseas, según los métodos de Greulich y Pyle y BoneXpert por sexo, Cusco 2019-2023?

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

#### **1.3.1. Relevancia social**

En cuanto a la relevancia social de la presente investigación, la adecuada evaluación de la edad ósea es imprescindible en la odontología, la ortopedia maxilofacial es uno de los tratamientos con mayor frecuencia y demanda que tiene por fin dirigir intencionadamente el desarrollo de los maxilares, por ello la importancia de una determinación exacta de la edad ósea para así optar por un plan de tratamiento oportuno y la utilización pertinente de procedimientos ortodónticos preventivos o interceptivos, adicionalmente facilita la identificación de las diferentes anomalías en el crecimiento, destacando especialmente el retraso constitucional del crecimiento y la pubertad precoz, las cuales pueden afectar la estatura final del individuo.

#### **1.3.2. Valor teórico**

La investigación tendrá relevancia cognitiva porque nos permitirá adentrarnos al uso de nuevas tecnologías, al correlacionar los métodos de Greulich-Pyle y BoneXpert, un método basado en inteligencia artificial, y determinar el método más conveniente para la evaluación de la edad ósea y a su vez relacionarla con la edad cronológica en niños cusqueños, con el objetivo de establecer su aplicabilidad en esta población y poblaciones de características similares a la nuestra, los resultados obtenidos podrán servir de guía

y utilizarse como precedente para futuras investigaciones. Asimismo, es importante destacar las ventajas de las radiografías carpales, ya que son frecuentemente utilizados por ser las áreas más adecuadas para evaluar la maduración ósea. Esto se debe no solo a la presencia de centros de osificación que proporcionan valiosa información, sino también a su ubicación alejada de las gónadas, lo que requiere menos irradiación.

### **1.3.3. Conveniencia**

El estudio de ser realizado tendrá por utilidad en la ejecución de un análisis de nuestra población infantil y adolescente contemporánea, tomando especial énfasis en la relación de la edad cronológica con la edad ósea obtenida por dos métodos distintos y poder determinar su factibilidad en la práctica clínica. La mayor parte de resultados obtenidos en otras investigaciones optan por usar indicadores de maduración ósea mas no un valor exacto de edad ósea, situación que generaliza en un estándar y limita una valoración integral del paciente en otras patologías.

BoneXpert se basa y se entrena para determinar la edad ósea utilizando los métodos de Greulich y Pyle y Tanner Whitehouse. Esto permite demostrar una buena concordancia entre los métodos manuales y automatizados en nuestro entorno.

### **1.3.4. Implicancias practicas**

En la actualidad la práctica clínica ha demostrado que en más de 200 departamentos de radiología de hospitales norteamericanos vienen implementando el método automatizado BoneXpert mejorando así su flujo de trabajo lo que les permite brindar mayor tiempo de atención al paciente en la consulta (7)

### **1.3.5. Utilidad metodológica**

El estudio realizado pondrá a disponibilidad la metodología empleada a fin de incitar la reproducibilidad del estudio en poblaciones similares a la nuestra para hallar la correlación de ambos métodos de evaluación de la edad ósea y recomendar su uso con la valoración más exacta, con el fin de que los especialistas clínicos puedan llevar a cabo el tratamiento adecuado, interviniendo para mejorar la calidad de la vida de los pacientes.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. OBJETIVO GENERAL**

1. Determinar la relación entre la edad ósea según métodos Greulich-Pyle y BoneXpert y la edad cronológica en radiografías carpales de pacientes de 8 a 17 años que acuden al centro radiológico Ceres, Cusco 2019-2023.

### **1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Estimar la edad ósea según el método de Greulich-Pyle por sexo, Cusco 2019-2023.
2. Precisar la edad ósea según el método de BoneXpert por sexo, Cusco 2019-2023.
3. Establecer la relación entre la edad cronológica y ósea según el método Greulich-Pyle por sexo, Cusco 2019-2023.
4. Determinar la relación entre la edad cronológica y ósea, según el método de BoneXpert por sexo, Cusco 2019-2023.
5. Establecer la concordancia entre la edad ósea, según los métodos de Greulich-Pyle y BoneXpert por sexo, Cusco 2019-2023.

## **1.5. DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO**

### **1.5.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL**

La presente investigación se realizó tomando en cuenta las radiografías carpales de mano izquierda de los pacientes que acudieron al Centro Radiológico Ceres ubicado en la ciudad del Cusco.

### **1.5.2. DELIMITACIÓN TEMPORAL**

Así mismo estas radiografías tomadas de la base de datos del Centro Radiológico Ceres corresponden a los años comprendidos entre el 2019 al 2023.

## **1.6. LIMITACIONES DEL ESTUDIO**

El escaso uso de la radiografía carpal en edades tempranas de la vida para uso odontológico limita la cantidad de radiografías obtenidas en edades menores a 8 años de la base de datos del Centro Radiológico Ceres, motivo por el cual se tuvieron que obtener de forma intencionada la población de estudio y se modificó a partir de 8 años en adelante.

La heterogeneidad de los pacientes que acudieron y la falta de información en la base de datos impiden poder añadir con exactitud datos sobre la etnia y lugar de procedencia de los pacientes, lo que represento una limitación para poder expandir las variables del presente estudio.

## CAPITULO II: MARCO TEORICO

### 2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO

#### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

**ARTIOLI T. et al (Brasil - 2019), “Determinación de la edad ósea en niños y adolescentes brasileños eutróficos, con sobrepeso y obesos: una comparación entre los métodos computarizados BoneXpert y Greulich”,** cuyo objetivo de su estudio fue comparar los métodos BoneXpert y Greulich-Pyle, en 205 niños y niñas brasileños eutróficos, comprendidos en edades de 5 a 17 años. Para la metodología se adquirieron radiografías de la mano izquierda para determinar la edad ósea y su relación con la edad cronológica, utilizando ambos métodos. El resultado se consideró estadísticamente significativo al nivel de  $p < 0.001$ , con coeficientes de correlación entre la edad cronológica y Greulich-Pyle de  $R = 0.948$  en niños y  $R = 0,956$  en niñas; entre la edad cronológica y BoneXpert con coeficientes de correlación de  $R = 0,955$  en niños y  $R = 0,952$  en niñas entre Greulich-Pyle y BoneXpert con coeficientes de  $R = 0,975$  en niños y  $R = 0,982$  en niñas. A su vez la concordancia entre ambos métodos hallada mediante los gráficos de Bland-Altman resultaron en altamente concordantes. Concluyendo que el método de determinación de la edad ósea automatizado BoneXpert mostró una correlación positiva significativa con la edad cronológica y con el método de Greulich-Pyle. (13)

**MARATOVA K. et al (República Checa - 2023), “Estudio de validación integral de la última versión de BoneXpert en una gran cohorte de niños y adolescentes caucásicos”,** su estudio buscó evaluar la concordancia entre la evaluación automática y manual de la edad ósea utilizando el método de Greulich-Pyle y su relación con

BoneXpert, empleándose el análisis del error cuadrático medio (RMSE), en 1285 adolescentes de 5 a 16 años obtenidas en el Hospital Universitario de Motol entre enero de 2018 y enero de 2019, la edad cronológica se calculó después de la evaluación de la edad ósea, el diagnóstico no se proporcionó al evaluador, utilizándose el análisis de Bland-Altman para determinar la concordancia entre ambos métodos, la versión BX3 sobreestimó significativamente la edad ósea por Greulich-Pyle. Los resultados RMSE fue de 0,68 años en niños y de 0,52 años en las niñas, según BX3 subestimaron ligeramente la edad ósea en niñas, la diferencia absoluta en el resultado de la edad ósea versión BX3 mostró una diferencia de > 1,0 año en exploraciones de 12,8 % en niños y 5,3 % en niñas, por el cual se concluyó que la edad ósea proporcionada por la versión más reciente del software BoneXpert mostró una concordancia confiable con la estimación manual incluido una amplia gama de enfermedades crónicas de los niños y puede usarse para la evaluación rutinaria de la edad ósea. (14)

**OZA C. et al (India - 2022), “Una comparación de las evaluaciones de la edad ósea utilizando métodos manuales y automatizados en niños de etnia india”,** su estudio tuvo como objetivo evaluar el método BoneXpert en comparación con el método manual de Greulich- Pyle, su metodología se basó en extraer radiografías de la mano izquierda de 920 niños de etnia india asiática sanos de entre 2 y 19 años, la edad ósea se estimó por cuatro evaluadores manuales utilizando método Greulich-Pyle y comparando con las calificaciones de BoneXpert. El resultado de las desviaciones estándar de la calificación entre los cuatro evaluadores manuales fue 0,52 años para el método Greulich-Pyle mientras que el error de raíz cuadrada media (RMSE) entre las

estimaciones automatizadas de la edad ósea y las calificaciones reales fue de 0,39 años. La edad de los huesos del carpo estaba retrasada en los niños indios, más aún en los niños. Concluyendo así que BoneXpert fue preciso y tuvo un buen desempeño en la estimación de la edad ósea mediante los métodos GP en niños indios asiáticos sanos. (15)

**MARTIN D. et al (EEUU - 2022), “Precisión y autovalidación de la determinación automatizada de la edad ósea”**, como el objetivo de su trabajo fue validar la precisión y el mecanismo de autovalidación de la versión 3 del software BoneXpert utilizando el método del atlas de Greulich-Pyle. Su metodología incluyó 14 036 imágenes del Bone Age Challenge de la Sociedad Radiológica de Norteamérica de 2017, 1642 imágenes de niños holandeses y californianos normales, y 8250 imágenes de Tübingen de pacientes con baja estatura, hiperplasia suprarrenal congénita y pubertad precoz, la prueba de La Sociedad Radiológica de América del Norte, consta de 200 imágenes de la práctica clínica con una “calificación de referencia” formada como el promedio de seis calificaciones independientes, se utilizó para probar el algoritmo desarrollado. Resultando así la nueva versión con un error cuadrático medio de 0.45, el conjunto de datos de Los Ángeles contenía el 25 % de cada una de las cuatro etnias: caucásica, afroamericana, hispana y asiática, y hubo un error cuadrático medio más alto en las mujeres afroamericanas, concluyendo que la precisión de BoneXpert proporciona una edad ósea fiable por debajo de los 2 años, es claramente mejor que la precisión de una sola calificación manual, los gráficos de Bland Altman muestran concordancia y muestran que los valores atípicos son más frecuentes en el rango de 7 a 12 años.



BoneXpert proporciona una medida rápida, exacta y precisa de la edad ósea, lo que le da al radiólogo pediátrico tiempo para concentrarse en otros aspectos de la imagen. (7)

**POSE G. et al (Chile - 2018), “Correlación en la determinación de la edad ósea radiológica mediante el método de Greulich y Pyle versus la evaluación automatizada utilizando el software BoneXpert”**, tuvo como objetivo determinar el grado de correlación en la valoración de la edad ósea mediante el método de Greulich y Pyle versus la evaluación automatizada por el programa computacional BoneXpert ,en su metodología fue un análisis retrospectivo de 1500 radiografías tomadas en la Clínica Alemana – Chile entre los años de 2013-2016, de los cuales 1.493 casos, se excluyeron 7 por falla en técnica de la radiografía, 922 de sexo femenino (61.6%) y 571 de sexo masculino (38.4%), la mediana de edad cronológica fue de 9.96 años en mujeres y 11.12 años para los varones. Se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson y el análisis de Bland-Altman para mediciones de variabilidad. Los resultados demostraron una correlación positiva entre la edad ósea según Greulich - Pyle y BoneXpert con coeficientes que variaron entre 0,91 y 0,93; mientras que el análisis de Bland-Altman entre ambos métodos indicó una diferencia promedio de 2.2 meses, por el cual se concluyó que el análisis automatizado mediante BoneXpert permite una evaluación estandarizada, de baja variabilidad, y alta concordancia con respecto a la lectura manual. (16)

### **2.1.2. Antecedentes nacionales.**

**ACOSTA S. (Lima - 2013),” Evaluación de la edad cronológica y de la edad ósea determinada por los métodos de Greulich-Pyle y Tanner en niñas y adolescentes de edades comprendidas entre 4 y 17 años en el servicio de radiología de Hospital P.N.P Luis N. Sáenz en el periodo marzo a diciembre del 2006”**, el propósito del estudio fue la evaluación de la edad cronológica y la edad ósea determinada por el método de Greulich–Pyle en 249 pacientes con edades entre 4 y 17 años del servicio de radiología del Hospital P.N.P Luis N. Sáenz en Lima. Entre los resultados se obtuvo una edad promedio 10.75 años y 10.75 de media de la edad ósea obtenida por el método de Greulich–Pyle; se evidenció una correlación positiva de 0.93 mediante el coeficiente de Pearson entre la edad cronológica y la edad ósea; además de una alta concordancia de 0.71; resultados con una significancia estadística de  $P < 0.05$ . Por ello el autor concluye que las medias de la edad cronológica y de la edad ósea determinada mediante el método de Greulich – Pyle no muestran diferencias significativas. (17)

### **2.1.3. Antecedentes locales.**

No se evidencia antecedentes locales

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. EDAD ÓSEA**

Para Hirsch L. (2022) el estudio de la edad ósea se mide en años y permite evaluar la madurez de las estructuras óseas de un niño. Este análisis se realiza generalmente

mediante radiografías de las articulaciones de la muñeca, mano y falanges, que presentan "zonas de crecimiento" en cada extremo, conocidos como "placas de crecimiento". Es un procedimiento inocuo que emplea una mínima cantidad de radiación. Los huesos observados en la radiografía se comparan con imágenes de un atlas estándar del desarrollo óseo, utilizando comúnmente la escala de Greulich-Pyle, basada en datos de numerosos niños de la misma edad y sexo. (18)

Navarro M. (2014) sostiene que la edad ósea es esencial para confirmar diagnósticos de variantes normales del crecimiento y para guiar el diagnóstico de condiciones patológicas. También, es fundamental al momento de determinar cuándo comenzar o detener ciertos tratamientos, prever la talla adulta y establecer la edad de niños sin fecha de nacimiento conocida. Este proceso puede estar influenciado por factores genéticos, ambientales, socioeconómicos y hormonales, entre otros. (19)

### **2.2.1.1 PROCESO DE OSIFICACIÓN**

Al nacer, las diáfisis de los huesos ya están osificadas, mientras que las epífisis permanecen como cartílago. Con el tiempo, las epífisis se osifican de acuerdo con un patrón de crecimiento que finaliza fisiológicamente en la adultez. No obstante, diversos factores como la genética, el ambiente, el nivel socioeconómico y las hormonas pueden alterar este patrón normal. Cabe destacar que hay dos excepciones a esta regla: la falange distal del pulgar y la falange media del quinto dedo, que se osifican al final del proceso (6), (20).

La maduración ósea varía entre los distintos huesos del cuerpo, ya que cada centro de osificación madura a diferentes ritmos según la edad. (6), (20).

Para estimar la edad ósea, se prefieren los núcleos de osificación secundarios ubicados en los miembros superiores e inferiores. En la mano, el hueso ganchoso es visible alrededor de los 3 meses y persiste durante los siguientes meses de vida. Por otro lado, la epífisis distal del radio generalmente se manifiesta alrededor de los 10 meses de edad en las niñas y a los 15 años en los niños. (6), (20).

