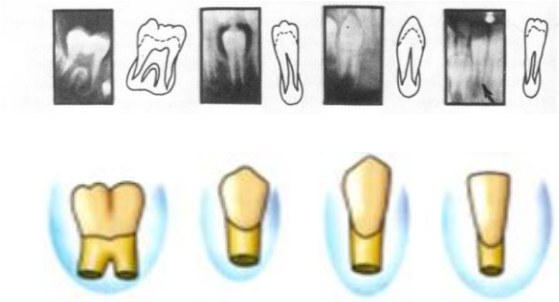
UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
FACULTAD DE MEDICINA Y ODONTOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA

TESIS DOCTORAL

ESTIMACIÓN DE LA EDAD CRONOLÓGICA ATRAVÉS DE LOS MÉTODOS DE DEMIRJIAN Y NOLLA EN UNA MUESTRA PORTUGUESA Y ESPAÑOLA



Luís Filipe Delgado Tomás

Santiago de Compostela · 2014

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
FACULTAD DE MEDICINA Y ODONTOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA

TESIS DOCTORAL

ESTIMACIÓN DE LA EDAD CRONOLÓGICA ATRAVÉS DE LOS MÉTODOS DE DEMIRJIAN Y NOLLA EN UNA MUESTRA PORTUGUESA Y ESPAÑOLA

Luís Filipe Delgado Tomás

Santiago de Compostela · 2014

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

El **Dr. Benjamín Martín Biedma**, profesor del Departamento de Estomatología de la Universidad de Santiago de Compostela

La **Dra. Inmaculada Tomás Carmona**, profesora del Departamento de Estomatología de la Universidad de Santiago de Compostela

La **Dra. Purificación Varela Patiño**, profesora del Departamento de Estomatología de la Universidad de Santiago de Compostela

HACEN CONSTAR:

Como Directores de la Tesis Doctoral que lleva por título "ESTIMACIÓN DE LA EDAD CRONOLÓGICA A TRAVÉS DE LOS MÉTODOS DE DEMIRJIAN Y NOLLA EN UNA MUESTRA PORTUGUESA Y ESPAÑOLA"**,** realizada por el Licenciado en Medicina y Odontología D. Luis Filipe Delgado Tomás, que cumple todos los requisitos para ser presentada y defendida ante el oportuno Tribunal para optar al Grado de Doctor por la Universidad de Santiago de Compostela.

Dr. B. Martín Biedma *Dra. I. Tomás Carmona* *Dra. P. Varela Patiño*

L. F. Delgado Tomás

Santiago de Compostela, 1 septiembre de 2014

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

AGRADECIMIENTOS

Quiero manifestar mi gratitud a todos aquellos que contribuyeron a la realización de este trabajo, tanto en su orientación, como en la recopilación y en el tratamiento de los datos.

A mi Directores de la Tesis Doctoral, Profesor Doctor Benjamín Martín Biedma, Profesora Doctora Inmaculada Tomás Carmona y Profesora Doctora Purificación Varela Patiño, Profesores del Departamento de Estomatologia de la Universidad de Santiago de Compostela, mi profundo agradecimiento por el estímulo, por los consejos y por la disponibilidad demostrada en la orientación de este trabajo y sobre todo pelo rigor científico de la investigación como guiado y corregido.

A la Profesora Doctora Lisete Mónico de la Universidad de Coimbra, por la colaboración y disponibilidad en el asesoramiento estadístico y al Profesor Doctor Abel F. Pinto Salgado, por su colaboración en la recogida de muestras.

A los niños y padres que permitieron la recopilación de muestras y a los directores y profesores de los colegios, que colaboraron en la selección, mi reconocido agradecimiento muy especial a la consulta de la Clinica Universitária de Odontologia de la Facultad de Medicina y Odontologia de la Universidad de Santiago de Compostela.

A los compañeros que colaboraron en la validación de los datos y a todos les quedo muy agradecido.

Y finalmente, a mi esposa, Lídia, por toda la paciencia, comprensión y incentivo. Muchas Gracias.

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

INDICE

1. INTRODUCCIÓN 1
1.1. Importancia de la determinación de la edad cronológica 3
1.2. Determinación de la edad en niños y en jóvenes 4
1.3. Métodos de estimación de la edad 10
1.3.1. Método de Nolla 13
1.3.2. Método de Demirjian 15
1.4. Últimos estudios para la evaluación de la estimación de la edad cronológica 20
1.5. Conclusión 29

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS 33
2.1. Importancia del estudio y problemática del análisis 35
2.2. Objetivos e hipótesis de trabajo 36
2.2.1. Objetivos generales y específicos 36
2.2.2. Hipótesis de trabajo 37

3. MATERIAL Y MÉTODOS 39
3.1. Caracterización de la muestra 41
3.2. Procedimientos y metodología 43
3.2.1. Procedimientos formales y éticos 43
3.2.2. Equipos radiológicos y accesorios utilizados 44
3.2.3. Procedimientos aplicados en las clínicas/consultorios 44
3.3. Aplicación de los dos métodos de estimación de la edad cronológica 45
3.3.1. Método de Nolla 45
3.3.2. Método de Dermirjian 46
3.4. Procedimientos estadísticos 46

4. RESULTADOS 49
4.1. Requisitos previos al análisis de los datos: Segmentación de la muestra y acuerdo intra e interobservadores 51
4.1.1. Análisis de la consistencia intra e interobservadores 51
4.1.1.1. Análisis de la consistencia intraobservador 52
4.1.1.2. Análisis de la consistencia interobservador 53
4.1.2. Fiabilidad 54

4.1.3. Análisis de la consistencia temporal 56
4.2. Análisis de la existencia de una configuración de valores de Demirjian y de Nolla que justifique la segmentación de la muestra 56
4.2.1. Análisis de Clusters para el método de Demirjian 57
4.2.2. Análisis de Clusters para el método de Nolla 62
4.3. Resultados obtenidos 65
4.3.1. Estadios de desarrollo en la dentición según los métodos de Demirjian y de Nolla 65
4.3.1.1. Medidas de tendencia central, de dispersión y de error 65
4.3.1.2. Matriz de correlaciones 72
4.3.2. Análisis de las capacidades predictivas de los métodos de Nolla y de Demirjian: Test de la Hipótesis 1 75
4.3.2.1. Análisis de regresión para el método de Demirjian: Test de la Hipótesis 1 75
4.3.2.2. Análisis de regresión para el método de Nolla: Test de la Hipótesis 1 81
4.3.3. Comparación de la magnitud de las previsiones por los métodos de Nolla y de Demirjian: Test de la Hipótesis 2 87
4.3.4. Influencia de las variables género, altura y peso de los niños portugueses en los métodos de Nolla y de Demirjian: Test de la Hipótesis 3 89
4.3.4.1. Test de la Hipótesis 3 para el método de Demirjian 89
4.3.4.2. Test de la Hipótesis 3 para el método de Nolla 94
4.3.5. Previsión de la edad cronológica a partir del género y de la edad de Demirjian y de Nolla 97
4.3.6. Determinación de la influencia de la variable género en el grado de aplicabilidad de los métodos de Nolla y de Demirjian: Test de la Hipótesis 4 98
4.3.6.1 Ecuaciones de regresión diferenciadas por género 102
4.3.6.1.1. Método de Demirjian para hombres y mujeres 102
4.3.6.1.2. Método de Nolla para hombres y mujeres 103
4.3.7. Resultados para grupos de edad con base en la estimación por los métodos de Demirjian y de Nolla: análisis de clusters 105
4.3.7.1 Test de los valores de Demirjian y Nolla globales por clúster y clase etaria 110
4.3.7.1.1. Test de los valores Demirjian globales por clúster y clase etaria 110
4.3.7.1.2. Test de los valores Nolla globales por clúster y clase etaria 112
4.3.8. Test de los valores de Demirjian y de Nolla hasta los 16 años de edad 115

5. DISCUSIÓN 129
5.1. Requisitos previos al análisis de los datos y descriptivas 132
5.2. Capacidades predictivas de los métodos de Nolla y de Demirjian: Hipótesis 1 133
5.3. Comparación de la magnitud predictiva de los métodos de Nolla y de Demirjian: Hipótesis 2 136
5.4. Influencia de las variables género, altura y peso de los niños portugueses en los métodos de Nolla y de Demirjian: Hipótesis 3 138
5.5. Determinación de la influencia de la variable género en el grado de aplicabilidad de los métodos de Nolla y de Demirjian: Hipótesis 4 140
5.6. Análisis de clusters por grupo de edad y género 142
5.7. Test de los valores de Demirjian y Nolla hasta los 16 años de edad, por género y valores diente a diente 144

CONCLUSIONES 149

BIBLIOGRAFÍA 153

ANEXOS 169

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

1. INTRODUCCIÓN

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

1.1. Importancia de la Determinación de la edad cronológica

La determinación de la edad tiene un papel preponderante en la Odontología, así como en la Odontopediatría, Odontología Legal y Forense y especialmente en la Ortodoncia (Koshy & Tandon, 1998; Baghepour *et al.*, 2010; Feijóo 2012a, 2012b; Kirzioglu & Ceyhan, 2012; Djukic *et al.*, 2013; Birch & Dean, 2014), fundamentalmente para el planteamiento y tratamiento de diferentes maloclusiones, en función del crecimiento (cráneo-facial) (Demirjian *et al.*, 1973; Nik-Hussein *et al.*, 2011; Jayaraman *et al.*, 2013).

El aumento de la inmigración y la mezcla de las poblaciones, debido a una economía globalizada, resultado del aumento del flujo migratorio para países de la Unión Europea, procedentes del Este de Europa y del África Subsahariana, ha provocado problemas legales de variada orden: determinación de la edad adulta legal, personas sin documentos, víctimas de explotación sexual, determinación de la madurez y de la edad en adolescentes y adultos jóvenes para fines de tratamiento ortodóncico, etc. (Kumar & Sridhar, 1990; Mincer *et al.*, 1993; Prieto-Carrero & Abenza-Rojo, 1998; Solari, 2002; Muller-Bolla *et al.*, 2003; Prieto-Carrero, 2005; Baghepour *et al.*, 2010; Feijóo, 2012a, 2012b; Kirzioglu & Ceyhan, 2012; Djukic *et al.*, 2013; Jayaraman *et al.*, 2013; Birch & Dean, 2014). Los individuos examinados pueden ser menores desamparados, sin documentación válida, que desconocen sus edades o sobre los cuales puede recaer la sospecha de que proporcionan datos incorrectos sobre sus edades. Esta cuestión tiene relevancia en muchos países, para juicios criminales entre los 16 y los 22 años. En esta línea de estudio, generalmente se realiza un diagnóstico forense de la edad, y para la determinación de la edad de individuos vivos, se combinan los resultados del examen físico con radiografías de la mano y examen dental, así como la evaluación de la radiografía panorámica. Algunos autores sugieren también que, para acceder a la edad de individuos que asumieron tener menos de 18 años, las radiografías adicionales o examen CT son también recomendadas (Schemeling *et al.*, 2006; Graham *et al.*, 2010). Es importante señalar que, en dicha evaluación, deben ser considerados la etnia y el nivel socioeconómico.

1.2. Determinación de la Edad en Niños y en Jóvenes

El concepto de edad fisiológica se basa en el grado de desarrollo y de madurez de los diferentes tejidos, pudiendo variar dentro de algunos parámetros fisiológicos de la normalidad, admitiéndose que coincide con la edad cronológica, en la mayoría de las personas. A lo largo de los años han venido siendo utilizadas varias edades biológicas, combinadas o no, para la estimación de la edad cronológica. Según Demirjian *et al.* (1973) son las siguientes: edad ósea, edad sexual, edad somática y edad dentaria.

Estas diferentes edades pueden ser utilizadas en conjunto para determinar el grado de madurez fisiológica de un niño en crecimiento (Demirjian *et al.,* 1973). Así puede suceder que la edad biológica esté adelantada o atrasada, relativamente a la edad cronológica del individuo, lo que podría llevar a equivocación en la estimación de la edad.

Lamons y Gray (1958) (Demirjian *et al.,* 1973), compararon este proceso de desarrollo, a través de una analogía, "a una compañía de soldados que se mueven a una velocidad constante. Inicialmente unos caminan en conjunto, después se dividen, algunos van delante, otros van atrás y algunos hasta paran para descansar, a pesar de eso todos consiguen el objetivo de llegar antes de los acontecimientos".

Así, la edad dentaria puede ser determinada de dos formas: por la erupción dentaria, estando por eso relacionada con el número y los grupos de dientes que emergen en la cavidad oral en cada edad cronológica (Demirjian *et al.*, 1973) y por el estado de mineralización de las coronas y raíces dentarias (Smith, 1991), o sea, por la determinación del grado de mineralización de todos los dientes, erupcionados o no, en la cavidad bucal (Lewis & Garn, 1960; Nik-Hussein *et al.*, 2012; Khorate *et al.*, 2014).

Estos dos métodos desenvueltos para la determinación de la edad dentaria, parecen ser bastante independientes.

La mineralización es un proceso largo y continuo (Demirjian *et al.*, 1973; Tunc & Koyuturk, 2008; Luca *et al.,* 2012), mientras que la erupción es un acontecimiento de corta duración. La contabilización de los dientes erupcionados sirve como medida de la madurez solamente cuando los dientes permanentes están en erupción activa, durante la dentición mixta (Nystrom *et al.,* 2001), no teniendo el mismo valor de la mineralización, una vez que la erupción sufre influencias de varios factores de orden general, tales como la alimentación (la desnutrición grave retrasa la erupción) y el clima

(la temperatura caliente acelera la erupción) así como patológicos (hipo e hipertiroidismo, o diabetes mellitus, dientes primarios anquilosados, impacto de los dientes permanentes, pérdida precoz de los dientes primarios e infección, etc.) (Garn *et al.*, 1965; Demisch & Wartmman, 1957; Eveleth, 1959; Fanning, 1962; Demirjian *et al.* (1973), 1978; El-Nofely & Iscan, 1989; Baghepour *et al.*, 2010; Moradi *et al.*, 2012, Luca *et al.* 2012).

Hasta hace poco tiempo, era apenas utilizado el método de la erupción dentaria para la determinación de la edad dentaria, habiendo sido ampliamente estudiado por varios autores la relación entre la erupción de los dientes permanentes y el sexo, y habiéndose constatado que los dientes erupcionan antes en el sexo femenino que en el masculino (Hurme, 1949; Tanner & Whitehouse, 1976; Nolla , 1960; Hagg & Taranger, 1981; Djukic *et al.*, 2013).

El método de mineralización dentaria también presenta diferencias entre los dos sexos, constatándose igualmente que la mineralización en el sexo femenino se anticipa a la del sexo masculino (Hurme, 1949; Nolla, 1960; Di Biase, 1976; Hagg & Taranger, 1981; Luca *et al.*, 2012; Djukic *et al.*, 2013). Blenkin y Taylor (2012) afirmaron que las fases más precoces del desarrollo dental son muy semejantes para ambos sexos hasta la edad de la menarquia, ocurriendo un desarrollo superior a partir de ese período en las niñas. También Kirzioglu y Ceyhan (2012), en una muestra de niños y niñas de Turquía de los 7 a los 13 años, observaron una diferencia máxima entre las edades cronológica y dentaria a los 11 años en las niñas. La explicación dada por los autores se centró en las alteraciones de crecimiento ocurridas al inicio de la pubertad.

Las edades dentarias y óseas han venido siendo relacionadas, en el sentido de evaluar la correlación entre ellas para efectos de diagnóstico. Dado el hecho de que los estados de mineralización dentaria son mucho menos afectados por las variaciones ambientales (Demirjian *et al.*, 1978; Sarkar *et al.*, 2013) y hormonales (Garn *et al.*, 1965; Cardoso, 2007; Jayaraman *et al.*, 2012; Birch & Dean, 2014), que los estados de mineralización ósea, el desarrollo dentario nos proporciona indicaciones más fidedignas de la edad cronológica, que el desarrollo óseo (Stewart, 1963; Cardoso, 2007; Djukic *et al.*, 2013; Birch & Dean, 2014; Khorate *et al.*, 2014). Green (1961) estudió la correlación entre la edad ósea, la edad dentaria, el peso y la altura, llegando a una correlación mayor entre la edad dentaria y cronológica, que la edad ósea y cronológica. Jayaraman y estudios más recientes han apoyado este resultado (Djukic *et al.*, 2013;

Birch & Dean, 2014; Khorate *et al.*, 2014). A pesar de esto, la determinación de la edad ósea puede, teóricamente, ser hecha a través de la medición de los huesos de cualquier parte del organismo, siendo la madurez ósea utilizada para la estimación de la edad en Ortodoncia, Endocrinología y Cirugía Ortopédica (Diz *et al.*, 2011).

La osificación completa de la mano tiene una fuerte relación con el cierre de las epífisis de los huesos largos, sirviendo el estudio de la madurez de la mano para la determinación de la edad hasta el cierre de las epífisis (edad adulta) (Largo *et al.*, 1978; Luca *et al.*, 2012; Moradi *et al.*, 2012).

La radiografía de la estructura esquelética, mano/puño, es un examen bastante utilizado para este fin, siendo la osificación del sesamoideo cubital una estructura ósea que presenta gran correlación entre la edad esquelética (Bjork & Helm, 1967 *en* Demirjian *et al.*, 1973; Moradi *et al.*, 2012) y el pico del crecimiento pubertario, pudiendo relacionarse también con la aparición de la menarquia en las niñas (Simmons & Greulich in Demirjian *et al.*, 1985; Cardoso, 2007; Kirzioglu & Ceyhan, 2012).

En un estudio hecho con niños y niñas, Hagg y Taranger (1980) verificaron que la osificación del sesamoideo cubital, antes del pico del crecimiento pubertario, sucedió en un porcentaje superior en las niñas que en los niños y en el pico del crecimiento, el sesamoideo ya estaba osificado en todos (niños y niñas), con excepción de un niño.

Uno de los métodos más frecuentemente utilizados para estimar la edad ósea es el atlas de Greulich y Pyle (1959), que consiste en una serie de radiografías, representando cada una la maduración ósea típica para la edad del respectivo sexo (Moradi *et al.*, 2012). El método consiste en la comparación entre la radiografía en estudio y las del Atlas que más se le asemejan. Büken *et al.* (2007) verificaron que este método era suficiente para la estimación etaria para niños de Turquía. Concluyeron que cuando comparado con estudios previos, el método puede ser utilizado por pediatras y otros clínicos.

Sin embargo, la existencia de alguna subjetividad del observador puede ser una fragilidad del método, a pesar de que su valor práctico continúe siendo muy importante como diagnóstico, Milner *et al.* (1986). Según Prieto-Carrero y Abenza-Rojo (1998), este método de predicción de la edad ósea es fácil de utilizar por su simplicidad, aunque las evaluaciones entre años enteros sean difíciles de definir, lo que puede constituir una desventaja.

En 1962, Tanner *et al.* (1962) introdujeron otro método de estimación de la edad ósea, designado por TW1, más exacto que el anterior, en que cada hueso de la mano y del puño se clasificaba en ocho/nueve estadios de A a H o I, según el hueso analizado, al que se le atribuía una puntuación que, después de sumada con las restantes, conducía al valor de la madurez ósea con precisión de mes a mes, lo que podría corresponder a la edad cronológica. En 1975, el método fue perfeccionado, designándose por TW2, considerando los grupos por sexos, con puntuaciones corregidas (Tanner *et al.*, 1975).

Las tablas de madurez ósea de la mano y del puño deben estar basadas en estudios científicos y deben ser obtenidas estadísticamente a las poblaciones a las que serán aplicadas, debiendo tenerse en cuenta las variabilidades individuales y desvíos de la normalidad, dependientes de múltiples factores genéticos y ambientales (Blenkin & Taylor, 2012; Moradi *et al.*, 2012; Flood *et al.*, 2013; Khorate *et al.*, 2014).

Así la edad cronológica podrá no corresponder a los mismos estadios de madurez ósea, aunque la mayoría de los autores afirmen que para una misma edad cronológica, la madurez ósea es más avanzada en las niñas que en los niños (Feijóo *et al*, 2012b). Por tanto, podemos afirmar que hay varias edades de desarrollo, tales como la edad ósea y la edad dentaria (Prieto-Carrero & Abenza-Rojo, 1998).

Demirjian *et al.* (1985) estudiaron las relaciones entre la madurez dentaria, ósea, somática y sexual, concluyendo que los procesos que controlan el desarrollo dentario son independientes de los que controlan la madurez sexual, ósea y somática (Coutinho *et al.*, 1993; Pelsmaekers *et al.*, 1997; Sarkar *et al.*, 2013). De entre éstas, según Gulati *et al.*, 1990 (en Koshy & Tandon, 1998), la edad ósea es la que presenta alguna correlación con la edad dentaria. Garn *et al.* (1962) y Cardoso (2007) demostraron que existía una débil correlación entre el tercer molar y el desarrollo óseo y Engstrom *et al.* (1983) encontraron una fuerte correlación entre los estadios de mineralización del canino mandibular con los estadios de osificación, pudiendo este diente ser útil en una evaluación de la madurez esquelética y somática en el pico de gran crecimiento pubertario (Chertkow & Fatti, 1979; Chertkow, 1980; Sierra, 1987; Pelsmaekers *et al.*, 1997). Ya Feijóo *et al.* (2012) verificaron que el diente canino reveló gran dimorfismo de género, con diferencias significativas en todos los estadios, en comparación con los caninos superiores.