En la etapa prepuberal, que abarca de 2 a 7 años en niñas y de 3 a 9 años en niños, y en las primeras fases de la pubertad, que llega hasta los 13 años en niñas y hasta los 14 en niños, se utilizan los indicadores de maduración esquelética. Estos indicadores se enfocan en la comparación del tamaño de las epífisis con las metáfisis. La maduración avanza con el desarrollo de los núcleos de osificación epifisarios, estos tienden a aumentar en anchura y grosor hasta igualar la anchura de la metáfisis. En las primeras etapas de la pubertad, los centros epifisarios de los huesos superan la metáfisis y comienzan a encapsularla con crestas óseas. Finalmente, en este periodo, se produce la osificación del aductor del pulgar y del pisiforme, por lo que estos no se consideran indicadores de maduración ósea. (6), (20).

Durante la pubertad, que generalmente ocurre entre los 13 a 15 años en mujeres y de los 14 a 15 en los varones, se identifica un periodo significativo conocido como pubertad avanzada. Durante esta etapa, la evaluación de la maduración se enfoca en el grado de fusión de las epífisis de las falanges y sus metáfisis. Este proceso de osificación sigue un estándar específico del crecimiento, comenzando generalmente en el centro. Los metacarpianos son particularmente difíciles de evaluar en esta etapa, por lo que se sugiere que la evaluación debe centrarse en la maduración de falanges. En esta etapa,

los huesos del carpo son menos útiles para la valoración de la maduración ósea. (6), (20).

Finalmente, la pubertad, que abarca de los 15 a 17 años en mujeres y de los 17 a 19 años en varones, se caracteriza por una completa fusión en las fisis de los huesos metacarpianos, falanges y huesos carpianos. No obstante, los núcleos de osificación de las metáfisis de los huesos del radio y cúbito son los últimos en completar la fusión de sus fisis. (6), (20) (ver anexo figura 1)

### **2.2.1.2. EVALUACIÓN DE LA EDAD ÓSEA**

Es una práctica común en pediatría. El análisis del crecimiento de los centros de osificación es uno de los métodos mayormente utilizados, ya que permite determinar la edad ósea y el potencial de crecimiento restante, empleando radiografías de la mano y la muñeca. Por esta razón, es una parte esencial del diagnóstico ortodóntico. (21)

El proceso de maduración esquelética se refiere a la conversión de las estructuras cartilaginosas y fibrosas del esqueleto en tejido calcificado. (22).

### **2.2.1.3. MÉTODOS DE EVALUACIÓN ÓSEA**

#### ***Método de Greulich y Pyle (G&P)***

En 1959, W.W. Greulich y S.I. Pyle, médicos pediatras de origen francés, publicaron un atlas que se convirtió en una referencia fundamental en el estudio del desarrollo del esqueleto humano. Este trabajo se centró especialmente en la mano y la muñeca, áreas a las que dedicaron gran parte de su carrera. (23)(24)

El método de Greulich - Pyle consiste en comparar las radiografías con un atlas en el que se recogen imágenes de manos con un patrón de niños de Ohio examinados

entre 1931 y 1942, en distintos estados de maduración ósea según el sexo del paciente y se elige aquella en la que exista una mayor similitud para determinar la edad ósea del paciente (24), de acuerdo con Giordano et al (2010) este método es el más utilizado debido a su facilidad de uso. (23)

Los autores subrayaron la importancia de desarrollar un método que ofrezca información más exacta sobre el desarrollo individual. No se trata únicamente de datos como la altura, el peso y la edad cronológica, sino de entender los posibles estadios de maduración de la anatomía humana. Según Greulich y Pyle, el esqueleto refleja el estado funcional y el desarrollo del sistema reproductor, proporcionando una medida más útil del nivel de madurez que puede utilizarse con este propósito. (23), (24)

El nivel de maduración de las epífisis, junto con el tamaño, la forma y el grado de osificación de 20 huesos de la mano, se determina comparando la radiografía del paciente con un “estándar” o radiografía impresa que se encuentra en el atlas de Greulich y Pyle. (24) (ver anexo figura 2)

La referencia ilustra el desarrollo esquelético de una persona según su edad cronológica. Este compendio de imágenes presenta estándares diferenciados según sexo, abarcando a partir del nacimiento hasta los 19 años para los hombres y hasta los 18 años para las mujeres, con intervalos variables que van de 3 meses a un año entre los estándares. Las discrepancias observadas entre la edad ósea estimada mediante el método de Greulich-Pyle y la edad cronológica oscilan entre -0,52 y 0,47 años. (25)

El método implica realizar la toma de una radiografía de la mano no dominante, generalmente la izquierda de diferentes edades y sexo, comparándolas con las imágenes del atlas. Sin embargo, tiene ciertas limitaciones, como la tendencia a asociar la edad

ósea con la maduración ósea, cuando en realidad debería evaluarse de manera independiente de la edad cronológica. (16)

Para la utilidad clínica, Van Rijn y otros autores sugieren utilizar como método radiográfico el de G&P en vez de otros métodos como el de Tanner-Whitehouse, con características numéricas. Esta recomendación se basa en criterios de economía, ya que se ha comprobado que el método de Greulich-Pyle demanda mayor tiempo y al final, produce resultados equivalentes a los obtenidos por el método de Greulich-Pyle. Para calcular el índice de edad ósea, es necesario determinar la relación edad ósea y edad cronológica. (3)

### ***BoneXpert.***

Es un método automatizado mediante inteligencia artificial desarrollado por Thodberg para la determinación de la edad ósea. Fue lanzado en 2009 por la empresa danesa Visiana, diseñada para Windows, sirve como nodo PACS al que las estaciones PACS pueden enviar archivos DICOM (Imágenes Digitales y Comunicaciones en Medicina), que luego se conecta con servidores del software BoneXpert actualmente en su 3ra versión lanzada el 2019 (3)(26), presentando como una de sus características la capacidad de reducir la variabilidad Inter observador en la evaluación de la edad ósea aprovechando la mayor disponibilidad de datos de entrenamiento (27),(28). Este método intenta localizar casi todos los huesos de la mano y la muñeca (no se incluyen los huesos sesamoideos) la edad ósea según la forma ósea, la densidad y el grado de fusión epifisaria (29). BoneXpert ha sido validado para su uso en niños eutróficos norteamericanos, caucásicos, afroamericanos, hispanos y asiáticos (30). También ha

sido validado para su uso en hiperplasia suprarrenal congénita, artritis idiopática juvenil (31), (32) y pubertad precoz central (33). Las limitaciones técnicas de este método están relacionadas con el requisito de un procesamiento posterior mínimo de la imagen para permitir un análisis adecuado.

Este software utiliza un método reconstructivo automatizado a partir de las radiografías carpales sin importar si es mano derecha o izquierda, o la rotación. Sin embargo, descarta aquellas radiografías que presenten una morfología anormal o tengan una baja calidad de imagen. El desarrollo de este método se fundamenta en el análisis de los bordes óseos de los siguientes 21 huesos: radio, cúbito, metacarpianos y falanges calculando posteriormente las edades óseas intrínsecas posteriormente estos se utilizan para la edad ósea general formada como un promedio simple de estos 21 huesos, por último, las transforma en edades ósea de Greulich y Pyle (G&P) o Tanner Whitehouse (TW). (34)

Además, se consideran los siete carpianos y se calcula la edad ósea del carpo para el grupo de todos los carpianos visibles. Por lo tanto, la edad ósea del carpo no se "mezcla" con la edad ósea general. La edad ósea del carpo generalmente no se determina para niños con edad ósea mayor de 12 años y para niñas con edad ósea mayor de 10 años, porque los carpianos se desarrollan muy poco por encima de estas edades óseas. (34)

BoneXpert presenta novedades como: (31)

- Ser un modelo generativo (modelo activo) para la reconstrucción del hueso.
- El modelo puede ser aplicado a cualquier género.
- Es un modelo de difusión entre Greulich-Pyle y Tanner Whitehouse.



Por lo tanto, el método automático BoneXpert permitirá una evaluación estandarizada y altamente concordante con las lecturas manuales realizadas por radiólogos pediátricos. A pesar del uso de este software se encontró que el 83% de los usuarios todavía miran la radiografía, ya que la razón principal de esto es verificar signos de enfermedad subyacente, como displasia esquelética. (16)

## **ARQUITECTURA DEL SOFTWARE**

BoneXpert divide el procesamiento en tres capas, que se muestran en la Fig. 1: la capa A reconstruye los bordes óseos el algoritmo de reconstrucción ósea se basa en el llamado modelo generativo de análisis de imágenes. Esto permite que el método determine hasta qué punto el hueso parece normal. Los huesos anormales, así como los huesos normales en una posición incorrecta, se rechazan automáticamente. (35) (36)

La capa B calcula un valor intrínseco de la edad ósea para cada hueso en función de la apariencia del hueso. Si un valor de edad ósea se desvía más de 2,4 años del promedio de todos los huesos, se considera inaceptable. (35) (36)

La capa C transforma los valores intrínsecos de la edad ósea por Tanner Whitehouse o Greulich Pyle, utilizando un posprocesamiento relativamente simple. (35) (36) (ver anexo figura 3)

La arquitectura del software que caracteriza al BoneXpert permite una mayor validación de imágenes y una autorregulación en la eliminación de muestras. (ver anexo figura 4)

BoneXpert analiza la imagen de la mano realizando un examen de cada hueso. La arquitectura tiene seis pasos, y cada paso contribuye con una parte de la

autovalidación. Los primeros dos pasos analizan los huesos individualmente y pueden resultar en el rechazo de algunos huesos, mientras que los últimos cuatro pasos realizan un análisis general que puede resultar en el rechazo de todo el análisis de la edad ósea.

(36) (ver anexo figura 5)

Esto se hace mediante el análisis de imágenes convencional basado en el aprendizaje automático. Utilizando modelos separados de edad ósea para hombres y mujeres, excepto para la edad ósea inferior a 2 años, y para la edad ósea del carpo. (36)

La autovalidación es el aspecto más novedoso de BoneXpert, por lo que amerita una descripción más detallada. Los análisis óseos individuales se validan en dos pasos:

(36)

1. El hueso se rechaza si su apariencia (forma y distribución de la densidad ósea) no concuerda con lo que se espera del modelo de búsqueda de huesos, que se entrenó con datos que contenían huesos sin anomalías graves.
2. Si la edad ósea del hueso se desvía en más de un umbral de la edad ósea promedio determinado a partir de todos los huesos tubulares, el hueso se rechaza. El umbral se establece en 2,4 años a partir de los 7 años, mientras que a edades óseas más bajas disminuye linealmente hasta los 1,2 años al nacer.

La siguiente fase de la autovalidación aborda el análisis general y puede resultar en cuatro tipos de rechazos: (36)

1. Si menos de 8 huesos son reconocidos a la autovalidación anterior, la imagen se rechaza como "mano no encontrada". El valor límite 8 es un compromiso entre seguridad y eficiencia; cualquier valor entre 5 y 11 también tendría mérito.
2. El algoritmo calcula una medida de la nitidez de la imagen analizando la inclinación de los bordes de los tres metacarpianos medios. Esta medida de nitidez es adimensional e invariable a los cambios lineales de brillo y contraste. Para imágenes grabadas en película, la nitidez promedio se encuentra en el intervalo de 5 – 6.5. Si la nitidez supera los 13, la imagen se rechaza como "demasiado nítida"; esto se debe a un procesamiento posterior excesivo de la imagen (mejora de los bordes).
3. Si la nitidez es inferior a 4, la imagen se rechaza como "demasiado borrosa". Esto sucede, por ejemplo, si la imagen se grabó en un generador de imágenes de baja resolución o si la mano se movió durante la exposición.
4. Si la edad ósea promedio en los huesos cortos es superior a 17 años para el sexo masculino y de 15 años para el femenino, se necesita el radio para una evaluación confiable de la edad ósea, porque el radio es el único hueso que muestra cambios en la madurez hasta los 19 años de edad ósea en niñas y de 17 en niños. Por lo tanto, si se rechazó la imagen por un radio casi maduro, todo el análisis se rechaza como "sin radio / maduro".

#### **2.2.1.4. RELACIÓN ENTRE MÉTODO DE GREULYCH – PYLE Y BONEXPERT**

La función principal de los ordenadores en la evaluación de la edad ósea es medir cuantitativamente los cambios morfológicos en diversos huesos. Aunque el ojo humano es ideal para evaluar estos cambios de manera precisa, si puede identificar alteraciones cualitativas. (19)

En la determinación de la edad ósea por parte de los radiólogos es subjetiva y se realiza mediante comparación visual con el atlas de referencia de Greulich y Pyle. A menudo no existe una combinación perfecta en el atlas; en cambio, hay que buscar la imagen de referencia más similar. Esta es una tarea cognitiva compleja que requiere experiencia. Los ordenadores, por el contrario, tienen la ventaja de poder convertir los datos de las imágenes en números y así evaluar la edad ósea como una variable continua. (37)

La variabilidad significativa en la interpretación humana de la edad ósea ha impulsado el desarrollo de un nuevo método para su determinación automática. Desde el punto de vista metodológico, BoneXpert contiene en su software una información modelada unificado de Greulich-Pyle. (30)

BoneXpert fue desarrollado empleando aproximadamente 1.559 imágenes evaluadas por expertos. Es certificado en base al atlas de Greulich-Pyle en edades desde 2 a 17 años y una desviación estándar de 0,42 años (0,37; 0,47) al 95% de confianza. El software define la edad ósea real de una imagen radiográfica de la mano como el promedio de las valoraciones de muchos expertos utilizando el método del atlas de Greulich-Pyle como información base, la precisión en la determinación de la edad ósea muestra que la capacidad de obtener el mismo resultado en radiografías repetidas

es menor de lo esperado en las seis series de radiografías longitudinales. El resultado es una desviación estándar de 0,17 años (0,13 – 0,21) con un intervalo de confianza del 95% (7).

El método automatizado es capaz de analizar imágenes de todas las etnias en un rango de edad ósea de 2,5 a 17 años para niños y de 2 a 15 años para niñas, lo que permite eliminar el problema de variabilidad. (30)

La precisión de BoneXpert frente a una única clasificación manual de Greulich-Pyle fue de 0,62 años lo que permite a BoneXpert evitar dar resultados poco fiables al rechazar imágenes con menos de 8 huesos aceptados. Irónicamente, es también esta redundancia la que hace que la calificación de la edad ósea no sea del agrado de algunos radiólogos: una calificación manual confiable requiere que se considere cada hueso por turno para poder formar un promedio, y este trabajo repetitivo es tedioso y requiere mucho tiempo. (7)

La reconstrucción de los bordes óseos tiene varias ventajas:

- El atlas de Greulich- Pyle (así como todos los demás métodos de edad ósea) utiliza dibujos lineales para describir las etapas de madurez de cada hueso, de modo que cuando BoneXpert localiza el borde óseo, establece una conexión con el método de referencia. (7), (24)
- Los bordes óseos se utilizan como características en el modelo de edad ósea de BoneXpert, por lo que los bordes constituyen un resultado intermedio que permite al observador ver hasta qué punto la máquina ha entendido correctamente la imagen. (7), (24)

- Las anotaciones indican qué huesos se utilizaron y cuáles fueron los valores de edad ósea previstos. Es un ejemplo de un sistema de Inteligencia Artificial que explica cómo obtiene el resultado. (7), (24)

### **2.2.2. EDAD CRONOLÓGICA**

La edad cronológica según Alvarado (2014), podemos entenderla como el periodo que abarca desde el nacimiento del individuo hasta la edad actual. La edad biológica considera las transformaciones físicas y biológicas que ocurren en las células, tejidos, órganos y sistemas del cuerpo. (38)

Mosby (1999) define la edad cronológica como el tiempo transcurrido desde el nacimiento, expresado en años. (39)

Proffit (2006) describe los términos de desarrollo como el aumento del nivel de organización y el crecimiento a la multiplicación en tamaño. Este aumento también puede presentarse en términos de complejidad, que a menudo se utiliza para describir el desarrollo. (12)

Subtenly (2000) destaca en su libro la importancia de que los clínicos comprendan y descifren el desarrollo único de cada individuo, especialmente en las primeras etapas de la vida. Esto es crucial para determinar el momento y la modalidad del tratamiento, facilitando así su éxito. Es esencial correlacionar la información, integrando la edad de la maduración del niño, la forma de su rostro y las técnicas de tratamiento propuestas, para alcanzar resultados óptimos. (40)

### **2.2.3. RADIOGRAFIAS CARPALES**

Una radiografía de la muñeca permite obtener imágenes en dos dimensiones de las estructuras internas de la mano. Esto se logra al hacer pasar un haz de rayos X, emitido por un tubo, a través de la región anatómica de interés, que luego se registra en una placa radiográfica. El haz de rayos X tiene una distribución uniforme antes de llegar al paciente. Las estructuras tridimensionales se proyectan en el plano bidimensional de la placa cuando el haz atenuado las atraviesa, produciendo así las imágenes de proyección. (41).