Actualmente se considera que la dentición es el mejor indicador individual y fisiológico de la edad cronológica de los jóvenes (Smith, 1991; Lee *et al.*, 2011; Luca *et*

al., 2012; Sarkar *et al.*, 2013; Khorate *et al.*, 2014), lo que es un dato relevante en el ámbito de la Odontología.

La edad pre-escolar, del nacimiento a los 4 años de edad, es crucial para determinar el desarrollo y la salud para toda la vida. Hay estudios que sugirieron que la dentición humana es primordialmente determinada de forma genética (Liliequist & Lundberg, 1971; Liversidge & Molleson, 1999; Rózylo-Kalinowska *et al.*, 2008; Djukic *et al.*, 2013; Sarkar *et al.*, 2013). Cuando están formadas las coronas y las raíces, las influencias del medio ambiente (Triratana *et al.*, 1990) (nutrición, enfermedades endocrinas) sobre los tejidos son generalmente poco significativas (Garn *et al.*, 1965; Cardoso, 2007; Sarkar *et al.*, 2013). Los elementos dentarios son también menos susceptibles a las alteraciones hormonales (Demirjian *et al.*, 1985; Silva, 1997; Cardoso, 2007; Feijóo *et al.*, 2012a; Moradi *et al.*, 2012; Kirzioglu & Ceyhan, 2012) hereditarias y genéticas, del medio ambiente, nutricionales, de salud y socioeconómicas (Johanson, 1977). Sin embargo, además de las influencias genéticas en el desarrollo esquelético y maduración dentaria, las tasas de crecimiento y cambios en la forma, evidentes en las diferentes curvas ilustrativas del crecimiento y del desarrollo, son sensibles a las influencias del nivel socioeconómico, de las condiciones nutricionales, de los hábitos alimentares, del estado de salud y de las condiciones climatológicas y del hábitat (Johanson, 1977, Rai *et al.*, 2007; Luca *et al.*, 2012; Sarkar *et al.*, 2013). Estas son razones posibles para las variaciones encontradas entre la madurez esquelética y dentaria entre las diferentes poblaciones y grupos étnicos.

Los estudios revelaron que la madurez ósea, somática y sexual están asociadas a un proceso común de control y relacionadas con tejidos de origen mesodérmico. De este modo, son hormono-dependientes e influencian la osificación de los cartílagos de las epífisis de los huesos largos, provocando el crecimiento de los mismos (Demirjian *et al.*, 1978; Feijóo *et al.*, 2012a).

A su vez, la madurez dentaria parece ser controlada independientemente, no estando tan relacionada con los otros sistemas de desarrollo. Una de las posibles interpretaciones para esta evidencia, es el hecho de que la dentición tenga origen en el ectomesénquima (Demirjian *et al.*, 1978), con fuerte evidencia de control genético (Triratana *et al.*, 1990; Pelsmaekers *et al.*, 1997; Luca *et al.*, 2012; Jayaraman *et al.*, 2013; Flood *et al.*, 2013; Sarkar *et al.*, 2013).

Los dientes, bien sean de la dentición primaria o de la permanente, sufren alteraciones en su desarrollo, proporcionando informaciones durante su formación, tanto mayor cuanto más joven es el individuo (Silva, 1997; Jayaraman *et al.*, 2013). El fenómeno de la mineralización de los dientes permanentes es menos susceptible de sufrir la influencia de los factores atrás descritos para la erupción, permitiendo un conjunto de informaciones desde el inicio de la mineralización de la corona, hasta el cierre del ápice y por esa razón es el indicador más fiable para la estimación de la edad (Silva, 1997).

El estudio de los métodos de estimación de la edad, demostró que los de la mineralización dentaria son más precisos que otros métodos utilizados en Odontopediatría, permitiendo una valoración más próxima de la edad cronológica en niños y adolescentes, una vez que los dientes son estructuras orgánicas, menos susceptibles a las patologías en niños en crecimiento, desnutrición, a las alteraciones hormonales, al retraso madurativo óseo (Demirjian *et al.*, 1978; El-Nofely & Iscan, 1989; Hagg & Matsson, 1985; Smith, 1991; Jayaraman *et al.*, 2013; Kirzioglu & Ceyhan, 2012; Khorate *et al.*, 2014) con gran significado en Odontología.

Los dientes permanentes erupcionan aproximadamente entre los 6 y los 14/15 años de edad, con excepción del tercer molar. A los 14/15 años, el ápice de los segundos molares permanentes, está cerrado o cerrándose. Se aprecia un adelanto de la erupción de cerca de seis meses en las niñas en relación a los niños.

Después del cierre del ápice de los segundos molares, y hasta alrededor de los 20 años, se da la erupción y desarrollo del tercer molar que puede ser utilizada como marcador de desarrollo. Sin embargo, debido a su gran variabilidad: ausencia congénita, tamaño, forma y posición en la arcada, e incluso la malformación, constituyen grandes limitaciones para la determinación de la edad. Además, presenta mayor precocidad de desarrollo en el maxilar superior, según estudios de Bolaños *et al.* (2003). A pesar de todas estas variantes, es muchas veces utilizado para la determinación de la mayoría de edad, alrededor de los 18 años, en individuos jóvenes sin documentos, con gran importancia en Odontología Legal y Forense (Kumar & Sridhar, 1990; Mincer *et al.*, 1993; Prieto-Carrero & Abenza-Rojo, 1998; Solari, 2002; Muller-Bolla *et al.*, 2003).

En suma, el desarrollo de los dientes presenta estadios morfológicamente diferentes de formación y mineralización, que pueden ser identificados indirectamente

por medio de radiografías intra y extra-orales, observándose principalmente la mineralización dentaria (Demirjian & Goldstein, 1976; Nik-Hussein *et al.*, 2011).

1.3. Métodos de Estimación de la Edad

La edad dentaria se establece por un proceso continuo, secuencial y universal, pudiendo sufrir alguna variación en función de las diversas etnias. La erupción dentaria fue el primer método utilizado para la determinación de la edad dentaria, por la facilidad de observación de la cavidad oral, siendo simple, económico, con resultados inmediatos y poco susceptibles de error por parte del observador. Sin embargo por estar sujeta a la influencia de diversos factores ya referidos, tanto de origen sistémico como local, no es un buen indicador de la edad (Garn *et al.*, 1959; Maber *et al.*, 2006; Cameriere *et al.*, 2007; Baghepour *et al.*, 2010; Nik-Hussein *et al.*, 2011; Blekin & Taylor, 2012).

La mayor parte de los investigadores están de acuerdo respecto a la estimación de la edad, que el desarrollo de la dentición es un medio fidedigno (Garn *et al.*, 1959; Stewart, 1963; Liliequest & Lundberg, 1971; Briffa *et al.*, 2005; Cameriere *et al.*, 2007; Nik-Hussein *et al.*, 2011; Feijóo *et al.*, 2012a; Jayaraman *et al.*, 2013).

Los métodos dentarios son de máxima utilidad para la estimación de la edad cronológica, pues los dientes, siendo los elementos más resistentes, son normalmente las piezas más encontradas en la práctica Forense (Prasad *et al.*, 2003; Maber *et al.*, 2006; Kirzioglu & Ceyhan, 2012). Ya referimos que el estudio de la erupción dentaria no es el más fidedigno; sin embargo, a través de la mineralización de la dentición, es posible establecer etapas de desarrollo de los dientes desde la existencia de gérmenes dentarios, o sea, de la constitución del diente, que incluye la formación de una matriz orgánica y su subsiguiente mineralización (Kraus, 1959; Kraus & Jordan, 1965; Flood *et al.*, 2013), habiendo sido hechos los estudios, primero por disección anatómica y posteriormente a través de métodos radiológicos (Kraus, 1959; Briffa *et al.*, 2005; Nik-Hussein *et al.*, 2011; Jayaraman *et al.*, 2013).

La mineralización de los dientes puede ser un mejor indicador de la madurez somática, que su erupción clínica, porque se puede estudiar a través de un estudio longitudinal radiográfico, siguiendo su formación a lo largo de varios años, desde períodos en que no hay todavía dientes erupcionados (Gleiser & Hunt, 1955; Jayaraman *et al.*, 2013; Khorate *et al.*, 2014). Sin embargo, la erupción puede no suceder, por

diversos factores, proporcionando por eso información menos rigurosa (Demirjian *et al.*, 1973; Leurs *et al.*, 2005; Jayaraman *et al.*, 2013).

Durante aproximadamente los primeros veinte años de vida del individuo, la dentición se encuentra en formación, pudiendo establecerse etapas bien definidas de mineralización y desarrollo, como de erupción.

Siendo la mineralización dentaria un proceso continuo y secuencial, como ya fue referido, comenzando por la corona y terminando en la raíz con el cierre del ápice, es posible establecer correlación entre la edad dentaria y cronológica, a través del grado de mineralización de los dientes, estén erupcionados o no, especialmente hasta la edad de cierre del ápice del segundo molar (aproximadamente 14 años) (Silva, 1997; Nik-Hussein *et al.*, 2011; Flood *et al.*, 2013).

Para realizar el estudio de la mineralización dentaria, el método radiográfico es el proceso utilizado por varios autores para analizar el desarrollo de la dentición humana en poblaciones conocidas (Nik-Hussein *et al.*, 2011; Jayaraman *et al.*, 2013).

Las fases de desarrollo de la formación, mineralización (formación de la corona y raíz hasta el cierre del ápice) y erupción, tanto en la dentición primaria como en la permanente, siendo un proceso mucho más fácil y fiable que el anterior, fue hecho por disección por Logan y Kronfeld (1933), que creó la primera tabla estandarizada a través de métodos histológicos. Más tarde, Schour y Massler (1940) presentaron una modificación a esa tabla, publicando, en la *American Dental Association*, un mapa de erupción y mineralización dentaria con veinte y un estadios, desde el periodo prenatal hasta la edad adulta, cuando toda la dentición está formada, conforme la Figura 1.