La imagen radiológica tiene un carácter negativo y se oscurece conforme aumenta la intensidad del haz recibido. Esto significa que a menor densidad de las estructuras, estas aparecen como áreas muy oscuras, mientras que las estructuras más densas se muestran como zonas claras. La calidad de la imagen se evalúa por la capacidad de visualizar objetos pequeños, detalles finos y bordes nítidos, ya que los huesos son opacos a los rayos X. (42).

Aunque los sistemas digitales están reemplazando al sistema clásico de placas radiográficas, la radiografía convencional sigue teniendo la ventaja principal de proporcionar imágenes de alta calidad a un costo reducido. (42).

Una radiografía de la mano izquierda es considerada adecuada dado a que la mayor parte de la población es diestra. Esto implica que la mano derecha está más expuesta a traumas que podrían influir en el desarrollo óseo (26), No obstante, no se han encontrado diferencias significativas en las tasas de osificación entre ambas manos. (42), (43).

La utilidad radica en la supervisión del crecimiento adecuado así como el diagnóstico de variantes normales de talla baja como la talla baja familiar o el retraso constitucional del crecimiento. También es útil en casos de pubertad precoz o en síndromes clínicos que impliquen condiciones de hiperandrogenismo, como poder ser la hiperplasia suprarrenal congénita. Comprender la anatomía del desarrollo normal es esencial para interpretar y evaluar las radiografías de la muñeca y la mano en niños. (43).

#### **2.2.3.1 TÉCNICA PARA LA TOMA LA RADIOGRAFÍA CARPAL**

La película, de 20 x 25 cm, se coloca en el chasis del cefalostato, perpendicular al suelo y a 1 metro del foco. El aparato se ajusta a 60 Kvp, 10 mA y un tiempo de exposición de 0,25 segundos. Se le pide al paciente el retiro de todo material como joyas de la mano izquierda, si es posible, se posicione de lado al chasis. La mano se coloca en pronación, extendiendo y separando el pulgar y los demás dedos, centrando el tercer metacarpiano en el centro del chasis. El rayo central se dirige perpendicularmente a la parte media del tercer metacarpiano y al centro del chasis, y se le indica al paciente que ejerza una ligera presión sobre la placa durante la exposición a los rayos. (44).

#### **2.2.4. ANATOMIA DE LA MANO.**

Muñeca se considera al radio y cúbito con sus respectivas epífisis, mientras que la mano está conformada por 27 huesos además del sesamoideo que están distribuidos en carpo, metacarpo y falanges (45).



### **Carpo.**

Se considera así a los 8 huesos (Pisiforme, piramidal, semilunar, escafoides gancho, grande, trapecoide y trapecio) distribuidos en 4 proximales y 4 distales, las cuales son cortas y cuboides (45), (46).

### **Metacarpo.**

Se le llama así al conjunto de huesos que forman el esqueleto de la palma y el dorso de la mano denominados metacarpianos que son en número de 5, que van de lateral a medial, y solo la epífisis del metacarpiano del pulgar es considerado proximal (45), (46).

### **Huesos sesamoideos.**

Son generalmente dos formaciones de tejido óseo, que se ubican en la articulación entre el metacarpo y la falange en el pulgar; algunas veces se las observa en el meñique e índice (45), (46).

### **Falanges.**

Son huesos largos con sus epífisis correspondientes, que se clasifican en distal, medial y proximal excepto el pulgar (46). (ver anexo figura 6)

### 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.

**Edad cronológica:** Se refiere al periodo que abarca desde el nacimiento de una persona hasta su edad actual.

**Edad ósea:** Es el grado de maduración ósea, se evalúa midiendo los núcleos de crecimiento a través de radiografías u otros métodos imagenológicos para la posterior aplicación de escalas.

**Inteligencia artificial:** La habilidad de un ordenador para entender y manejar la relación entre hechos y objetos, asumiendo funciones similares a las humanas.

**Greulich- Pyle:** Atlas que contiene un patrón de imágenes radiográficas de manos en distintos estados de maduración ósea.

**BoneXpert:** Método automatizado que evalúa la edad ósea según la forma ósea, la densidad y el grado de fusión epifisaria.

**Maduración:** Se le considera al mayor grado de desarrollo a nivel funcional, que se observa conforme avanza la edad y que se da en mayor velocidad en la etapa de la pubertad de todo ser humano.

**Maduración ósea:** Se considera que son las transformaciones progresivas que tienen lugar en las epífisis de los huesos largos y en los huesos del carpo a lo largo del proceso de crecimiento.

**Radiografía Carpal:** Facilita la obtención de imágenes en dos dimensiones de las estructuras internas de la mano de una persona.

**Osificación:** Proceso en que el hueso sigue creciendo hasta la edad adulta donde los condrocitos siguen dividiéndose en las placas epifisarias, muriendo y siendo sustituidos por hueso mineralizado.

## **CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:**

La investigación tuvo un diseño no experimental porque las variables no fueron manipuladas y la relación a la cronología del estudio fue de carácter retrospectivo y transversal, porque se utilizó radiografías de base de datos recolectadas en el centro radiológico durante el periodo de 2019 al 2023.

### **3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La presente investigación tuvo un enfoque cuantitativo porque las variables fueron medidas.

El alcance de esta investigación es correlacional ya que las variables fueron comparadas y relacionadas entre ellas.

### **3.3. POBLACIÓN**

El presente estudio se realizó con un total de 105 radiografías carpales de pacientes con edades comprendidas entre 8 a 17 años de toda la base de datos del Centro Radiológico Ceres de la ciudad del Cusco

### **3.4. MUESTRA**

#### **3.4.1. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE MUESTRA**

##### **CRITERIOS DE INCLUSIÓN**

- Radiografías carpales de pacientes que se encuentren entre 8 a 17 años.

- Radiografías carpales nítidas donde se distingan los huesos del radio, pulgar, tercer y quinto dedo.
- Radiografías carpales en buen estado de calidad y contraste.

### **CRITERIOS DE EXCLUSIÓN**

- Radiografías carpales con presencia de alguna patología o anomalía.
- Radiografías que sean convencionales.

### **3.4.2. TIPO DE MUESTREO**

Para el presente estudio la muestra consistió en placas radiográficas carpales de pacientes, donde se eligió aquellos que cumplieran los criterios de inclusión y exclusión que será no probabilístico por conveniencia.

<b>SEXO</b>	<b>FEMENINO</b>	<b>MASCULINO</b>
	47	45
<b>TOTAL</b>	92	

Fuente: Elaboración propia

### **3.5. UNIDAD DE ANÁLISIS**

La unidad de estudio estuvo conformada por una radiografía carpal para cada paciente haciendo un total de 92 radiografías para el análisis.

## **3.6. VARIABLES**

### **3.6.1. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES**

a) Variable 1: Edad ósea

- Greulich y Pyle
- BoneXpert 3.2.0

b) Variable 2: Edad cronológica

c) Covariables: Sexo

### 3.6.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	NATURALEZA	ESCALA DE MEDICIÓN	EXPRESIÓN FINAL DE LA VARIABLE
Edad ósea por método de Greulich y Pyle	El grado de maduración ósea, la cual se determina por la medición de los núcleos de crecimiento interpretada con empleo del atlas de Greulich y Pyle por el método gráfico.	Edad en años y meses que se obtiene de la comparación con el Atlas de Greulich y Pyle	Comparación con el atlas de Greulich y Pyle	Cuantitativa	Continua	<p>En radiografías de pacientes varones, se medirá de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 años</li> <li>• 9 años</li> <li>• 10 años</li> <li>• 11 años</li> <li>• 11 años y 6 meses</li> <li>• 12 años y 6 meses</li> <li>• 13 años</li> <li>• 13 años y 6 meses</li> <li>• 14 años</li> <li>• 15 años</li> <li>• 15 años y 6 meses</li> <li>• 16 años</li> <li>• 17 años</li> <li>• 18 años</li> </ul> <p>En radiografías de pacientes mujeres, se medirá de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 7 años y 10 meses</li> </ul>

<p><b>Edad ósea por el método BoneXpert</b></p>	<p>El grado de maduración ósea, la cual se determina por la medición de los núcleos de crecimiento interpretada por inteligencia artificial en base al atlas de Greulich y Pyle</p>	<p>Edad en años y meses que se obtiene de la evaluación por el software BoneXpert versión 3.2 Server</p>	<p>Resultado del análisis del software BoneXpert versión 3.2 Server</p>	<p>Cuantitativa</p>	<p>Continua</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 años y 10 meses</li> <li>• 10 años</li> <li>• 11 años</li> <li>• 12 años</li> <li>• 13 años</li> <li>• 13 años y 6 meses</li> <li>• 14 años</li> <li>• 15 años</li> <li>• 16 años</li> <li>• 17 años</li> <li>• 18 años</li> </ul> <p>Años y meses</p>
---	---	--	---	---------------------	-----------------	---

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	NATURALEZA	ESCALA DE MEDICIÓN	EXPRESIÓN FINAL DE LA VARIABLE
<b>Edad Cronológica</b>	Es el tiempo cronológico transcurrido desde la fecha en que nació.	Diferencia de la fecha actual con la fecha de nacimiento obtenidas de la base de datos del centro radiológico.	Años cumplidos	Cuantitativa	Continua	Años y meses
<b>Sexo</b>	Condición biológica de nacimiento que distingue al macho de la hembra.	Genero biológico obtenido de la ficha de recolección de datos.	Ficha de recolección de datos	Cualitativa	Nominal Dicotómica	-Masculino -Femenino

Fuente: Elaborado por el tesista en base al soporte teórico



### **3.7. HIPÓTESIS**

#### **3.7.1. HIPÓTESIS GENERAL**

1. Existe una relación entre la edad ósea según los métodos Greulich-Pyle y BoneXpert y la edad cronológica en radiografías carpales de pacientes de 8 a 17 años que acuden al centro radiológico Ceres, Cusco 2019-2023.

#### **3.7.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA**

1. La edad ósea según el método Greulich-Pyle en radiografías carpales de pacientes por sexo, tiene una precisión media.
2. La edad ósea según el método BoneXpert en radiografías carpales de pacientes por sexo, tiene una precisión alta.
3. Existe una relación significativa y positiva entre la edad cronológica y ósea obtenida por el método Greulich y Pyle según el sexo.
4. Existe una relación significativa y positiva entre la edad cronológica y ósea obtenida por el método BoneXpert según el sexo.
5. Existe una concordancia entre los métodos de Greulich-Pyle y BoneXpert, según el sexo.

### **3.8. TECNICA E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **3.8.1. TECNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

### ***Recopilación Documental***

Se revisó las radiografías carpales de los pacientes correspondientes del Centro Radiológico Ceres, que lograron cumplir con los criterios de inclusión establecidos, para la obtención de la edad ósea.

Se corroboró los datos de cada uno de los pacientes que cuentan con imágenes radiológicas en el "Poinext 8005HD", programa de uso radiológico de uso en el Centro Radiológico Ceres.

### **3.8.2. INSTRUMENTO**

El instrumento consistió en una ficha de recolección de datos utilizada para la elaboración del padrón utilizado durante la fase de investigación donde se incluye:

Una ficha de recolección de datos propia (anexo b), Nombre, Fecha de Nacimiento, Fecha de toma de radiografía, edad cronológica, Sexo. El proceso de recolección de los datos se realizará en el Centro Radiológico Ceres, por parte del equipo de investigación.

A partir del gráfico esquemático de los huesos del área carpal con el método de G&P donde se comparó con la radiografía carpal y se anotó la edad ósea en la cual se encuentra el paciente.

### **3.8.3. PROCEDIMIENTOS**

#### **3.8.3.1. ETAPA DE PROCEDIMIENTOS ADMINISTRATIVOS**

Se realizaron los trámites respectivos en el centro radiológico Ceres, solicitando la autorización al gerente y de la especialista que labora en este establecimiento con el

fin de acceder a la base de datos de todas las radiografías carpales así mismo a las instalaciones previa información sobre los fines del presente trabajo de investigación.

También se realizó el trámite administrativo a la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco para la aceptación del tema de investigación y la carta de aceptación dirigida al asesor de tesis.

### **3.8.3.2. ETAPA DE APLICACIÓN DEL INSTRUMENTO**

Se utilizó una ficha de recolección de datos, para los fines de la investigación, esta ficha se encuentra dividido en dos partes como sigue:

1. La primera tiene datos generales de los investigados, como: (sexo, edad, fecha de nacimiento y código de la radiografía).
2. La segunda en un espacio para rellenar la edad ósea de acuerdo con el método de GP y al método del software BoneXpert 3.2.0

Se llevo a cabo una revisión y análisis minucioso de cada radiografía del carpo con el propósito de determinar la edad ósea. La técnica utilizada fue: la observación detallada de la radiografía del carpo, tomando énfasis en los huesos pisiforme y piramidal que se nota la osificación a los 8 años mientras que el hueso sesamoideo aparece en niños a los 13 años y en niñas a los 11 años y siguiente fusión de los metacarpianos con las falanges proximales en niños a los 15 años 6 meses y niñas a los 14 años por último la fusión de radio y cubito ocurre en niños a los 17 años y en niñas a los 16 años, estos eventos nos permite tener una referencia del grupo de edad al que pertenece el paciente siempre en comparación con el atlas de Greulich-Pyle, viendo el tamaño de los huesos, la forma cóncava o recta de las epífisis, viendo bordes de osificación así aproximándonos

más a la edad ósea real del paciente y se adjuntó a la ficha de recolección de datos asignada por código a dicha radiografía.

A continuación, se evaluó la misma base de datos radiográficos con el software BoneXpert y se anotó los resultados de la edad ósea consignados en cada radiografía otorgada por BoneXpert a la sección de la ficha de recolección de datos correspondiente.

### **3.9. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS**

No requiere validación por ser una Ficha de Recolección de Datos.

Se usó un instrumento conformado por dos métodos, el de Greulich - Pyle y BoneXpert, ambos usados con anterioridad en muchos estudios de estimación de madurez ósea. Por sus usos previos estos métodos, poseen una validez por sí misma, y no requieren validación.

El programa "BoneXpert" fue validado en el año 2010 en la población norteamericana de cuatro grupos étnicos: niños caucásicos, afroamericanos, hispanos y asiáticos en el atlas Greulich Pyle en el rango de edad de 2 a 17 años, lo que arroja una desviación estándar de 0,42 años [0,37; 0,47] 95% confianza (29). Vemos que estos estudios cubren el rango de edad ósea de 0 a 17 años para los hombres y de 0 a 15 años para las mujeres, la clasificación automatizada de la edad ósea ahora es tan precisa que la desviación observada de una clasificación manual única está dominada por la desviación estándar de las clasificaciones manuales, la concordancia entre BoneXpert y la referencia (la calificación manual promedio) actualmente cuenta con un error RMS de 0,45 (7).

### **3.10. PRUEBA PILOTO**

Se realizó en el 10% de la muestra, con un total de 10 radiografías carpales con características similares a la población de estudio, en presencia del asesor, con la finalidad de reconocer las falencias, obstáculos y calcular el tiempo de duración de la ficha de recolección de datos.

### **3.11. CALIBRACIÓN**

Para garantizar la validez de los resultados del presente estudio, es imperante el grado de acuerdo entre los examinadores y entre las medidas de un mismo examinador, esto exige un adecuado conocimiento y entrenamiento práctico, habilidad y visión a fin de que se opte por los mismos criterios ya que en su mayoría las variables de salud son en cierta forma subjetivas y es por esto que hay un sesgo de variabilidad.

A fin de realizar el análisis de concordancia intraexaminador se evaluó todas las radiografías de la prueba piloto en un lapso de tiempo de tres fechas Inter diarias sin posibilidad a absolver dudas y en condiciones similares de trabajo.

En cuanto a la concordancia interexaminador, se realizó una contrastación de resultados entre el calibrador y el examinador, para lo cual se utilizó el porcentaje de concordancia kappa de Cohen, siendo este como mínimo el 80% para su uso adecuado del proyecto. (ver anexo G)

### **3.12. PLAN DE ANÁLISIS DE DATOS**

Se creó una base de datos utilizando la información registrada en las fichas de recolección de datos de los pacientes incluidos en el estudio. Posteriormente, se llevó a

cabo un análisis estadístico de las frecuencias correspondientes, presentando los resultados en forma de tablas.

La correlación entre la edad cronológica y la edad ósea, determinada mediante el método manual “Greulich y Pyle” versus el método radiológico “BoneXpert” se realizó mediante el coeficiente de correlación de Pearson y para la concordancia se utilizó el análisis de Bland-Altman para muestras relacionadas, considerando la ausencia de significación como indicativa de concordancia entre los métodos.

Los datos fueron procesados y analizados. Con la información obtenida de la tabulación y el procesamiento, se procedió a analizarlos según los objetivos establecidos. A partir de este análisis, se llevó a cabo la interpretación, discusión y formulación de conclusiones y una serie de recomendaciones.

Se procesó los datos mediante el uso del paquete estadístico SPSS 27.0 en español.

HIPÓTESIS A SER PROBADA	HIPÓTESIS NULA	NIVEL DE SIGNIFICANCIA	PRUEBA ESTADÍSTICA
Existe correlación entre el método de Greulich y Pyle y el BoneXpert	No existe correlación entre el método de Greulich y Pyle y el BoneXpert	P<0.05	Coefficiente de correlación de Pearson

Fuente: Elaboración propia

### **3.13. ASPECTOS ÉTICOS**

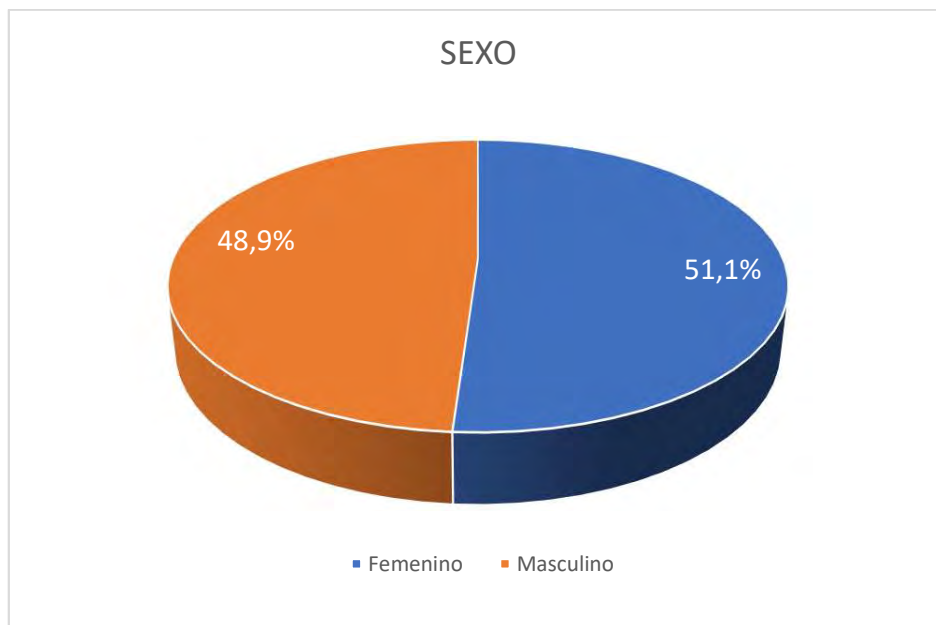
En este estudio no fue necesario obtener el consentimiento informado de los participantes, la justificación a esta decisión fue a la ausencia de procedimientos invasivos que pudieran representar algún riesgo para ellos.

La autora del estudio declara que no existen conflictos de intereses relacionados con este proyecto. Además, los permisos necesarios se obtuvieron de la dirección del Centro Radiológico Ceres para la recolección de datos. Los datos recopilados se mantuvieron confidenciales, y solo se utilizaron los datos esenciales, fueron expuestos los datos necesarios para la evaluación de la edad ósea por parte del experto y del tesista.

## CAPITULO IV: RESULTADOS

### 4.1. RESULTADOS GENERALES

**Gráfico 1.** Distribución porcentual del sexo en pacientes.



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: Del total de 92 participantes se observa una muestra homogénea en cuanto al sexo, 47 participantes del estudio son del sexo femenino, mientras 45 son del sexo masculino representando el 51,1% y 48,9% del total respectivamente.



**Tabla 1.** Media de la Edad Cronológica y Edad Ósea mediante métodos de Greulich y Pyle y BoneXpert en años.

	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>
<b>Edad Cronológica (años)</b>	12,22	2,31
<b>Edad Ósea por Greulich y Pyle (años)</b>	12,22	2,78
<b>Edad Ósea por BoneXpert (años)</b>	12,43	2,70
<b>Total</b>	<b>n=92</b>	

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se observa en la tabla 1 que la edad media de la edad cronológica en años de los participantes de este estudio fue de 12,22 años con una desviación estándar de 2,31 años, la media de la edad ósea hallada por el método de Greulich y Pyle fue de 12,22 años con una desviación estándar de 2,78 años, mientras que la media de la edad ósea obtenida mediante el método automatizado BoneXpert fue de 12,43 años con desviación estándar 2,7 años.

Tabla 2 Media de la Edad Cronológica por sexo.

<b>Método en años</b>	<b>Femenino (n=47)</b>		<b>Masculino (n=45)</b>	
	Media	Desviación Estándar	Media	Desviación Estándar
<b>Edad Cronológica</b>	12,18	2,06	12,27	2,57

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: La media de la edad cronológica en niñas es de 12,18 años con una desviación estándar de 2,06 años en tanto para los niños dicha edad media es de 12,27 años con una desviación estándar de 2,57 años. Resultando ambos grupos de genero con una gran similitud en las medias de edad, con la única diferencia de una mayor desviación estándar en la muestra de sexo masculino.

## 4.2. RESULTADOS RESPECTO A LOS OBJETIVOS ESPECIFICOS

Tabla 3: Media de la edad ósea según método de Greulich-Pyle por sexo.

Método en años	Femenino (n=47)		Masculino (n=45)	
	Media	Desviación Estándar	Media	Desviación Estándar
<b>Edad Ósea por Greulich-Pyle</b>	12,43	2,27	11,99	3,24

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la tabla presentada, la media de la edad ósea según el método de Greulich-Pyle es de 12,43 años en niñas con una desviación estándar de 2,27 años a la vez que en niños la media es de 11,99 años con una desviación estándar de 3,24 años, consiguiendo consistentemente una mayor desviación estándar en el género masculino.

Tabla 4. Media de la Edad Ósea según método de BoneXpert por sexo.

<b>Método en años</b>	<b>Femenino (n=47)</b>		<b>Masculino (n=45)</b>	
	Media	Desviación Estándar	Media	Desviación Estándar
<b>Edad Ósea por BoneXpert</b>	12,62	2,38	12,28	3,00

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se observa en la tabla 4, la media de la edad ósea en niñas según el método de BoneXpert es de 12,62 años con una desviación estándar de 2,38 años en tanto en niños la media es de 12,28 años con una desviación estándar de 3,00 años, consiguiendo un aumento en la desviación estándar en el género femenino y una disminución en el género masculino respecto al anterior método de evaluación.

Tabla 5: Coeficiente de correlación de Pearson (R) entre la edad cronológica y edad ósea según método Greulich-Pyle por sexo

<b>Género</b>	<b>Total</b>	<b>Edad cronológica vs Greulich-Pyle</b>
<b>Masculino</b>	45	R=0,953
<b>Femenino</b>	47	R=0,917

Nivel de significancia:  $p < 0,001$ . Fuente: Elaboración propia

Interpretación: A la aplicación del coeficiente de correlación de Pearson, se demostró que existe una correlación significativa y muy alta entre la edad cronológica y la edad ósea obtenida mediante el método de Greulich y Pyle tanto para niños como para niñas, obteniendo un  $R=0,953$  y  $R=0,917$ , respectivamente.

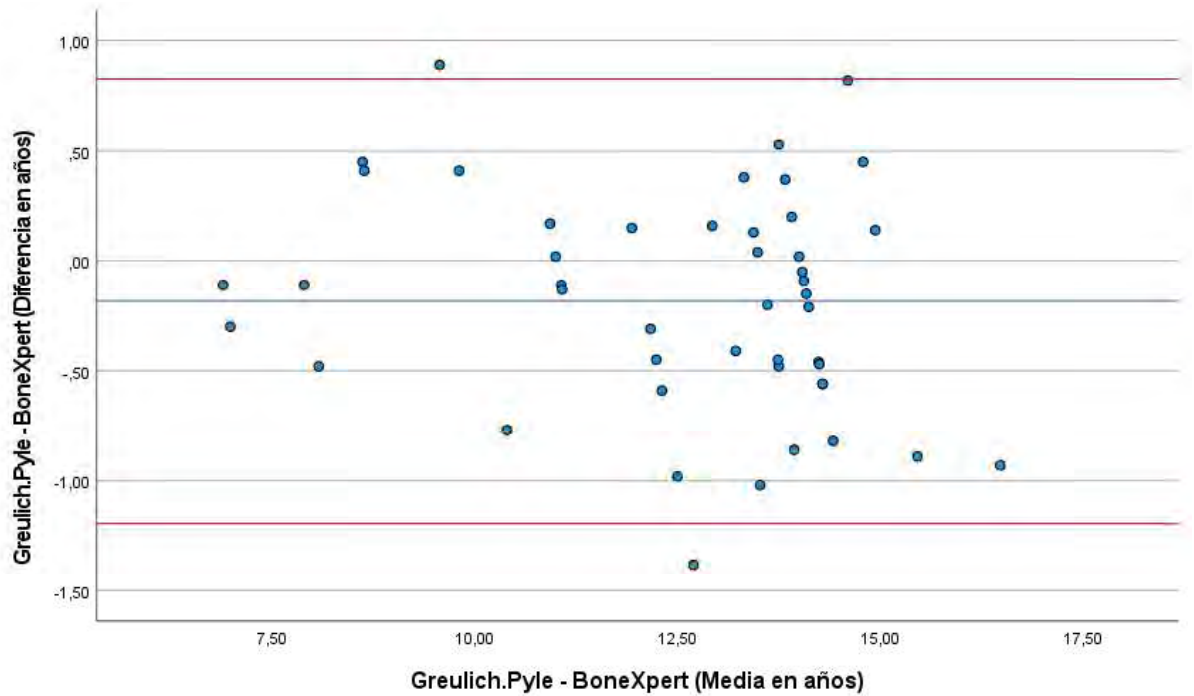
Tabla 6: Coeficiente de correlación de Pearson (R) entre la edad cronológica y edad ósea según método BoneXpert por sexo

<b>Género</b>	<b>Total</b>	<b>Edad cronológica vs BoneXpert</b>
<b>Masculino</b>	45	R=0,955
<b>Femenino</b>	47	R=0,933

Nivel de significancia:  $p < 0,001$ . Fuente: Elaboración propia

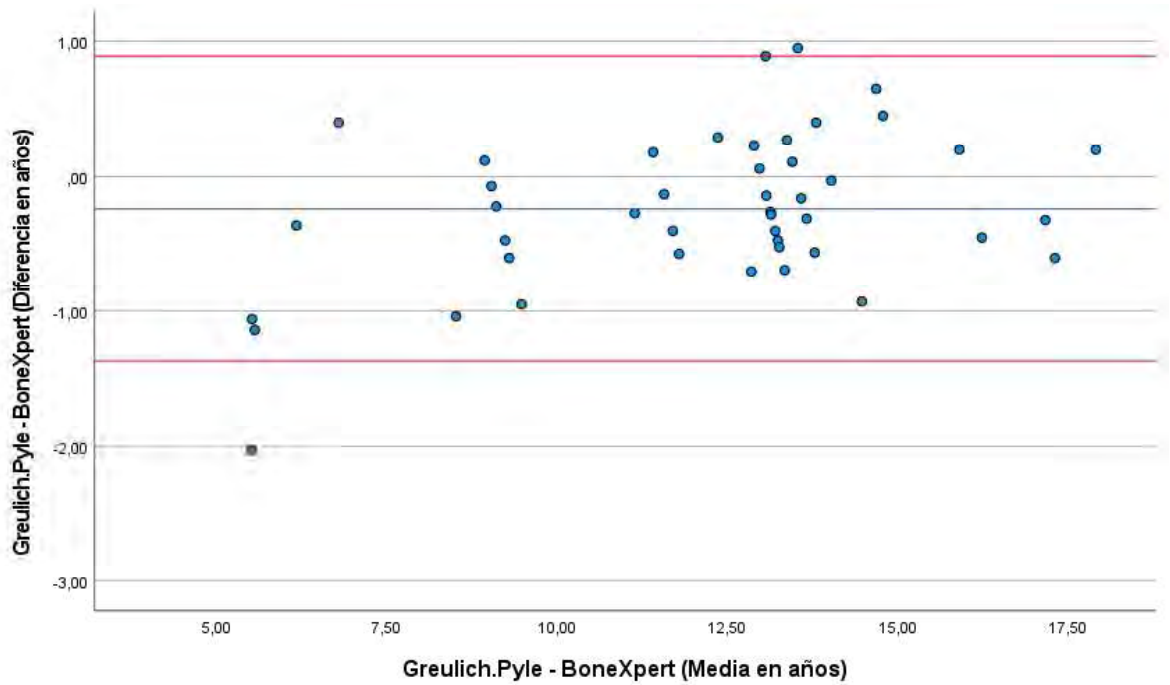
Interpretación: posterior a la aplicación del coeficiente de correlación de Pearson, se evidencio de igual forma que existe una correlación significativa y muy alta entre la edad cronológica y la edad ósea obtenida mediante el método de BoneXpert tanto para niños como para niñas, obteniendo un  $R=0,955$  y  $R=0,933$ , respectivamente, coeficientes ligeramente superiores a la correlación entre la edad cronológica y la edad ósea según Greulich-Pyle.