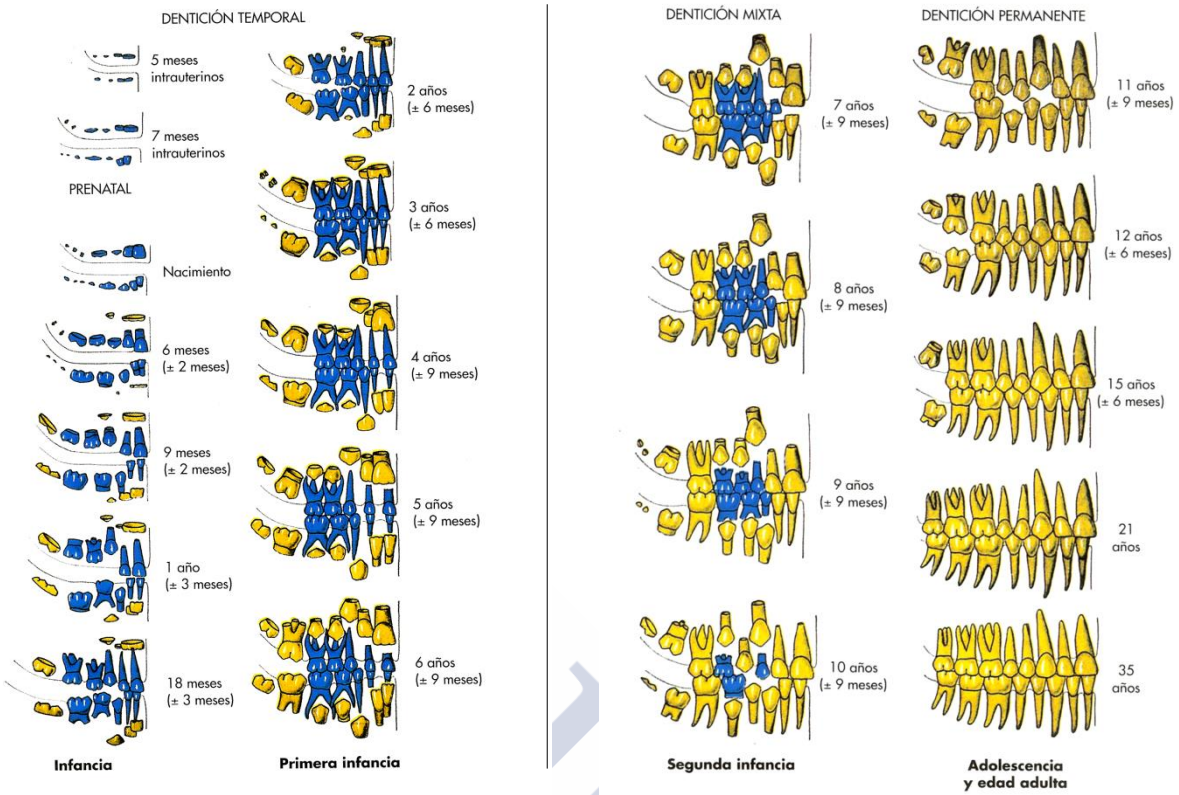


Figura 1 – Desarrollo de la dentición desde su formación hasta la edad adulta - adaptado de Schour y Massler 1940 *en* Ash y Nelson 2004.

Gleiser y Hunt (1955) y Blenkin y Taylor (2012) aplicaron técnicas radiográficas, desenvolviendo varios estadios de mineralización de los dientes, teniendo como referencia el tipo de tablas utilizadas para el crecimiento óseo aplicadas en todos los dientes mandibulares y en dos incisivos maxilares. Moorrees *et al.* (1963); (Maber *et al.*, 2006; Jayaraman *et al.*, 2012) desarrollaron una tabla de 14 estadios de mineralización, tanto para dientes uniradiculares como multiradiculares.

Tal y como acabamos de referir, y según Chaillet (2004) y Demirjian *et al.* (1973), hay varios métodos para estimar la madurez dentaria que evidencian la existencia de varios grados de madurez (Nik-Hussein *et al.*, 2011). En este trabajo, trataremos los métodos de Nolla (1960) y de Demirjian *et al.* (1973). Tienen la ventaja de ser económicos y de fácil utilización.

Los métodos más frecuentemente utilizados, utilizan técnicas radiográficas intraorales y extraorales de tipo Panorámica, que permiten una visión general del conjunto de los dos maxilares y anexos, en que se basan los estudios comparativos de las radiografías y de las tablas estandarizadas (Jayaraman *et al.*, 2012).

1.3.1. Método de Nolla (1960)

El método desarrollado por Nolla (1960) ha sido muy usado en países como España y Portugal. Este método se basa en un estudio que la investigadora llevó a cabo en 1960 en Michigan, utilizó radiografías intra y extraorales, con la finalidad de estudiar la mineralización y la erupción de la dentición permanente, en un total de 1746 Rx de niñas y 1656 Rx de niños. A partir de ese estudio longitudinal, desarrollo un método de clasificación del desarrollo dentario en diez estadios, de uno a diez, observables de forma radiológica y correspondiendo respectivamente a la fase inicial, con presencia de cripta (estadio uno) y a la formación completa de la raíz con el ápice cerrado (estadio diez) (Nolla (1960), como está descrito en la Figura 2.

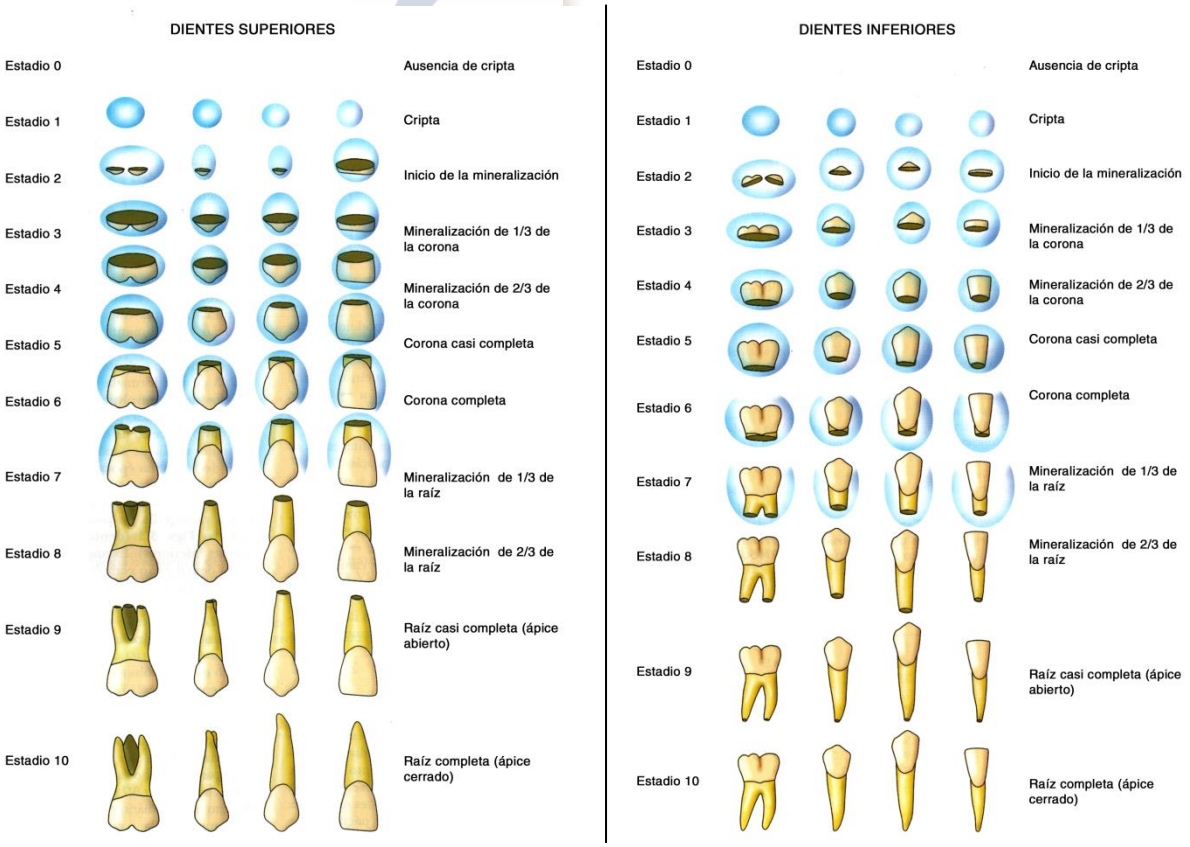


Figura 2 - Esquema de los diez estadios de desarrollo de Nolla (1960) - adaptado de Ferreira (2001).

Esta tabla de mineralización de la dentición permanente, es un valioso elemento de diagnostico cuando se quiere comprobar si la mineralización de un determinado caso se está produciendo dentro de la edad normal, o está atrasada. Por esa razón es muy utilizado en la enseñanza y en la práctica clínica (Nolla, 1960; Mayoral *et al.*, 1986; Briffa *et al.*, 2005; Kirzioglu & Ceyhan, 2012).

Este método es aplicado mediante la evaluación radiográfica del grado de mineralización de cada uno de los dientes maxilares y mandibulares definitivos de un cuadrante, con o sin el tercer molar, haciéndoles corresponder un estadio de desarrollo al que se le atribuye la respectiva puntuación.

A partir de la tabla de Nolla (1960), el estadio 2 corresponde al inicio de la mineralización de la corona, en el estadio 6 la corona está completa y en el estadio 8 la mayoría de los dientes erupcionan, teniendo ya dos tercios de la raíz formada.

En la práctica evaluamos cada diente individualmente, comparando su radiografía con el estadio de la tabla de Nolla (1960) (Figura 2 y Tabla 3 en Apéndice) que más se le asemeja. Por ejemplo, si un tercio de la corona está completa, corresponde en la tabla de Nolla (1960) al estadio 3. Si tiene un tercio de la raíz ya formada, corresponde en la tabla de Nolla (1960) al estadio 7. Si la observación radiológica revela que la raíz está entre un tercio y dos tercios de raíz completa, o sea entre dos estadios, se suma 0,5 al estadio anterior, en este caso el valor será 7.5.

En el caso de sobrepasar ligeramente un estadio, debe sumarse 0.2, y si casi alcanza el estadio siguiente, se sumará 0.7. Las sumas totales de las puntuaciones individuales de cada diente evaluado (lo que requiere la presencia de todos los dientes de la hemiarcada correspondiente) se comparará con la tabla de la edad (Tablas 1 y 2 en Apéndice), sin verificarse diferencias significativas entre las arcadas maxilar y mandibular, ni en el desarrollo de los dientes de la misma especie, entre el lado derecho y el lado izquierdo (Nolla 1960).