Gráfico 2 Bland-Altman concordancia entre la edad ósea según los métodos de Greulich-Pyle y BoneXpert en niñas.



Interpretación: En la prueba de Bland-Altman para reconocer la tasa de concordancia entre los dos métodos. En caso de las niñas, ambos métodos fueron altamente concordantes con datos que van en promedio desde los 6 años hasta los 17 años, con la presencia de datos atípicos cerca a los 10 años y 12,5 años aproximadamente.

Gráfico 3 Bland-Altman concordancia entre la edad ósea según los métodos de Greulich-Pyle y BoneXpert en niños.



Interpretación: En el gráfico de Bland-Altman se describe en caso de los niños una alta concordancia entre ambos métodos, con datos que van desde los 6 años hasta los 17,5 años aproximadamente, con la presencia de un dato atípico cerca a los 6 años que muestra una discordancia de aproximadamente -2.00 años, siendo este caso la mayor discordancia de todo el estudio.



### 4.3. RESULTADOS RESPECTO AL OBJETIVO GENERAL

Tabla 7. Coeficiente de correlación de Pearson (R) por sexo.

<b>Género</b>	<b>Total</b>	<b>Greulich-Pyle vs BoneXpert</b>
<b>Masculino</b>	45	R=0,986
<b>Femenino</b>	47	R=0,978

Nivel de significancia:  $p < 0,001$ . Fuente: Elaboración propia

Interpretación: a la determinación de la correlación mediante la prueba estadística de Pearson, se corroboró la existencia de una correlación significativa y muy alta entre la edad ósea obtenida mediante ambos métodos tanto para niños como para niñas, obteniendo un  $R=0,986$  y  $R=0,978$  respectivamente, siendo las correlaciones más altas obtenidas en el presente estudio. Todas estas correlaciones significativas al nivel  $p < 0,001$ .

## CAPITULO V: DISCUSIÓN Y COMENTARIOS

Son pocos los trabajos actuales realizados en nuestro país dirigidos a comparar nuevos métodos y técnicas para valorar la edad ósea a través de radiografías carpales, siendo el indicador más confiable. El método Greulich-Pyle se ha utilizado durante muchas décadas y se considera una herramienta importante para evaluar el desarrollo óseo de niños y adolescentes por su factibilidad. A pesar de su amplia aplicabilidad, se viene informado que el método de Greulich-Pyle presenta una gran variabilidad interobservador, desventaja que es superada por nuevos métodos como el BoneXpert. En la odontología, y sobre todo en la especialidad de ortodoncia, obtener la edad ósea es importante a fin de proporcionarnos datos para realizar intervenciones de forma acertada y asegurar el éxito terapéutico (1), la necesidad de comparar estos métodos permite determinar de forma confiable y rápida la edad ósea, así como beneficios adicionales de la inteligencia artificial para predecir la altura final del paciente o evaluar el índice de salud ósea; esto simplificaría el diagnóstico y posibilitaría un tratamiento integral e interceptivos para los pacientes, sobre todo de aquellos de bajos recursos. Los resultados del presente estudio muestran lo siguiente:

En los datos generales obtenidos en este estudio, los porcentajes de género concuerdan con los de la muestra del estudio de **Artioli T.** (13) quien utilizo en su trabajo muestra homogénea de 49.1% de niños y 50,8% de niñas (13). En cambio, **Pose G.**, trabajo con una muestra en la cual 61,8% fueron del sexo femenino y 38,2% fueron del sexo masculino (16). Lo que podría ser un factor importante en la similitud de resultados obtenidos en la correlación y la concordancia con nuestro estudio.

La media de la edad cronológica y de la edad ósea mediante métodos de Greulich y Pyle y BoneXpert de nuestro estudio fueron mayores a los del estudio de **Acosta S. (17)** que obtuvo una media de edad cronológica de 10,75 años y la media de la edad ósea por Greulich-Pyle es de 10,75 años, esta diferencia en la media de la edad puede deberse a la cantidad de muestra obtenida por Acosta de 249 participantes en comparación a los 92 participantes de nuestra muestra, el lugar de recolección y el tipo de muestreo. A su vez las medias de las edades cronológicas por sexo guardan mayor similitud con los resultados de **Artioli T. (13)** que obtuvo la media de edad cronológica para niños de 11,2(3,2) años y en niñas 11,2(3,1) años.

En los resultados que obtiene **Artioli T. (13)** se muestran una media de la edad ósea según método Greulich-Pyle en niños de 11,3(3,9) y en niñas de 11,9(3,5) años y la media de la edad ósea según método BoneXpert en niños de 10,8(4,0) mientras que en niñas de 11,2(3,7) años, no se encontró diferencias significativas en comparación al presente estudio entre las medias la edad ósea determinada por ambos métodos, esta similitud puede deberse a una semejanza en las características de porcentajes en edad y sexo de muestra entre ambos estudios, con la única peculiaridad de una mayor desviación estándar en el estudio de Artioli de 3,8 años aproximadamente que puede originarse por la mayor cantidad y distribución de datos.

Podemos observar que existe una correlación positiva y significativa entre la edad cronológica y la edad ósea según Greulich-Pyle en niños de 0,953 y en niñas de 0,917 lo que demuestra que existe una relación directamente proporcional, así mismo la correlación entre edad cronológica y la edad ósea según el método de BoneXpert es

significativa con 0,955 y 0,933 en niños y niñas respectivamente, quiere decir que existe una asociación positiva entre el método BoneXpert y la edad cronológica.

La comparación entre ambos métodos Greulich-Pyle y BoneXpert es de 0,986 y 0,978 en niños y niñas respectivamente por lo que dicha correlación es altamente positiva y significativa, estos resultados son semejantes con **Acosta S.** (17) respecto al coeficiente de calificación de Pearson se observa que existe una alta correlación positiva y significativa de 0.93 entre la edad cronológica y la edad ósea según el método de Greulich – Pyle en cuanto al trabajo de **Artioli T.** (13) encontró coeficientes de correlación entre la edad cronológica y Greulich-Pyle de 0,948 en niños y 0,956 en niñas, entre la edad cronológica y BoneXpert con un valor de 0,955 en niños y 0,952 en niñas y quien menciona que existe una alta correlación independiente del género entre las edades óseas por ambos métodos Greulich-Pyle y BoneXpert con coeficientes de 0.975 en niños y 0,082 en niñas. Del mismo modo los resultados obtenidos en la presente investigación son similares a los de **Pose G.** (16) quien encontró que existe una alta correlación positiva entre el método Greulich-Pyle y BoneXpert de 0,93, estos resultados sugieren de forma consistente que los métodos son fidedignos para determinar la edad ósea en los pacientes lo que indica que ambos tendrían la misma eficacia en la determinación de la edad ósea debido a que BoneXpert es un software entrenado con una base de datos amplio con distintas etnias alrededor del mundo e incluyendo una gama de enfermedades.

Para la concordancia en las gráficas de Bland-Altman, se observa en niñas que el método manual de Greulich-Pyle y el uso del software BoneXpert resultaron en altamente concordantes con una pequeña discordancia cerca a los 12,5 años, este

hallazgo parece estar relacionados con el inicio de la pubertad y presencia de hueso sesamoideo (13); al igual que en el grafico 3, ambos métodos fueron altamente concordantes en los niños con una única discordancia cercana a la edad de 6 años, esta discordancia se genera por el retraso en el desarrollo de los huesos del carpo, observándose predominantemente en niños más jóvenes de 5 a 8 años (13), estos resultados son similares a los encontrados por **Artioli T.** (13) quien afirma que la concordancia entre ambos métodos es altamente concordante y con valores discordantes en edades peri puberales aproximadamente a los 10 años, a su vez **Maratova K.** (14) encontró una concordancia clínicamente confiable entre la evaluación manual y mediante el software (14), en tanto **Martin D.** (7) en su estudio muestra alta concordancia entre la calificación manual y el software con algunos valores atípicos que son más frecuentes en el rango de 7 a 12 años, la similitud de estos resultados pueden deberse a que el análisis automatizado por computadora no utiliza la presencia de hueso sesamoideo para determinar la edad ósea, y cuando calificamos esta edad ósea mediante el método Greulich-Pyle, existe una tendencia a sobrestimar la edad ósea mediante la observación del hueso sesamoideo, a su vez **Pose G.** (16) encontró alta concordancia y baja variabilidad entre el análisis de la lectura manual con el automatizado. Estas similitudes se pueden deber a la muestra homogénea y a la semejanza del grupo poblacional pertenecientes al mismo continente.

En este estudio una de las principales novedades es que BoneXpert es un método independiente del observador, y el factor que determina la diferencia entre Greulich-Pyle y BoneXpert es en edades peri puberales aproximadamente a los 10 años, esto debido a que el análisis automático no utiliza la presencia del hueso sesamoideo para clasificar

la edad ósea, por el contrario, cuando se califica la edad ósea por Greulich-Pyle, existe una tendencia a sobreestimar la edad ósea mediante la identificación de la calcificación del sesamoideo, resultando la clasificación de la edad ósea a la siguiente etapa de desarrollo. Esto se puede evitar observando la etapa de desarrollo de todos los huesos de la mano.

El otro factor importante que genera discordancia es en niños de 5 y 7 años aproximadamente por el crecimiento asincrónico en los huesos del carpo ya que se encuentran retrasadas predominantemente. Esta variación afecta el método Greulich-Pyle mas no al método BoneXpert, ya que no lee huesos del carpo para determinar la edad ósea.

## **CAPITULO VI: CONCLUSIONES**

Primera: La media de la edad ósea estimada según el método de Greulich-Pyle por sexo fue de 12,43 años en niñas y de 11,99 años en niños.

Segunda: La media de la edad ósea estimada según el método de BoneXpert por sexo fue de 12,62 años en niñas y de 12,28 años en niños.

Tercera: Existe correlación positiva y significativa entre la edad cronológica y la edad ósea obtenida por el método de Greulich-Pyle tanto en niños y niñas de 0,953 y 0,917 respectivamente.

Cuarta: Existe correlación positiva y significativa entre la edad cronológica y la edad ósea obtenida por el método de BoneXpert tanto en niños y niñas de 0,955 y 0,933 respectivamente.

Quinta: Existe concordancia entre los métodos de estimación de edad ósea Greulich-Pyle y BoneXpert.

Sexta: Existe relación significativa y positiva al comparar los métodos de Greulich-Pyle y BoneXpert en la estimación de la edad ósea de los pacientes,  $p < 0.001$  y  $R = 0.986$  y  $R = 0,978$  en niños y niñas respectivamente.

## **CAPITULO VII: SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES**

De acuerdo con los resultados obtenidos en la presente investigación se proponen las siguientes sugerencias:

1. Realizar estudios posteriores utilizando radiografías carpales ampliando el rango de edad y el tamaño de la muestra, para evaluar con mayor precisión la edad ósea por ambos métodos en nuestra población.

2. Elaborar un estudio general de edad ósea que implique las etapas necesarias entre la niñez y la adolescencia, con la finalidad de elaborar un estándar de evaluación para nuestra población.

3. Elaborar estudios con BoneXpert que incorporen otros grupos étnicos específicos con diversas ubicaciones geográficas para ver como estas variables puedan afectan la edad ósea.

4. Para la clínica de la facultad de odontología, destacar la importancia en la investigación y la necesidad de implementar el software BoneXpert así como nuevas tecnologías asequibles y de utilización sencilla a fin de realizar un diagnóstico y tratamiento integral a los pacientes infantiles y adolescentes.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. González García Luis A, Yudovich Burak Manuel, Aguilar Saavedra María de la Paz. Tratamiento ortopédico-ortodóncico en pacientes con crecimiento vertical y mordida abierta, caso clínico. Rev. Odont. Mex [revista en la Internet]. 2010 [citado 2024 Abril 09] ; 14( 3 ): 168-176. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-199X2010000300168&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-199X2010000300168&lng=es).
2. Ontell FK, Ivanovic M, Ablin DS, Barlow TW. Bone age in children of diverse ethnicity. AJR Am J Roentgenol. diciembre de 1996;167(6) [citado 2023 Octubre 07]:1395-8. doi: 10.2214/ajr.167.6.8956565
3. van Rijn RR, Lequin MH, Robben SG, Hop WC, van Kuijk C. Is the Greulich and Pyle atlas still valid for Dutch Caucasian children today? Pediatr Radiol. 2001 oct;31(10)[citado 2023 Octubre 09]:748-52. doi: 10.1007/s002470100531. PMID: 11685448.
4. Jiménez PH, Ortega-Pertuz AI, Quevedo-Piña M, Scholtz IL de. Métodos radiográficos para la valoración del desarrollo en el paciente ortodóncico: aplicabilidad y limitaciones. Revista de la Facultad de Odontología. 14 de agosto de 2023;16(1):33-43. doi: [10.30972/rfo.1616806](https://doi.org/10.30972/rfo.1616806)
5. Albiach V. Regulación del crecimiento postnatal. En: Pombo M, editor. Tratado de Endocrinología Pediátrica. 3era edición España: McGraw –Hill- Interamericana; 2002. p. 233-42.
6. FAPap - Valoracion-y-utilidad-de-la-edad-osea-en-la-practica-clinica [Internet]. [citado 19 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://fapap.es/articulo/180/valoracion-y-utilidad-de-la-edad-osea-en-la-practica-clinica>
7. Martin DD, Calder AD, Ranke MB, Binder G, Thodberg HH. Accuracy and self-validation of automated bone age determination. Scientific Reports. [Internet]. 2022 [citado 24 de septiembre de 2023];12(1):6388. Doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-10292-y>

8. Pombo M, Castro-Feijóo L, Cabanas Rodríguez P. El niño de talla baja. *Protocolo diagnóstico pediátrico*. [Internet]. 2011;1:236-54. Disponible en: [https://medicas.com.pe/descargas/nino\\_talla\\_baja.pdf](https://medicas.com.pe/descargas/nino_talla_baja.pdf)
9. Nuñez C, Gómez A. Hipocrecimiento de origen nutricional y por enfermedades crónicas. En: Pombo M, editor. *Tratado de Endocrinología Pediátrica*. 3era edición. España: McGraw –Hill Interamericana; 2002; p. 295-303.
10. de Groot CJ, van den Berg A, Ballieux BEPB, Kroon HM, Rings EHHM, Wit JM, van den Akker ELT. Determinants of Advanced Bone Age in Childhood Obesity. *Horm Res Paediatr* [Internet]. 2017; [citado 25 de septiembre de 2023]; 87(4):254-263. doi: 10.1159/000467393. Epub 2017 Mar 31. PMID: 28365712; PMCID: PMC5637288.
11. Puma GM. Inteligencia artificial para la evaluación de la edad ósea en niños: Una revisión narrativa [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina, Escuela Profesional de Tecnología Médica; 2023. Recuperado a partir de: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/19551>
12. Proffit WR, Fields HW, Larson BE, Sarver DM. *Contemporary orthodontics*. 6th ed. Philadelphia, Pa Elsevier; 2019.
13. Artioli TO, Alvares MA, Carvalho Macedo VS, et al. Determinación de la edad ósea en niños y adolescentes brasileños eutróficos, con sobrepeso y obesos: una comparación entre los métodos computarizados BoneXpert y Greulich-Pyle. *Radiología Pediátrica*. [Internet]. 2019; [citado 21 de septiembre de 2023] 49(9):1185-1191. DOI: 10.1007/s00247-019-04435-z. PMID: 31152212.
14. Maratova K, Zemkova D, Sedlak P, Pavlikova M, Amaratunga SA, Krasnicanova H, et al. A comprehensive validation study of the latest version of BoneXpert on a large cohort of Caucasian children and adolescents. *Front Endocrinol (Lausanne)*. [Internet]. 24 de marzo de 2023; [citado 22 de septiembre de 2023]; 14:1130580. doi: 10.3389/fendo.2023.1130580
15. Oza C, Khadilkar AV, Mondkar S, Gondhalekar K, Ladkat A, Shah N, et al. A comparison of bone age assessments using automated and manual methods in

- children of Indian ethnicity. *Pediatr Radiol.* [Internet]. octubre de 2022; [citado 27 de septiembre de 2023]; 52(11):2188-96. doi: 10.1007/s00247-022-05516-2
16. Pose Lepe Georgette, Villacrés Fabián, Silva Fuente-Alba Claudio, Guiloff Stefan. Correlación en la determinación de la edad ósea radiológica mediante el método de Greulich y Pyle versus la evaluación automatizada utilizando el software BoneXpert. *Rev. niño. pediatra.* [Internet]. 2018 octubre [citado 09 de septiembre 2023]; 89(5): 606-611. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-41062018000500606&lng=es](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-41062018000500606&lng=es). <http://dx.doi.org/10.4067/S0370-41062018005000705>.
17. Acosta SE. Evaluación de la edad cronológica y de la edad ósea determinada por los métodos de Greulich-Pyle y Tanner en niñas y adolescentes de edades comprendidas entre 4 y 17 años en el servicio de radiología de Hospital P.N.P Luis N. Sáenz en el periodo marzo a diciembre del 2006. Repositorio de Tesis - UNMSM [Internet]. 2013 [citado 10 de agosto de 2023]; Disponible en: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/9706>
18. Radiografía: Estudio de la edad ósea (para Padres) - Nemours KidsHealth [Internet]. [citado 11 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://kidshealth.org/es/parents/xray-bone-age.htmlx>
19. Navarro MM, Tejedor BM, López Sigüero JP. El uso de la edad ósea en la práctica clínica. *An Pediatr Contin.* [Internet]; 1 de noviembre de 2014; [citado 10 de agosto de 2023]; 12(6): 275-83. doi: 10.1016/S1696-2818(14)70204-5
20. Krenzer U. Compendio de métodos antropológico-forenses para la reconstrucción del perfil osteo-biológico. 1ra Ed. Guatemala: Centro de Análisis Forense y Ciencias Aplicadas; 2006. (Serie de Antropología Forense; vol. Tomo III).
21. Kirschneck C, Proff P. Age assessment in orthodontics and general dentistry. *Quintessence Int.* [Internet]; ; [citado 15 de agosto de 2023]; 2018;49(4): 313-23. doi: 10.3290/j.qi. a39960
22. Valverde AP, Arriola Guillén LE. Aparición de los estadios de maduración esquelética en escolares con sobrepeso y nutrición adecuada. *Revista*

- Estomatológica Herediana [Internet]. 2jul.2014 [citado 22nov.2023];21(4):190. Available from: <https://revistas.upch.edu.pe/index.php/REH/article/view/165>
23. Giordano D, Spampinato C, Scarciolo G, Leonardi R. An Automatic System for Skeletal Bone Age Measurement by Robust Processing of Carpal and Epiphysial/Metaphysial Bones. *Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on*. [Internet]; 1 de noviembre de 2010; [citado 19 de agosto de 2023]; 59: 2539-53. doi: 10.1109/TIM.2010.2058210
  24. Greulich WW, Pyle SI. Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist: 1st Ed. Stanford, California. Stanford University Press, 1950.
  25. Dahlberg PS, Mosdøl A, Ding Y, Bleka Ø, Rolseth V, Straumann GH, et al. A systematic review of the agreement between chronological age and skeletal age based on the Greulich and Pyle atlas. *Eur Radiol*. [Internet]; junio de 2019; [citado 15 de agosto de 2023]; 29(6):2936-48. doi: 10.1007/s00330-018-5718-2
  26. Thodberg HH. An Automated Method for Determination of Bone Age. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. [Internet]; 1 de julio de 2009; [citado 17 de agosto de 2023]; 94(7): 2239-44. doi: 10.1210/jc.2008-2474
  27. Manzoor Mughal A, Hassan N, Ahmed A. Bone age assessment methods: a critical review. *Pak J Med Sci*. [Internet]; 2014 Jan; [citado 15 de agosto de 2023]; 30(1):211-5. doi: 10.12669/pjms.301.4295. PMID: 24639863; PMCID: PMC3955574.
  28. Mansourvar M, Ismail MA, Herawan T, Gopal Raj R, Abdul Kareem S, Nasaruddin FH. Automated Bone Age Assessment: Motivation, Taxonomies, and Challenges. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*. [Internet]; 16 de diciembre de 2013; [citado 16 de agosto de 2023]; 2013 e391626. Doi: 10.1155/2013/391626
  29. Thodberg HH, Kreiborg S, Juul A, Pedersen KD. The BoneXpert Method for Automated Determination of Skeletal Maturity. *IEEE Transactions on Medical Imaging*. [Internet]; enero de 2009; [citado 20 de agosto de 2023]; 28(1):52-66. doi: 10.1109/TMI.2008.926067
  30. Thodberg HH, Säwendahl L. Validation and Reference Values of Automated Bone Age Determination for Four Ethnicities. *Academic Radiology*. [Internet]; 1 de

- noviembre de 2010; [citado 17 de agosto de 2023]; 17(11): 1425-32.doi: 10.1016/j.acra.2010.06.007
31. Martin DD, Heil K, Heckmann C, Zierl A, Schaefer J, Ranke MB, et al. Validation of automatic bone age determination in children with congenital adrenal hyperplasia. *Pediatr Radiol*. [Internet]; 1 de diciembre de 2013; [citado 1 de setiembre de 2023]; 43(12): 1615-21.doi: 10.1007/s00247-013-2744-8
  32. Anink J, Nusman CM, van Suijlekom-Smit LW, van Rijn RR, Maas M, van Rossum MA. Automated determination of bone age and bone mineral density in patients with juvenile idiopathic arthritis: a feasibility study. *Arthritis Research & Therapy*. [Internet]. 27 de agosto de 2014; [citado 1 de setiembre de 2023]; 16(4): 424.doi: 10.1186/s13075-014-0424-1
  33. Martin DD, Meister K, Schweizer R, Ranke MB, Thodberg HH, Binder G. Validation of automatic bone age rating in children with precocious and early puberty. [Internet]; 1 de diciembre de 2011; [citado 2 de setiembre de 2023]; 24(11-12): 1009-14.doi: 10.1515/JPEM.2011.420
  34. What is Bone Age? [Internet]. *BoneXpert*. 2019 [citado 24 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://bonexpert.com/what-is-bone-age/>
  35. van Rijn RR, Lequin MH, Thodberg HH. Automatic determination of Greulich and Pyle bone age in healthy Dutch children. *Pediatr Radiol*. [Internet]; 1 de junio de 2009; [citado 29 de agosto de 2023]; 39(6):591-7. Doi: 10.1007/s00247-008-1090-8
  36. Thodberg HH, van Rijn RR, Jenni OG, Martin DavidD. Automated determination of bone age from hand X-rays at the end of puberty and its applicability for age estimation. *Int J Legal Med*. [Internet]; 1 de mayo de 2017; [citado 28 de agosto de 2023]; 131(3): 771-80.doi: 10.1007/s00414-016-1471-8
  37. Thodberg HH, Thodberg B, Ahlkvist J, Offiah AC. Autonomous artificial intelligence in pediatric radiology: the use and perception of BoneXpert for bone age assessment. *Pediatr Radiol*. [Internet]; 1 de junio de 2022; [citado 24 de agosto de 2023]; 52(7):1338-46. doi: 10.1007/s00247-022-05295-w. Epub 2022 Feb 28. PMID: 35224658; PMCID: PMC9192461.

38. Alvarado AM, Salazar ÁM. Análisis del concepto de envejecimiento. Aging concept analysis [Internet]. 2014 [citado 22 de noviembre de 2023]; Disponible en: <https://intellectum.unisabana.edu.co/handle/10818/47625>
39. Mosby. *Diccionario Mosby Pocket de Medicina, Enfermería Y Ciencias de La Salud*. 6ta Ed. Barcelona, Elsevier, 2010.
40. Subtelny JD. Early Orthodontic Treatment. 1ra Ed. Quintessence Publishing (IL); 2000. Pag. 265
41. Potchen EJ, Koehler PR, Davis DO. *Diagnóstico radiológico*. 1a. ed. Barcelona. Salvat. 1981.
42. Liliequist B, Lundberg M. Desarrollo esquelético y dental: una investigación metodológica. *Diagnóstico Acta Radiológica*. [Internet]; 1971; [citado 22 de octubre de 2023]; 11(2):97-112. doi: 10.1177/028418517101100201
43. Rakosi T, Jonas I. Atlas de ortopedia maxilar: diagnóstico. 1ra Ed. Barcelona: Masson-Salvat; 1992.
44. Jacobi CA, Paris DQ. Manual de tecnología radiológica. Buenos Aires, Arg.: El Ateneo; 1992.
45. Vellini F. Ortodoncia, Diagnóstico y Planificación clínica. 2da. ed. Sao Paulo: Artes Médicas; 2004.
46. Rouviere H, Delmas A. Anatomía humana: descriptiva, topográfica y funcional. 11va ed. Barcelona: Masson; 2005.
47. Soto BB, Huacho RW. Estimación de la edad biológica, a través del método cualitativo en adolescentes masculinos y femeninos de 17 A 19 años, a partir de un estudio radiográfico de la mano izquierda, Arequipa – 2016. [Tesis de Pregrado] Arequipa. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. 2016. Recuperado a partir de: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3757>

## ANEXOS

### a) MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: “RELACIÓN ENTRE LA EDAD ÓSEA SEGÚN MÉTODOS GREULYCH - PYLE Y BONEXPERT Y EDAD CRONOLÓGICA EN RADIOGRAFÍAS CARPALES DE PACIENTES DE 8 A 17 AÑOS QUE ACUDEN AL CENTRO RADIOLÓGICO CERES, CUSCO 2019-2023”

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS Y VARIABLES	VARIABLES
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b></p> <p>¿Cuál será la relación entre la edad ósea según métodos Greulich- Pyle y Bonexpert y edad cronológica en radiografías carpales de pacientes de 8 a 17 años que acuden al centro radiológico Ceres, Cusco 2019-2023?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>Determinar la relación entre la edad ósea según métodos Greulich- Pyle y Bonexpert y edad cronológica en radiografías carpales de pacientes de 8 a 17 años que acuden al centro radiológico Ceres, Cusco 2019-2023.</p>	<p><b>HIPOTESIS GENERAL</b></p> <p>Existe una relación entre la edad ósea según los métodos Greulich- Pyle y Bonexpert y la edad cronológica, en radiografías carpales de pacientes de 8 a 17 años que acuden al centro radiológico Ceres, Cusco 2019-2023.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Variable 1:</b> Edad ósea Greulich y Pyle Bonexpert 3.2.0</li> <li>• <b>Variable 2:</b> Edad cronológica</li> <li>• <b>Covariables:</b> Sexo</li> </ul>
<p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <p>1. ¿Cuál será la edad ósea según el método de Greulich- Pyle por sexo, Cusco 2019-2023?</p> <p>2. ¿Cuál será la edad ósea según el método de</p>	<p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p>1. Estimar la edad ósea según el método de Greulich- Pyle por sexo, Cusco 2019-2023.</p> <p>2. Precisar la edad ósea según el método de BoneXpert por sexo, Cusco 2019-2023.</p>	<p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS</b></p> <p>1. La edad ósea según el método Greulich-Pyle en radiografías carpales de pacientes por sexo, tiene una precisión media.</p>	

<p>Bonexpert por sexo, Cusco 2019-2023?</p> <p>3. ¿Cuál será la relación entre la edad cronológica y ósea, según método de Greulich-Pyle por sexo, Cusco 2019-2023?</p> <p>4. ¿Cuál será la relación entre la edad cronológica y ósea, según método de Bonexpert por sexo, Cusco 2019-2023?</p> <p>5. ¿Cuál será la concordancia entre las edades óseas, según los métodos de Greulich y Pyle y Bonexpert por sexo, Cusco 2019-2023?</p>	<p>3. Establecer la relación entre la edad cronológica y ósea según método Greulich-Pyle por sexo, Cusco 2019-2023.</p> <p>4. Determinar la relación entre la edad cronológica y ósea según métodos de BoneXpert por sexo, Cusco 2019-2023.</p> <p>5. Establecer la concordancia entre la edad ósea, según los métodos de Greulich-Pyle y Bonexpert por sexo, Cusco 2019-2023.</p>	<p>2. La edad ósea según el método Bonexpert en radiografías carpales de pacientes por sexo, tiene una precisión alta.</p> <p>3. Existe relación significativa y positiva entre la edad cronológica y ósea obtenida por el método Greulich y Pyle según el sexo.</p> <p>4. Existe relación significativa y positiva entre la edad cronológica y ósea obtenida por el método BoneXpert según el sexo.</p> <p>5. Existe concordancia entre los métodos de Greulich-Pyle y Bonexpert, según el sexo.</p>	
--	--	---	--