El estudio de Nolla (1960) confirmó que el desarrollo de la mineralización comenzaba y acababa antes en el sexo femenino, a pesar de que no parecen existir diferencias en la secuencia de su desarrollo, como se puede verificar por el análisis de la Tablas 1 y 2 en Apéndice. El método de Nolla (1960) es uno de los más utilizados, por ser un procedimiento fiable para la estimación del desarrollo de la dentición definitiva, pudiendo utilizar o no la suma del tercer molar.

1.3.2. Método de Demirjian *et al.* (1973)

Posteriormente surgió el método de Demirjian *et al.* (1973), que actualmente es uno de los métodos más comúnmente utilizados para la evaluación del desarrollo de la dentición permanente. Estos autores investigaron primero 14 dientes mandibulares y posteriormente 7 dientes mandibulares del lado izquierdo, para verificar si el resultado sería el mismo. Concluyeron que la desviación estándar entre el estudio de 7 y 14 dientes es muy pequeño, por lo que analizar 7 dientes es suficiente.

El método original fue basado en el estudio de una población sana, sin alteración de crecimiento, de 1446 niños y 1842 niñas franco-canadienses cuyos padres y abuelos eran exclusivamente de origen francés, con edades comprendidas entre los 2 y los 20 años, con todos los dientes de la hemiarcada mandibular izquierda presentes, erupcionados o no, excluyendo el tercer molar. El objetivo del estudio fue determinar la edad dentaria, en función del sexo, a través de análisis de Rx panorámicas.

Es un método simple y fácil de reproducir, realizable sobre un Rx Panorámica que establece 8 estadios de mineralización bien definidos (A a H) en cada diente, desde el inicio de la mineralización de la corona hasta el cierre del ápice, tal y como en el Método de Nolla (1960), (el 0 corresponde a la ausencia de cripta), atribuyendo un valor a cada uno de los estadios, en función del sexo.

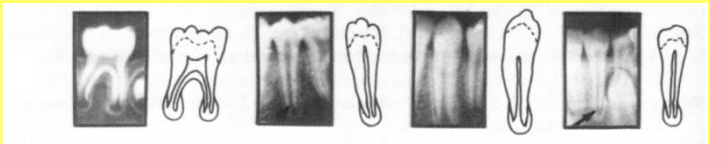
Según Demirjian *et al.* (1973), a cada diente se atribuye un estadio determinado con la aplicación de una letra, de acuerdo con los respectivos criterios de a) a c) (Tabla 1), y se convierte en valores cuantitativos conforme el sexo, por aplicación de la Tabla 4 (en Apéndice), se suman las puntuaciones de los siete dientes en función del sexo y se obtiene la suma de la madurez dentaria en una escala de 0 a 100 (Tabla 5 en Apéndice), a través de la misma técnica matemática utilizada por Tanner y Whitehouse (1962) para la evaluación de la madurez esquelética. Esta suma se convierte en edad dentaria a partir de la tabla de conversión de resultados de la madurez (Tabla 5 en Apéndice) (Demirjian *et al.*,1973).

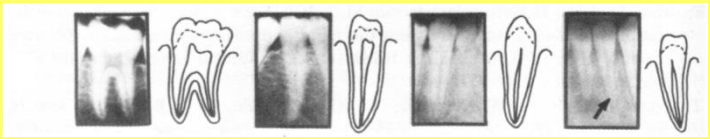
Cada estadio puede tener uno o varios criterios: a, b y c, (Tabla 1). Los que son definidos por un solo criterio deben cumplirlo en la totalidad. En caso de ambigüedad, se atribuye el estadio inferior (Demirjian *et al.*, 1973).

Tabla 1 – Estadios de desarrollo de la dentición permanente adaptado de Demirjian *et al.* (1973)

Estadio	Dientes unirradiculares	Dientes multirradiculares	Morfología
A	Se ve el principio de la mineralización al nivel superior de la cripta, en forma de uno o varios conos, sin que haya fusión entre ellos	El mismo criterio	
B	Superficie oclusal definida, con fusión de los puntos de mineralización	El mismo criterio	
C	a) Se completó la formación del esmalte a nivel de la superficie oclusal. Se observa su extensión y convergencia hasta la región cervical. b) Presenta depósito incipiente de dentina. c) El contorno de la cámara pulpar presenta una forma curva en el borde oclusal.	Los mismos criterios	
D	a) Mineralización completa de la corona hasta la unión	a) El mismo criterio b) El contorno	

Es ta-dio	Dientes unirradiculares	Dientes multirradicu-lares	Morfología
	cemento-adamantina. b) El contorno superior de la cámara pulpar presenta una forma curva, bien definida, cóncava hasta la región cervical, en forma de paraguas si se hubiesen desenvuelto los cuernos pulpares. c) Se observa el comienzo de la formación de la raíz en forma de espícula.	superior de la cámara pulpar de los molares tiene forma de trapecio c) El mismo criterio	
E	a) Las paredes de la cámara pulpar forman líneas rectas cuya continuidad se rompe por la presencia del cuerno pulpar, que es mayor que en el estadio anterior b) La longitud de la raíz es menor que la de la corona	a) Formación inicial de la bifurcación radicular, en forma de un punto mineralizado, o en forma de media luna. b) La longitud de la raíz es menor que la altura de la corona.	

Estadio	Dientes unirradiculares	Dientes multirradiculares	Morfología
F	a) Las paredes de la cámara pulpar forman ahora un triángulo más o menos isósceles. La parte apical del conducto radicular termina en forma de embudo b) La longitud de la raíz es igual o superior a la altura de la corona.	a) La región calcificada de la bifurcación se presenta desarrollada hasta más abajo, a partir de su estadio de media luna, para dar a las raíces un contorno más definido y nítido, con terminaciones en forma de embudo b) La longitud de la raíz es igual o superior a la altura de la corona.	
G	Las paredes del conducto radicular son ahora paralelas y la extremidad apical del conducto está todavía parcialmente abierta.	Las paredes del conducto radicular se presentan ahora paralelas, y la extremidad apical del	

Es ta-dio	Dientes unirradiculares	Dientes multirradicu-lares	Morfología
		conducto está sin embargo parcialmente abierta.	
H	a) La extremidad apical del conducto radicular se presenta completamente cerrada. b) El espacio periodontal tiene una longitud uniforme alrededor de la raíz y del extremo apical.	a) La extremidad apical del conducto radicular se presenta completamente cerrada (incluyendo la raíz distal de los molares). b) El espacio periodontal es uniforme alrededor de la raíz y del extremo apical	

En 1976 este Método fue revisado y simplificado, pasando a ser posible la utilización de apenas 4 dientes, dos premolares y dos molares (Demirjian & Goldstein, 1976). Así, hay dos opciones para su aplicación, la utilización de 4 o 7 dientes. Cuando hay falta de un diente del lado izquierdo puede ser substituido por el correspondiente diente del lado derecho, pero si ambos están perdidos, no es posible calcular el total de

la madurez. La eficacia de la estimación de la edad dentaria, con varios dientes perdidos, está considerablemente disminuida (Demirjian *et al.*, 1973).

1.4. Últimos estudios para evaluación de la estimativa de la edad cronológica

En esta sección hacemos la síntesis de los estudios más relevantes utilizando los métodos de Nolla (1960) y de Demirjian *et al.* (1973), en comparación con otros: métodos de Fanning (1962), Moorrees *et al.* (1963), Haavikko (1974), Willems (2001), Cameriere *et al.* (2006), entre otros. De referir que los estudios recientes que utilizan el método de Nolla (1960) son escasos.

Haavikko (1974), Staff *et al.* (1991) y Bolaños (2000a) aplicaron el método de Nolla (1960) en un población con edades comprendidas entre los 3 y 15 años, Sueca, Finlandesa y Andaluza, respectivamente, habiendo llegado a una alta correlación a través de la aplicación de un número reducido de dientes, concluyendo que los dientes 21, 46 y 43 para los niños y 21, 47 y 46 para las niñas menores de 10 años de edad, son los que establecieron una correlación más fiable (con un intervalo de credibilidad de 95%) entre la edad dentaria estimada y la edad cronológica. Bolaños *et al.* (2000) encontraron resultados con el método Nolla (1960) que indicaban que los dientes con mayor fiabilidad, considerados separadamente, varían entre niños y niñas. O sea, los dientes con mayor fiabilidad en la estimación de la edad cronológica para los niños no son los mismos que para las niñas.

Relativo al método de Demirjian *et al.* (1973), se destaca su aplicación en varias poblaciones con diversas etnias. En 1985, Hagg y Matsson, al aplicar el método en niños jóvenes encontraron un elevado índice de exactitud. Sin embargo, hay indicios que los valores de Demirjian *et al.* (1973) tienen una utilidad limitada. Por un lado, son métodos que se sustentan en radiografías, sujetas a variaciones técnicas y a interpretaciones subjetivas del estadio de desarrollo cuando se realiza su observación morfológica. Por otro lado, hay variaciones poblacionales que podrán dar un valor relativo al uso de los referenciales de los métodos.

Nystrom *et al.* (1986) comparando la edad dentaria de niños Finlandeses con niños Franco-canadienses, verificaron una madurez dentaria más adelantada en los

primeros que en los segundos. Ya Staaf *et al.* (1991) aplicaron el mismo método a una población de niños escandinavos, encontrando un retraso de 6 a 10 meses. Davis y Hagg (1994), al realizar el estudio en una población China, concluyeron que el método de Demirjian *et al.* (1973) no se podía aplicar a esta población con la misma fiabilidad.

Koshy y Tandon (1998) relataron un estudio en que los valores de Demirjian *et al.* (1973) no consiguieron prever con exactitud la edad cronológica de 184 niños del sur de India. Davis y Hägg (1994) descubrieron que los valores de Demirjian *et al.* (1973) necesitaban una re-especificación porque subestimaban la edad en los niños chinos. Staff *et al.,* (1991) también encontraron resultados que indicaban una sobrestimación de los estándar de Demirjian *et al.* (1973) en niños escandinavos. Esto ocurre, porque la población estudiada por Demirjian *et al.* (1973) en 1973 era constituida por franco-canadienses con antecedentes franceses.