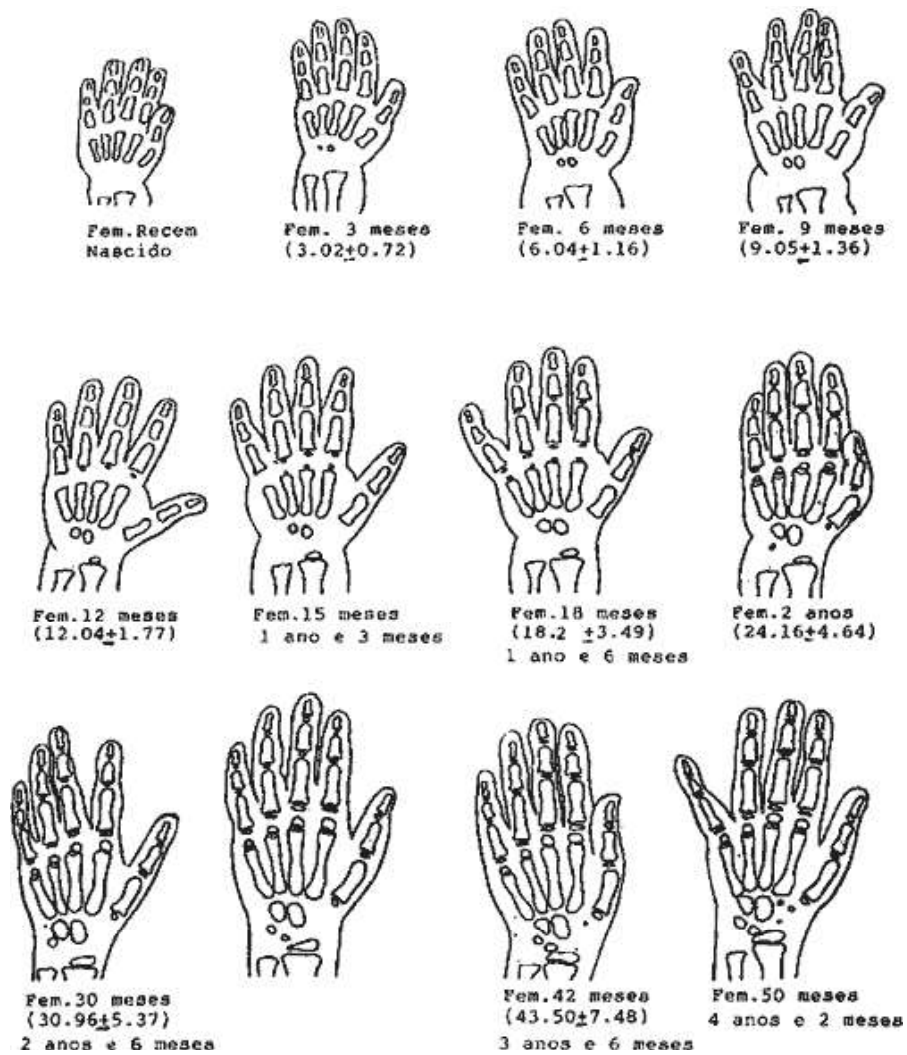


<b>JUSTIFICACION</b>	<b>METODO</b>	<b>UNIVERSO POBLACION Y MUESTRA</b>
<p>La trascendencia de esta investigación radica en la ejecución de un análisis profundo de la situación de nuestra población pediátrica, tomando especial énfasis en la relación de la edad cronológica con la edad ósea obtenida por distintos métodos y determinar su aplicabilidad en la práctica clínica.</p>	<p><b>ENFOQUE DE INVESTIGACION:</b> Enfoque cuantitativo</p> <p><b>ALCANCE DE INVESTIGACIÓN:</b> Descriptivo – Correlacional</p> <p><b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:</b> Diseño No Experimental</p> <p><b>INICIO DEL ESTUDIO EN RELACIÓN CON LA CRONOLOGÍA DE LOS HECHOS:</b> Retrospectivo</p>	<p><b>POBLACIÓN</b> El presente estudio se realizará en la sede del Centro Radiológico Ceres, con pacientes provenientes de la ciudad del Cusco.</p> <p><b>MUESTRA</b> El tipo de muestreo es no probabilístico por conveniencia, donde se eligió a aquellos que cumplían los criterios de inclusión y exclusión como sigue.</p> <p><b>TECNICAS Y INSTRUMENTOS</b> a. Recopilación Documental b. Observación de placas radiográficas carpales.</p> <p><b>METODO ESTADÍSTICO</b> La correlación entre ambos métodos (Greulich-Pyle y BoneXpert) se evaluó mediante el coeficiente de correlación de Pearson y para su concordancia se utilizó el análisis de Bland-Altman.</p>

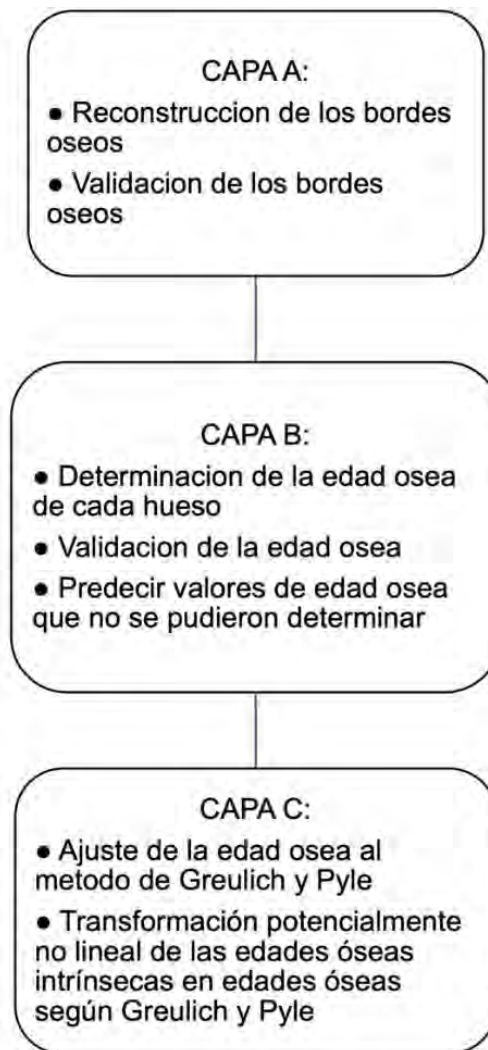
**b. Figuras**

<b>5 años - niños</b>	<b>Aparición de centro de osificación de trapecio, presencia de ganchoso</b>
<b>5 años - niñas</b>	Aparición de centro de osificación de escafoides
<b>6 años - niños</b>	Aparición de centro de osificación de escafoides
<b>8 años - niñas</b>	Aparición de centro de osificación de pisiforme, presencia de piramidal
<b>10 años - niños</b>	Aparición de centro de osificación de pisiforme, presencia de piramidal
<b>9-10 años</b>	Presencia de trapecio, trapezoide y semilunar
<b>9,5-11 años</b>	Presencia de escafoides
<b>10-12 años</b>	Aparición y fusión del gancho (hamulus)
<b>12 años</b>	Presencia de pisiforme
<b>11-15 a. - niñas</b>	Inicio de osificación de sesamoideos
<b>13-18 a. - niños</b>	Inicio de osificación de sesamoideos
<b>13,5 a. - niñas</b>	Fusión de epífisis de falanges distales
<b>16 años - niños</b>	Fusión de epífisis de falanges distales
<b>14-14,5 a. - niñas</b>	Fusión de base de metacarpo I y epífisis de falanges proximales y medias.
<b>16,5 a. - niños</b>	Fusión de base de metacarpo I y epífisis de falanges proximales y medias.
<b>14,5-15 a. - niñas</b>	Fusión de cabezas de metacarpos II-V.
<b>16,5 a. - niños</b>	Fusión de cabezas de metacarpos II-V

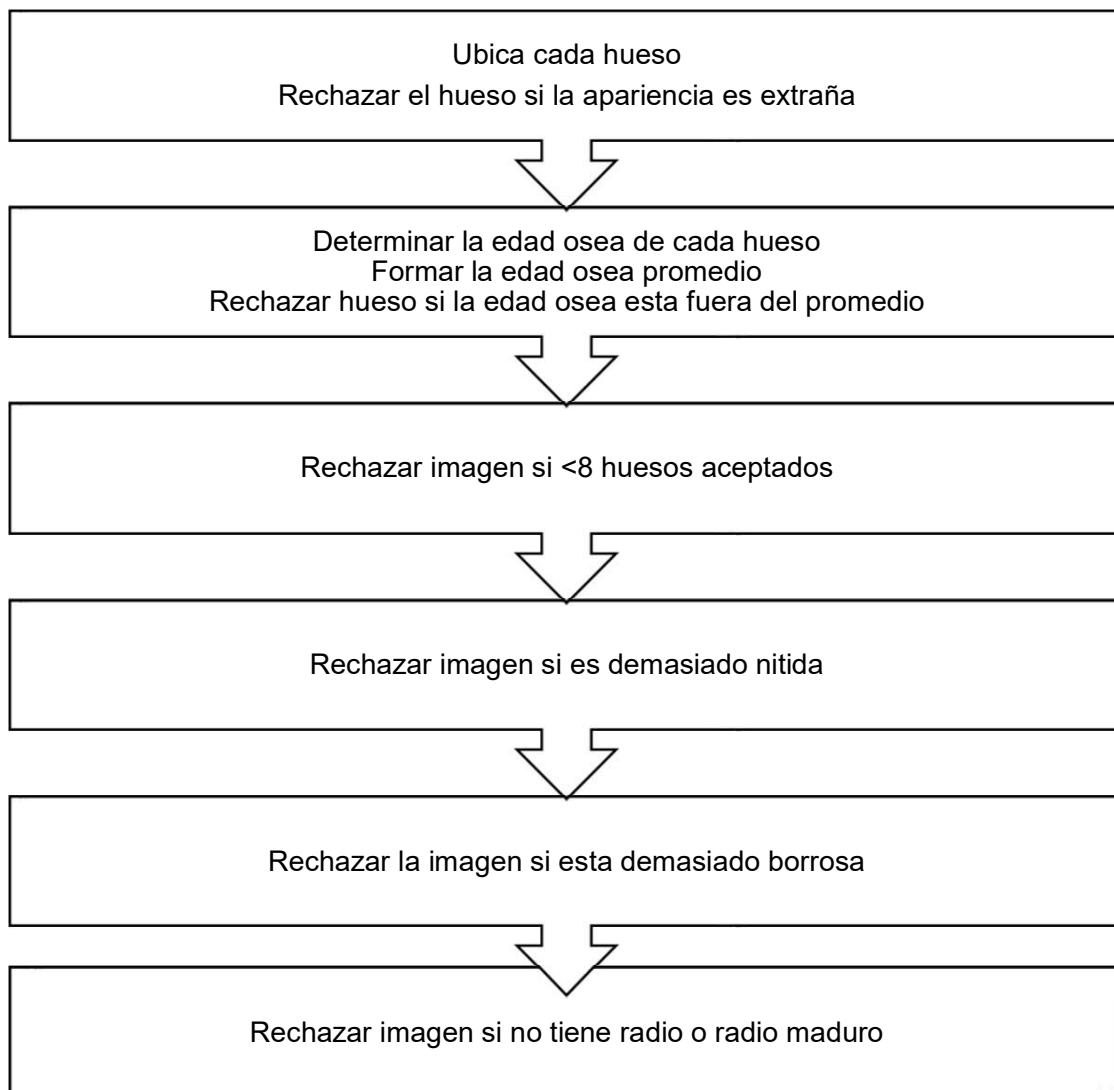
**Figura 1.** Desarrollo óseo por rangos de edad compendio de Métodos Antropológicos Forenses. Tomo 4 (Krenzer, 2006, p.57) (20)



**Figura 2.** Fuente: Greulich WW, Pyle SI. Radiographic atlas of skeletal(23)



**Figura 3.** Diagrama del procesamiento en capas del BoneXpert. Fuente: Thodberg, H. (2009). The BoneXpert method for automated determination of skeletal maturity. IEEE transactions on medical imaging(36)



**Figura 4.** Diagrama de flujo de la arquitectura de software. La arquitectura está dominada por los seis pasos de la autovalidación. Los primeros dos pasos validan las contribuciones óseas individuales, mientras que los últimos cuatro validan la imagen completa. Fuente: Martin (2022). Accuracy and self-validation of automated bone age determination (7)



**Figura 5.** Radiografía posterior-anterior de la mano izquierda con evaluación de la edad ósea por BoneXpert. Este es el archivo de resultados colocado automáticamente en el mismo estudio en el archivo digital. BA=edad ósea, promediada sobre los 21 huesos tubulares; BHI =Índice de Salud Ósea; SDS = puntaje de desviación estándar; GP=Greulich-Pyle; TW3 = Versión 3 de Tanner-Whitehouse. Fuente: Martin (2022). Accuracy and self-validation of automated bone age determination (7)

## Vista Gráfica Dorsal de la Mano Izquierda



**Figura 6.** Soto Alcázar, B. B., & Huacho Mamani, R. W. (2016). *Estimación de la edad biológica, a través del método cualitativo en adolescentes masculinos y femeninos de 17 A 19 años, a partir de un estudio radiográfico de la mano izquierda, Arequipa – 2016.* (47)

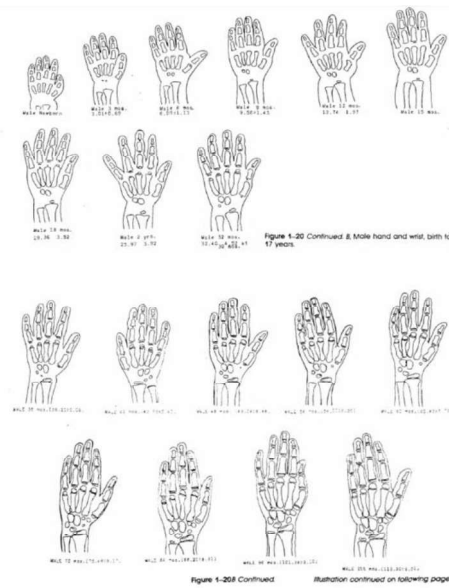
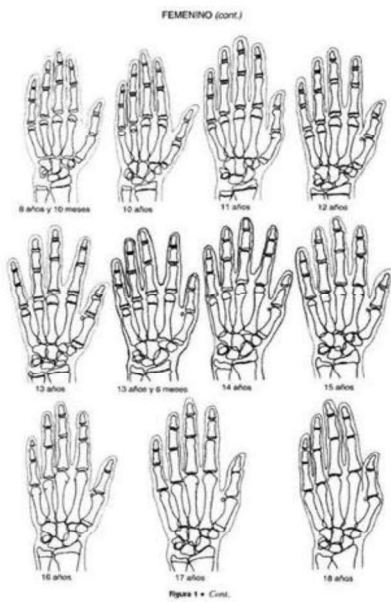
**c. FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
FACULTAD DE MEDICINA HUMANA  
ESCUELA PROFESIONAL DE ODONTOLOGIA**

**FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

<b>DATOS DE FILIACIÓN:</b>	<b>N° DE FICHA .....</b>
	<b>SEXO: .....</b>
	<b>FECHA DE TOMA: .....</b>
	<b>FECHA DE NACIMIENTO: .....</b>
	<b>EDAD CRONOLÓGICA: .....</b>

LEYENDA: MÉTODO GREULYCH-PYLE.      BONEXPERT: OBSERVARSOFWARE



DESCRIPCIÓN DE LA EDAD  
ÓSEA POR EL MÉTODO DE  
GREULYCH Y PYLE:

.....

DESCRIPCIÓN DE LA EDAD ÓSEA POR  
EL MÉTODO DE BONEXPERT:

.....