Entre otros autores, Koshy y Tandon (1998) aplicaron el método a niños del sur de India y concluyeron que este no es creíble dada la variedad de afinidades poblacionales en esta región. Koshy y Tandon (1998) también encontraron resultados que muestran variaciones en la fiabilidad de los valores de Demirjian *et al.* (1973), en función de la edad del grupo. Los autores demostraron que los estándares son más fiables cuando son aplicados en una población más joven. Ante la discrepancia de resultados, Teivens y Monstard (2001) introdujeron en el método de Demirjian *et al.* (1973) algunas funciones matemáticas de forma para hacerlo más eficaz desde el punto de vista estadístico, habiéndolo ensayado en dos poblaciones, Sueca y Coreana, demostrando diferencias significativas, con un desarrollo más precoz en la población Sueca, de 2 meses para los niños y 6 meses para las niñas.

McKenna *et al.* (2002) de la Universidad de Adelaide, con una muestra de 655 niños sur-australianos, encontraron resultados que llevaron a cuestionar la utilidad de los valores en el caso de esta población (compuesta tanto por niños nacidos en Australia como en otros países). Tompkins (1996) comparó una muestra franco-canadiense con una muestra sur-africana negra y fósiles amerindios. Los resultados evidenciaron diferencias substanciales, atribuibles a patrones de desarrollo divergentes.

Maber *et al.* (2006) realizaron un estudio en 946 niños de Bangladesh e Inglaterra com radiografías panorámicas, comparando la eficacia de los métodos de Nolla (1960), Demirjian *et al.* (1973), Haavikko (1974) y Willems (2001). Los resultados mostraron que el método de Willems (2001) fue el más preciso. El método de

Demirjian *et al.* (1973) sobrestimó la edad cronológica mientras que el de Nolla (1960) y el de Haavikko (1974) subestimaron la edad cronológica.

Cameriere *et al.* (2006) utilizaron una muestra de 455 niños italianos, de entre los 5 y los 15 años de edad edades, en los cuales se correlacionó la edad cronológica con las medidas de los ápices abiertos de los dientes. Se verificó que estas variables morfológicas explicaron 83,6% de las variaciones en la estimación de la edad cronológica, siendo la media de los errores residuales entre las edades real y estimada de 0,035 años.

Uslenghi *et al.* (2007) realizaron un estudio radiográfico con el método de Haavikko, para evaluación del desarrollo y formación dentaria en niños de 3 a 15 años con agenesia de uno o más dientes permanentes. Los autores concluyeron que el desarrollo de los dientes permanentes en estos niños si diferencia en relación a niños normales (grupo de control).

Kurita *et al.* (2007) tuvieron el propósito de evaluar la aplicabilidad de los métodos propuestos por Nolla (1960) y por Nicodemo *et al.* (1974), para determinación de la edad dentaria y su correlación con la edad cronológica. Se evaluaron las radiografías panorámicas de 360 pacientes de la ciudad de Fortaleza (Brasil) de 7-15 años para la asociación entre la edad cronológica y dentaria. Cuando el método de Nolla (1960) fue aplicado, la media de la diferencia entre la edad real y la estimada para los géneros femenino y masculino fueron subestimadas. La utilización del método de Nicodemo (1974) también subestimó la edad real, principalmente para el género masculino.

Camerieri *et al.* (2008) evaluaron la precisión de este método en 401 niñas y 355 niños con edades entre los 5 y los 15 años, de diferentes etnias (Italia, España y Croacia), en comparación con los métodos de Demirjian *et al.* (1973) y Willems (2001). Los resultados mostraron que el método de Camerieri (2006) subestimó levemente la edad real; el método de Willems (2001) presentó una sobreestimación para la edad de los niños y una subestimación para la edad de las niñas; por último, el método de Demirjian *et al.* (1973) sobrestimó la edad real de ambos géneros. El método de Camerieri (2006) fue más preciso para niños que para niñas, aunque esta diferencia entre los géneros no fuese significativa. El método de Willems (2001) fue mejor que el método de Demirjian *et al.* (1973), pero menos preciso que el método de Camerieri (2006).

El método de Willems (2001) fue una modificación del método de Demirjian *et al.* (1973). Mani *et al.* (2008) tuvieron la intención de testar la aplicabilidad de este método comparativamente al de Demirjian *et al.* (1973) para la estimación etaria de una población de Malasia, así como correlacionar el índice de masa corporal y la diferencia entre la edad dentaria y cronológica. Los autores verificaron que el método de Demirjian *et al.* (1973) sobrestimó la edad en 0,75 y 0,61 años en niños y niñas, respectivamente. En cuanto el método de Willems (2001) sobrestimó la edad en 0,55 y 0,41 años. En niños el índice de masa corporal fue significativamente correlacionado con la diferencia en la edad, utilizándose el método de Willems (2001). Se concluyó que son necesarias modificaciones de los métodos estudiados para la estimación de la edad en las poblaciones de Malasia.

El propósito del estudio de Tunc y Koyuturk (2008) fue evaluar la aplicabilidad del método de Demirjian *et al.* (1973) para la estimación de la edad dentaria y para la descripción de la formación dentaria de los dientes permanentes inferiores de niños sanos del norte de Turquía, de los 4 a los 12 años de edad. Se seleccionaron 900 radiografías. Se verificó una madurez precoz en relación a la muestra de Demirjian *et al.* (1973), variando las diferencias entre 0,36 y 1,43 años en la comparación entre las edades cronológica y dentaria. Los autores concluyeron que los padrones descritos por Demirjian *et al.* (1973) en la década de 70 no se aplican a los niños de Turquía.

El estudio de Moananui y colaboradores (2008) utilizó también el método de Demirjian *et al.* (1973) para evaluar la maduración dentaria en niños y niñas provenientes de Maorí, Isla Pacífica y de Nueva Zelanda de origen europea. Fue testada la hipótesis de que los niños y niñas de Maorí y de Isla Pacífica tendrían una edad dentaria más avanzada que los niños de origen europea. Se evaluaron 1343 radiografías panorámicas de niños y niñas entre los 2,5 y los 14 años. Se concluyó que los de Isla Pacífica presentaban índices de maturación mayores que los de Maorí, los cuales tuvieron índices más avanzados que los de Nueva Zelanda de origen europea.

Rózylo-Kalinowska *et al.* (2008) compararon la edad dentaria de niños y niñas polacos con los estándares de desarrollo propuestos por Demirjian *et al.* (1973). La muestra contó con 994 radiografías panorámicas de niños sanos de los 6-16 años. Se observó que los estándares sobrestimaron la edad cronológica, siendo más notoria la aceleración en niñas de 11-12 años, así como en niños de 13 años.

Chen *et al.* (2009) evaluaron la aplicabilidad del método de Demirjian *et al.* (1973) en 445 niños y niñas chinos de 8-16 años. Se verificó una sobrestimación de la edad, siendo la media de las diferencias de 0,01 a 1,25 años para las niñas y de 1,00 a 1,30 años para los niños.

Qudeimat y Behbehani (2009) realizaron un estudio para testar la validez de los estándares de maduración dentaria propuestos por Demirjian *et al.* (1973) (1973) en 509 niños y niñas sanos de Kuwait. Los resultados mostraron diferencias significativas entre los niños de Kuwait y los niños franco-canadienses. Los provenientes de Kuwait mostraron un retraso en su desarrollo en relación a los franco-canadienses.

Cardoso (2009) testó la precisión de las ecuaciones de regresión para la evaluación de la estimación etaria, orientada al desarrollo de los dientes permanentes con base en la longitud en 88 esqueletos (Liversidge & Molleson, 1999) portugueses de edad conocida. Los resultados revelaron una alta precisión para el método, mostrando una diferencia media entre la edad cronológica y la estimada de 0,56 e 0,05 años. Sin embargo, hubo una tendencia de sobrestimación para los niños menores de 6 años.

Camerieri *et al.* (2009) examinaron a través de las imágenes de las radiografías periapicales, la aplicación de este método como indicador de la edad para una muestra portuguesa de 126 caninos del género masculino y 132 del femenino de individuos de 20 a 84 años, de la colección del museo de antropología de la Universidad de Boloña. Fueron hechas comparaciones entre la muestra portuguesa y los equivalentes propuestos por Cameriere para una muestra italiana, no habiéndose encontrado diferencias significativas, sugiriendo que un modelo de regresión común puede ser aplicado para ambas poblaciones.

Cruz-Ladeira *et al.* (2010) evaluaron a través de los métodos de Demirjian *et al.* (1973) y de Chaillet (2004), las radiografías panorámicas de 308 niños y niñas venezolanos y españoles, con edades comprendidas entre los 2 y los 18 años, Los resultados mostraron una buena correlación entre las edades dentaria y cronológica, aunque el método de Demirjian *et al.* (1973) hubiese sobrestimado las edades en la muestra española y si se utilizaran los valores de Chaillet (2004), esta sobrestimación fue todavía más significativa. En la muestra venezolana ocurrió lo inverso: el método de Demirjian *et al.* (1973) subestimó las edades y con los valores de Chaillet (2004) la subestimación fue todavía más significativa. A partir de estos resultados, se realizaron

nuevos gráficos para los niños venezolanos y españoles para convertir los valores de madurez para la edad dentaria.

Raí *et al.* (2010) realizaron un estudio con el objetivo de evaluar la maduración dentaria, con base en medidas de los ápices dentarios abiertos de una muestra de la India a través de la fórmula europea de Cameriere y verificar si esta fórmula se mostraba adecuada para los niños indios. Fueron analizadas 480 radiografías panorámicas de los 3 a los 15 años. Los resultados mostraron que todas las variables, excepto el género y el segundo premolar, contribuyeron significativamente para la previsión de la edad cronológica.

Graham *et al.* (2010) pretendieron verificar la precisión del método de Moorrees, Fanning y Hunt (MFH, 1963) utilizando imágenes provenientes de la tomografía computadorizada TC. Los autores evidenciaron la importancia en la actualidad de la TC, complementando los métodos convencionales de determinación de la maduración dentaria y esquelética basados en las radiografías. Fue evaluado también si la experiencia en la determinación de la maduración interfería en los datos. La muestra contó con 96 niños australianos mayores de 15 años, para los cuales las imágenes en 3D y de la TC fueron evaluadas. Inicialmente la edad fue estimada en base a la experiencia de los examinadores y en seguida se utilizó el método MFH (1963). Los resultados mostraron que la utilización del método MFH (1963) con las imágenes CT subestimó la edad cronológica en 10% en media. Se concluyó que las imágenes TC fueron precisas para la estimación de la edad dentaria.

Bagherpour *et al.* (2010) testaron la precisión del método de Demirjian *et al.* (1973) en 114 niños y en 170 niñas iraníes. Los resultados mostraron que el método sobrestimó la edad de los niños en 0,34 años y de las niñas en 0,25 años. Se concluyó que el método de Demirjian *et al.* (1973) fue apropiado para la estimación de la edad dentaria de pacientes iraníes, especialmente de los 9 a los 13 años.

Karaarslan *et al.* (2010) realizaron un estudio para la determinación etaria basada en 238 radiografías panorámicas de individuos turcos de 1 a 60 años, con base en la formación de la dentina secundaria (Paewinsky *et al.*, 2005). La estimación etaria varió de 1 a 10 años (89,6%). El mayor índice de imprecisión fue entre los 41 y 50 años (41,7%), indicando que la precisión de la estimación etaria disminuye con la edad. La estimación etaria por las radiografías panorámicas se mostró más precisa en la primera

década de vida y menos precisa en la cuarta década, concluyendose que este método no se muestra adecuado para la estimación de la edad.

Kumar y Gopal (2011) evaluaron la estimación etaria utilizando el método de Demirjian *et al.* (1973) en 121 radiografías panorámicas digitales, siendo la edad calculada a través de una fórmula india. Los resultados mostraron un error de 1,18 años en media, siendo el 57,9% de la muestra el error dentro de un año, lo que permite concluir que estos métodos son aplicables.

Flood *et al.* (2011) determinaron la maduración dentaria o la edad cronológica de 144 individuos australianos sanos de 3 a 14 años. Las radiografías panorámicas fueron analizadas con aplicación del método de Demirjian *et al.* (1973). Los resultados no mostraron diferencias en los valores de madurez dentaria en cada grupo etario y en ambos sexos.

Nik-Hussein *et al.* (2011) testó la eficacia de los métodos de Demirjian *et al.* (1973) y Willems en 991 niños y niñas de Malasia de los 5 a los 15 años de edad. Los resultados mostraron que el método de Willems (2001) fue más predictivo que el método de Demirjian *et al.* (1973), que mostró una sobrestimación de la edad cronológica. Ambos métodos fueron más precisos en la estimación de la edad dentaria para las niñas comparativamente a los niños. El método de Demirjian *et al.* (1973) mostró ser más exacto en sujetos en que el primer premolar mandibular estaba más avanzado que el desarrollo del segundo premolar y del segundo molar.

Lee *et al.* (2011) testaron la validez de los métodos de Demirjian *et al.* (1973), Demirjian *et al.* (1973) revisado, Willems (2001), Chaillet (2004) y curvas de maduración para la población coreana adaptadas del método de Demirjian *et al.* (1973) (método coreano), en 1483 radiografías panorámicas de niños y adolescentes coreanos de los 3 a los 16 años. Entre los cinco métodos, los resultados mostraron que el método de Willem (2001) y el coreano fueron los más precisos para ambos sexos, seguido del de Demirjian *et al.* (1973) apenas para los niños.

Kirzioglu y Ceyhan (2012) compararon el método de Havikko (1974) con el de Nolla (1960) y el de Demirjian *et al.* (1973) en una muestra de 425 niños y niñas turcos sanos, entre los 7 y los 13 años, del mismo nivel socioeconómico y de la misma etnia. Se verificó una subestimación de la edad dentaria de – 0.53 para niños y -0.57 para niñas, siendo que la edad dentaria por el método de Nolla (1960) fuera más acertada para la edad cronológica entre 9-11 años en ambos sexos y en el grupo de las niñas de

13 años. En el método de Havikko hubo también una subestimación de la edad dentaria de -0,60 para los niños y de -0,56 en las niñas, con una diferencia media entre la edad dentaria y la edad cronológica de 1,16 para el grupo de las niñas de 13 años, siendo estos resultados consistentes con estudios anteriores (Maber *et al.*, 2006). El método de Demirjian *et al.* (1973) sobrestimó la edad para los niños +0,52 y para las niñas + 0,75, habiéndose concluido en esta muestra y tras la comparación entre los tres métodos, que el de Haavikko (1974) fue más predictivo, y que el 1º premolar, el 2º premolar y el 2º molar pueden por si solo predecir la edad sin requerir el uso de los otros dientes. Kirzioglu y Ceyhan (2012) concluyeron que estos métodos no son totalmente adecuados, siendo necesario evaluar tablas propias específicas para esta población. Una vez más podemos comprobar que en diversas localizaciones geográficas, grupos étnicos, clima, nutrición y condiciones socioeconómicas y una maduración sexual cada vez más precoz, los resultados son diferentes en relación a las poblaciones iniciales que dieron origen a los respectivos métodos (Staaf *et al.*, 1991, Koshy & Tandon, 1998; Bagherpour *et al.*, 2010).

El propósito del estudio de Feijóo *et al.* (2012b) fue el de aclarar la cronología de las diferentes etapas de desarrollo, de acuerdo con Demirjian *et al.* (1973), en una muestra de 1010 niños y niñas españoles de 2 a 16 años. Se observó que las niñas presentaban un desarrollo dental más precoz que el de los niños solamente en algunos dientes y etapas. Solo los caninos superiores revelaron una precocidad en las niñas en todas las etapas de maduración. El método propuesto por Demirjian *et al.* (1973) para el cálculo de la edad dentaria, resultó en una sobrestimación de la edad dentaria en relación a la edad cronológica real en los niños (0,87 años en media) y en las niñas (0,55 años). En función de estos resultados, Feijóo *et al.* (2012a) crearon curvas de maduración específicas, adaptando el método de Demirjian *et al.* (1973) para la población española.

Jayaraman *et al.* (2012) evaluaron la aplicabilidad del método de Demirjian *et al.* (1973) en una muestra de 266 radiografías panorámicas chinas. Los resultados mostraron que el método subestimó la edad en 0,24 años, aunque los resultados no fuesen significativos.

El objetivo del trabajo de Baghdadi y Pani (2012) fue el de comparar la precisión de la determinación de la edad dentaria de diferentes curvas poblacionales específicas, derivadas del método de Demirjian *et al.* (1973), para la determinación de la edad y

madurez de 176 niños Sauditas de 4 a 14 años. La edad dentaria fue calculada con el método de Demirjian *et al.* (1973) con curvas para poblaciones belgas, franco-canadienses, de Kwait y saudíes. Los resultados sugirieron que aunque las curvas poblacionales específicas sean más precisas, todavía existen variaciones dentro de cada población.

En una población del sur de Australia, Flood *et al.* (2013) hicieron un estudio a través de 408 Rx panorámicas utilizando el Método Demirjian *et al.* (1973) de cuatro formas diferentes: una en la forma original del método, evaluación de 7 dientes, 7 dientes modificada, método de 4 dientes y 4 dientes modificado. Las diferencias entre las edades dentarias y cronológicas fueron calculadas para los niños y niñas separadamente. Los autores encontraron diferencias medias significativas entre la edad dentaria y la edad cronológica, con sobrestimación para los cuatro métodos y en ambos sexos, incluso cuando evaluaban la edad de cada grupo individualmente. Habiendo encontrado una mayor precisión en el método de cuatro dientes, tanto para los niños como para las niñas (5 y 10 años), en la muestra proveniente del lado oeste de Australia. Este resultado confirma un estudio realizado anteriormente por Farah *et al.*, 1999, en una población similar del oeste de Australia.

Sarkar *et al.* (2013) compararon en una muestra de 100 sujetos indios entre los 5 y los 24 años, la eficacia del método de Demirjian *et al.* (1973) con una fórmula india. El método de Demirjian *et al.* (1973) subestimó la media de la edad para los niños en 1,63 años y para las niñas en 1,54 años. Ya la fórmula fue más precisa, subestimando la media de la edad para los niños en 0,10 años y para las niñas en 0,94 años.

Djukic *et al.* (2013) evaluaron la precisión de los métodos de Demirjian *et al.* (1973) y Willems (2001) en 686 niños serbios de los 4 a los 15 años. Ambos métodos mostraron una discrepancia en relación a la edad cronológica, aunque el método de Demirjian *et al.* (1973) haya mostrado una menor precisión que el de Willems (2001). Se registró una sobrestimación de 0,45 años en los niños y 0,42 años en las niñas con el método de Demirjian *et al.* (1973), en cuanto que con el de Willems (2001) se verificó apenas 0,12 en los niños y 0,16 en las niñas.

Khorate *et al.* (2014) utilizaron 500 radiografías panorámicas de individuos de 4 a 22 años de edad del estado de Goa, en la India, habiendo aplicado las fórmulas de Chaillet (2004), Demirjian *et al.* (1973) modificado, Acharya, Dr. Ajit Dinkar (in y Foti *et al.*, 2003) y Foti *et al.* (2003). Para esta muestra de Goa el método del Dr. Ajit Dinkar

se mostró más preciso, seguido del de Acharya para mujeres de los 9 a los 22 años y para hombres de los 10 a los 20 años. Los métodos de Demirjian *et al.* (1973) y de Chaillet (2004) mostraron una subestimación e imprecisión de aproximadamente 2 años.

1.5. Conclusión

Los procedimientos para la estimación de la edad cronológica son complejos, implicando diversos factores, entre los cuales se destacan el desarrollo óseo, los caracteres sexuales secundarios y la maduración dentaria (Khorate *et al.*, 2014).

Concluimos que entre los varios métodos sugeridos para la estimación de la edad, el método de Demirjian *et al.* (1973) fue el más frecuentemente utilizado, debido a su simplicidad, facilidad de estandarización y reproductibilidad, concordancia intra-examinadores y debido al hecho de basarse en radiografías panorámicas (Feijóo *et al.*, 2012a). En la revisión de la literatura anteriormente referida, verificamos que el método de Demirjian *et al.* (1973) fue poco preciso en diversas poblaciones, dato recientemente confirmado en Flood *et al.* (2013), Djukic *et al.* (2013), Feijóo *et al.* (2012a, 2012b), Jayaraman *et al.* (2013), Nik-Hussein *et al.* (2011), Lee *et al.* (2011), entre otros.

Jayaraman *et al.* (2013) hicieron un meta-análisis de 274 artículos científicos. De estos fueron seleccionados 34 sobre los cuales fue hecho un análisis cuantitativo y en 12 una síntesis. En general se observó una sobrestimación media para niños de 0,60 años y para las niñas de 0,65 años. El método demostró una precisión más acertada en la muestra del norte de la India en todos los grupos etarios y en ambos sexos, con una diferencia media de 0,13 años para los niños y 0,10 años para las niñas. En las Figuras 3 y 4 se representan las variaciones en la edad para el sexo masculino y femenino entre diferentes poblaciones aplicándose el método de Demirjian *et al.* (1973). Conforme puede observarse, apenas se registró una subestimación de la edad en una muestra china en niños y en otra venezolana en niños y niñas. Todos los restantes estudios mostraron una sobrestimación de la edad cronológica.