#### d. MATRIZ DE SISTEMATIZACION DE DATOS

\*ANALISIS ESTADISTICO.sav [ConjuntoDatos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

20 ID 20 Visible: 11 de 11 variables

ID	Sexo	EC	EOGP	EOBX	medicaciones	diMediciones	EC_GP	EC_BX	GP_EC	BX_EC
1	Femenino	12.75	14.00	14.05	14.03	-05	1.25	1.30		
2	Femenino	12.58	12.00	12.45	12.23	-45	-58	-13		
3	Femenino	12.67	12.00	12.59	12.30	-59	-67	-08		
4	Femenino	12.75	14.00	13.47	13.74	53	1.25	.72		
5	Femenino	12.75	14.00	14.56	14.26	-56	1.25	1.81		
6	Femenino	12.58	14.00	13.63	13.82	.37	1.42	1.05		
7	Femenino	12.58	13.00	13.41	13.21	-41	.42	.83		
8	Femenino	12.58	13.50	13.70	13.60	-20	.92	1.12		
9	Femenino	12.83	13.50	13.98	13.74	-48	.67	1.15		
10	Femenino	13.67	15.00	14.86	14.93	.14	1.33	1.19		
11	Femenino	13.67	13.50	14.36	13.93	-86	.17	.69		
12	Femenino	13.75	14.00	14.09	14.05	-09	.25	.34		
13	Femenino	13.67	14.00	14.46	14.23	-46	.33	.79		
14	Femenino	12.75	13.50	13.95	13.73	-45	.75	1.20		
15	Femenino	13.75	14.00	14.15	14.08	-15	.25	.40		
16	Femenino	13.75	14.00	14.21	14.11	-21	.25	.46		
17	Femenino	13.75	15.00	14.18	14.59	.82	1.25	.43		
18	Femenino	13.67	14.00	14.47	14.24	-47	.33	.80		
19	Femenino	13.75	14.00	13.80	13.90	.20	.25	.05		
20	Femenino	14.58	13.50	13.37	13.43	.13	-1.08	-1.21		

Vista de datos Vista de variables

NUMERO DE FICHA		GREULICH-PYLE	BONEXPERT
001	M	41E	11E 7m
002	M	12E	12E 2m
003	M	12E 6m	12E 2m
004	M	12E 4m	12E 2m
005	F	14E	12E 2m
006	M	12E 6m	11E 10m
007	M	12E	12E 2m
008	F	12E	12E 2m
009	F	14E	13E 5m
010	F	14E	12E 6m
011	M	12E	12E 2m
012	M	12E	12E 2m
013	M	12E	12E 2m
014	M	12E 6m	12E 2m
015	F	12E	12E 2m
016	F	12E	12E 2m
017	M	12E	12E 2m
018	F	12E 6m	12E 2m
019	F	12E 6m	12E 2m
020	F	12E	12E 2m
021	M	12E 6m	12E 2m
022	F	12E	12E 2m
023	F	12E	12E 2m
024	M	12E 6m	12E 2m
025	F	12E	12E 2m
026	F	12E	12E 2m
027	F	12E	12E 2m
028	F	12E	12E 2m
029	F	12E	12E 2m
030	F	12E	12E 2m
031	F	12E	12E 2m
032	F	12E	12E 2m
033	F	12E	12E 2m
034	F	12E	12E 2m
035	F	12E	12E 2m
036	F	12E	12E 2m
037	F	12E	12E 2m
038	F	12E	12E 2m
039	F	12E	12E 2m
040	F	12E	12E 2m
041	F	12E	12E 2m

042	M	8E	9E
043	F	11E	10E 11m
044	F	11E	10E 10m
045	F	2E 10m	2E 5m
046	M	9E	9E 6m
047	F	11E	11E 2m
048	F	14E	12E 10m
049	M	12E	12E 2m
050	M	9E	9E 11m
051	M	11E 6m	11E 4m
052	F	11E	12E 10m
053	M	9E	2E 11m
054	M	12E	12E 9m
055	F	2E 10m	2E 11m
056	F	12E	12E 6m
057	M	9E	9E 2m
058	F	11E	11E 2m
059	F	7E 10m	6E 9m
060	F	10E	10E 4m
061	F	12E 6m	12E 2m
062	F	14E	12E 2m
063	F	14E	14E 6m
064	M	14E	14E 11m
065	F	6E 10m	6E 11m
066	M	12E	12E 6m
067	F	12E	14E
068	F	12E	12E 11m
069	F	12E	12E 4m
070	M	4E 6m	6E 6m
071	M	11E 6m	11E 2m
072	M	12E 6m	12E 2m
073	F	10E	9E 2m
074	M	12E	12E 4m
075	F	2E 10m	2E 5m
076	M	9E	9E 2m
077	M	12E	12E 4m
078	M	9E	9E 2m
079	M	11E 6m	12E
080	M	2E	6E
081	F	10E	2E 2m
082	F	6E 10m	2E 2m
083	F	12E	12E 4m

Kappa de cohen

NUMERO DE FICHA		ESPECIALISTA	EVALUADOR
001	F	12E	12E
002	M	8E	8E
003	F	11E	11E
004	F	12E	11E
005	F	2E 10m	2E 10m
006	M	9E	9E
007	F	11E	11E
008	F	14E	14E
009	M	13E	13E
010	M	9E	9E

Numero de ficha		Observacion 1 Fecha: 24-07-2024	Observacion 2 Fecha: 26-07-2024	Observacion 3 Fecha: 28-07-2024
001	F	12E	12E	12E
002	M	8E	8E	8E
003	F	11E	11E 6m	11E 6m
004	F	11E	11E	11E
005	F	2E 10m	2E 10m	2E 10m
006	M	9E	9E	9E
007	F	11E	11E	11E
008	F	14E	14E	14E
009	M	13E	13E 6m	13E 6m
010	M	9E	10E	9E

## e. DOCUMENTOS ADMINISTRATIVOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO  
FACULTAD DE MEDICINA HUMANA  
ESCUELA PROFESIONAL DE ODONTOLOGÍA



"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

### CARTA DE ACEPTACION PARA SER ASESOR DE TESIS

Cusco, 8 de Enero del 2024

Señor:

DRA. MARIA ELENA ZVIETCOVICH GUERRA

COORDINADORA DE TRABAJOS DE INVESTIGACION DE PRE-GRADO ESCUELA PROFESIONAL DE ODONTOLOGÍA

Presente:

Previo un atento saludo, por intermedio de la presente yo DRA. Lida Velazque Rojas, docente de la escuela profesional de Odontología de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, acepto y me comprometo a ser asesora del trabajo de tesis titulado "RELACIÓN ENTRE LA EDAD ÓSEA SEGÚN MÉTODOS GREULYCH - PYLE Y BONEXPERT Y EDAD CRONOLÓGICA EN RADIOGRAFÍAS CARPALES DE PACIENTES DE 8 A 18 AÑOS QUE ACUDEN AL CENTRO RADIOLÓGICO CERES, CUSCO 2019-2023" a ser desarrollado por la alumna: Nilda Tapara Tuito, con código universitario 140383 de la escuela profesional de Odontología.

Agradeciendo la atención que brinde a la presente, y reiterándole mis cordiales saludos.

Atentamente.

DRA. LIDA VELAZQUE ROJAS

INFORME N°13 -2024-CIP-EPO-FMH-UNSAAC

A: Dra. María Elena Zvietcovich Guerra.

DIRECTOR (A) DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE ODONTOLOGIA.

ASUNTO : CONFORMIDAD DE APROBACIÓN E INSCRIPCIÓN DE TEMA DE TESIS DE INVESTIGACIÓN DE PRE-GRADO Y NOMBRAMIENTO DE ASESOR.

REFERENCIA : PROVEIDO N° 002-2023-EPOD-FMH-UNSAAC  
Oficio N° 689-2023-FMH-UNSAAC

Fecha : Cusco, 19 de Enero del 2024.

De mi mayor consideración.

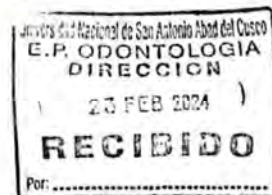
Es grato dirigirme a usted y mediante el presente manifestarle que, reunida la Comisión de Investigación y Publicaciones se evaluó el levantamiento de observaciones del expediente N° 591312 solicitando nombramiento de asesor e inscripción de tema tesis del Bach. TAPARA TITULO NILDA con código de matrícula N°140383, con tema de tesis intitulado; "RELACIÓN ENTRE LA EDAD ÓSEA SEGÚN MÉTODOS GREULYCH- PYLE Y BONEXPERT Y EDAD CRONOLÓGICA EN RADIOGRAFÍAS CARPALES DE PACIENTES DE 8 A 18 AÑOS QUE ACUDEN AL CENTRO RADIOLOGICO CERES, 2019-CUSCO 2023", llegando a la siguiente conclusión:

Expediente **OBSERVADO**, con las siguientes recomendaciones:

- La observación de ámbito de estudio fue levantada.
- Siendo la observación de tener una mayor temporalidad dicha observación fue levantada, pero la población y muestra no ha sido modificada; por lo que se sugiere ampliar la muestra con la cual se pueda determinar la correlación entre las variables y mucho más tratándose de un estudio retrospectivo.  
Salvo mejor parecer.

Sin más que agregar y agradeciendo la atención, me despido ante usted.

Atentamente.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
ESCUELA PROFESIONAL DE ODONTOLOGÍA



**"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA  
INDEPENDENCIA, Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS  
BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"**

Cusco, 02 de febrero del 2024

A : DR. HECTOR PAUCAR SOTOMAYOR  
DECANO DE LA FACULTAD DE MEDICINA HUMANA  
CON ATENCIÓN A UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
ASUNTO : INFORME DE AVANCE DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**De mi mayor consideración:**

Es grato dirigirme a usted, en calidad de asesor de proyecto de tesis y en atención a la solicitud formulada por la tesista, BR. NILDA TAPARA TTITO, autor de la tesis "RELACIÓN ENTRE LA EDAD ÓSEA SEGÚN MÉTODOS GREULYCH- PYLE Y BONEXPERT Y EDAD CRONOLÓGICA EN RADIOGRAFÍAS CARPALES DE PACIENTES DE 8 A 17 AÑOS QUE ACUDEN AL CENTRO RADIOLÓGICO CERES, CUSCO 2019-2023", quien peticona nombramiento de jurado "A". Sobre el particular debo manifestar que esta dirección ha procedido a evaluar la petición del administrado, determinando dar por **APROBADO** el referido tema de tesis, considerando la **ORIGINALIDAD DEL MISMO**. Así mismo, se ha concluido el avance del proyecto de investigación al 100%, brindo mi conformidad y satisfacción.

En ese sentido, la mencionada tesista puede proseguir con los trámites correspondientes según el reglamento de Grados y Títulos de la Escuela Profesional. Hago uso de la ocasión para expresarle mis consideraciones distinguidas.

Es cuanto tengo que informar a Ud. En honor de la verdad para fines que estime conveniente.

Atentamente

.....  
DRA. LIDA VELAZQUE ROJAS





"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

Cusco, 20 de julio del 2024

Yo: DR. ESP. DARWIN ORTIZ DE ORUE, constato haber participado en la calibración de la prueba piloto realizada por la Bach. NILDA TAPARA TTITO, con DNI: 73147454, de la tesis titulada "RELACIÓN ENTRE LA EDAD ÓSEA SEGÚN MÉTODOS GREULICH - PYLE Y BONEXPERT, Y LA EDAD CRONOLÓGICA EN RADIOGRAFÍAS CARPALES DE PACIENTES QUE ACUDEN AL CENTRO RADIOLÓGICO CERES, CUSCO 2019-2023" , este proyecto se realizará con fines netamente académicos y de investigación, serán confidenciales bajo los parámetros establecidos.

Atentamente,

Darwin Ortiz De Orue Ninantay  
CIRUJANO DENTISTA COP. 29712  
ESPECIALISTA EN ORTOFONCIÁ Y ORTOPEDIA MAXILAR  
RNE. 4024

DR. ESP. DARWIN ORTIZ DE ORUE



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
COORDINACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN DE PRE-GRADO  
ESCUELA PROFESIONAL DE ODONTOLOGÍA



**“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra  
Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de  
Junín y Ayacucho”**

Cusco 05 de noviembre del 2023

Señor(a):  
CD. LIDA VELAZQUE ROJAS

**SOLICITO:** acceder a la base de datos de su centro radiológico, para la realización de mi tesis.

Yo, **NILDA TAPARA TTITO** con dni n **73147454**.

Previo un atento saludo, me dirijo a usted para solicitarle su autorización para que se me pueda facilitar el acceso a la base de datos del centro radiológico CERES, para ser usado en mi tesis, lo cual tiene como propósito el tema de **“RELACIÓN ENTRE LA EDAD ÓSEA SEGÚN MÉTODOS GREULYCH- PYLE Y BONEXPERT Y EDAD CRONOLÓGICA EN RADIOGRAFÍAS CARPALES DE PACIENTES DE 8 A 17 AÑOS QUE ACUDEN AL CENTRO RADIOLÓGICO CERES, CUSCO 2019-2023”** este proyecto se realizará con fines netamente académicos y de investigación serán confidenciales bajo los parámetros establecidos.

Agradeciendo anticipadamente la atención que tenga la presente, sin otro particular me suscribo de usted no sin antes reiterar las consideraciones de mi especial estima personal.

Atentamente.

Dra. Lida Velazque Rojas

Bachiller: NILDA TAPARA TTITO

## f. EVIDENCIA DE EJECUCION DE LA INVESTIGACION



BONE AGE

NAME	PATIENT ID
X-RAY DATE	BIRTH DATE
CLINIC NAME	GENDER Female
FILE NAME Camera Silva Lúcia.png	



**Analysis Report:**  
An X-ray of the left hand was analysed.

**GP Bone Age Report:**  
Greulich-Pyle bone age according to BoneXpert is 14.82 years (14y10m).

**TW3 Bone Age Report:**  
Tanner-Whitehouse 3 bone age according to BoneXpert is 14.43 years (14y5m).

**Adult Height Predictor:**  
Adult height prediction based on the observed bone age can be computed by using the link below:  
<https://www.bonexpert.com/ahp/#/Female/-/14.82/-/-/-/>

**Results:**

Bone age (GP)	14.82 years
Bone age (TW3)	14.43 years
Carpal bone age (GP)	(N/A)
Chronological Age	-
Metacarpal Index	0.57



EDAD ÓSEA

NOMBRE FERREL CONDORI ANDREA NÚMERO DE REGISTRO 78990671  
 FECHA DE RAYOS X 10/07/2023 FECHA DE NACIMIENTO 10/07/2023  
 NOMBRE DE LA CLÍNICA Name of Hospital FECHA DEL INFORME 14/12/2023 19:22



GP edad ósea reporte:

- Se analizó una radiografía de mano izquierda.
- No se puede calcular la edad cronológica desde el archivo DICOM.
- La edad ósea de Greulich-Pyle de acuerdo a BoneXpert es de 6.94 años (6a 11m).

Results:

Edad ósea (Greulich-Pyle)	6.94 años
BA SDG	12.44 (HisAm)
Edad ósea (TW2)	7.97 años
Carpal bone age (GP)	7.83 años
Edad	
Género	Mujer
Porcentaje de estatura adulta	-
Índice de salud ósea	4.36
Índice de salud ósea (puntaje Z)	-

Este informe fue generado automáticamente por el software BoneXpert.

**BoneXpert**

BoneXpert es un dispositivo médico con registro en Europa y elaborado por la empresa Visión, Dinamarca. Visita [www.bonexpert.com](http://www.bonexpert.com)  
 Versión: 3.2.2(18) / Nombre de usuario: Ceres / Nitidez de la imagen: 6.87 / Altura de la población: 158.3



## g. PROCEDIMIENTOS Y RESULTADOS DE LA PRUEBA PILOTO

### VALORACIÓN KAPPA DE COHEN PARA LAS VARIABLES DE ESTUDIO

Variable	Valor	Nivel
Edad Ósea según Greulich-Pyle	0,882	Casi perfecto
Interexaminador		

Basado en el 10% de la muestra de estudio frente al examinador de referencia.

### ESCALA DE LANDIS PARA EL INDICE DE KAPPA

VALOR	Nivel
< 0,00	Pobre
0,00 – 0,20	Ligero
0,21 – 0,40	Justo
0,41 – 0,60	Moderado
0,61 – 0,80	Sustancial
0,81 – 1,00	Casi perfecto