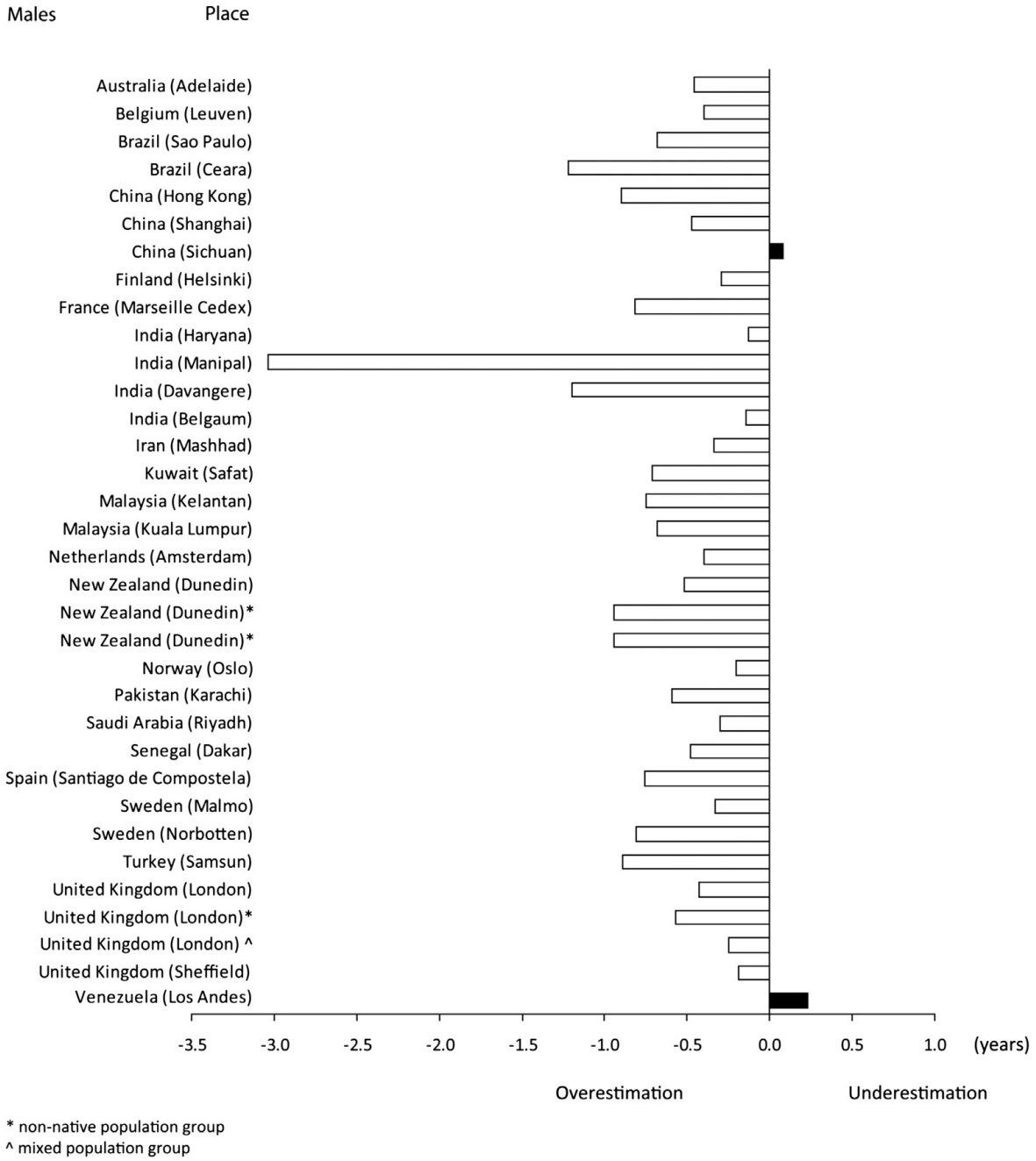


Figura 3 – Variaciones en la edad para el sexo masculino entre diferentes poblaciones según el método de Demirjian *et al.* (1973) (Fuente: Jayaraman *et al.*, 2013, p. 376).

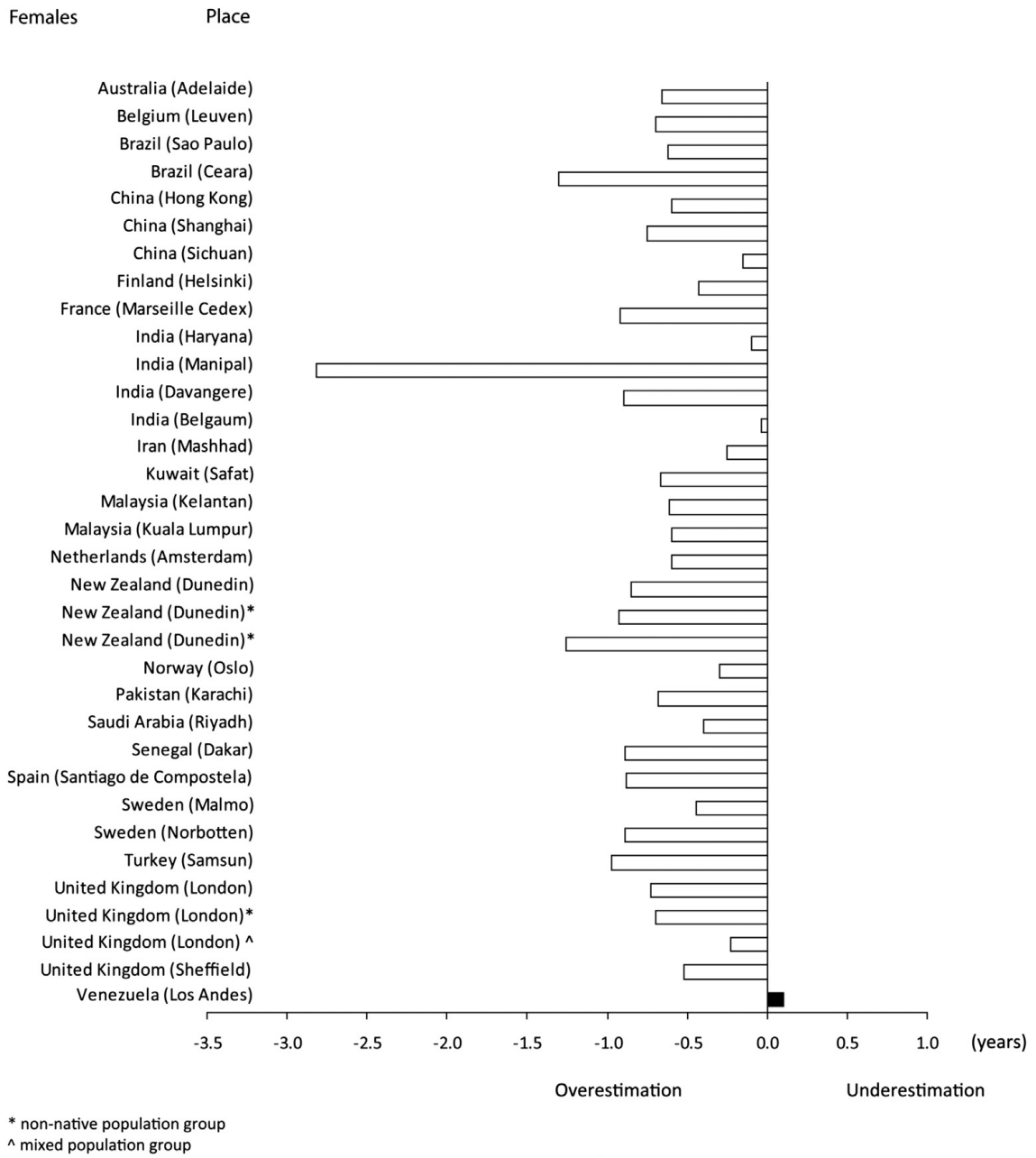


Figura 4 – Variaciones en la edad para el sexo femenino entre diferentes poblaciones según el método de Demirjian *et al.* (1973) (Fuente: Jayaraman *et al.*, 2013, p. 377).

Se concluyó que el recurso al método de Demirjian *et al.* (1973) ha conducido sistemáticamente a una sobrestimación de la edad cronológica. Entre otros, la sobrestimación fue encontrada en los estudios de Frucht *et al.* (2000), Willems *et al.* (2001), Eid *et al.* (2002), Foti *et al.* (2003), Maber (2006), Chen *et al.* (2010), Galic *et*

al. (2010), *Lee et al.* (2010), Nik-Hussein *et al.* (2011), Feijóo *et al.* (2012a, 2012b), Kirzioglu y Ceyhan (2012), Flood *et al.* (2013) y Djukic *et al.* (2013). Entre los estudios em que se verificó la subestimación, se han de referir los de Khorate *et al.* (2014) con individuos de Goa-India, Sarkar *et al.* (2013) con individuos indianos, Cruz-Ladeira *et al.* (2010) con individuos venezolanos y Chen *et al.* (2010) con niños chinos.

En todos los estudios en que se verificaron diferencias significativas entre la edad cronológica y la edad dental por los variados métodos, los autores sugirieron el uso de factores de corrección. Según Nik-Hussein *et al.* (2011), las discrepancias entre la edad cronológica y la edad dental verificadas en esos estudios pueden deberse a una tendencia general secular positiva en el crecimiento y desarrollo somático, lo que podría contribuir a un mayor desarrollo dentario.

Conforme resulta de la revisión de la literatura, el método de Nolla (1960) ha sido poco utilizado. Entre otros motivos, puede deberse a una mayor dificultad en la aplicación de este método, en comparación con el de Demirjian *et al.* (1973), por el mayor número de fases que presenta, lo que puede conducir a mayores discrepancias intra e inter-observadores. En este sentido, nos proponemos investigar la eficacia del método de Nolla (1960) en comparación con el de Demirjian *et al.* (1973) en una muestra española y portuguesa.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

2. 1. Importancia del estudio y problemática del análisis

La estimación de la edad cronológica a través de la madurez dentaria, constituye un instrumento valioso para que los Ortodoncistas y Odontopediatras monitoricen los estadios de desarrollo dentario de los niños, con vista al diagnóstico y plan de tratamiento. Es también relevante en el dominio forense, dada la utilidad en la identificación positiva de individuos, especialmente cuando existen registros dentarios completos. A lo que se suma la gran ventaja de ser menos susceptible de sufrir alteraciones por causas nutricionales, hormonales y/o patológicas (Demirjian *et al.*, 1973; Smith, 1991; Prasad *et al.*, 2003; Briffa *et al.*, 2005; Diz *et al.*, 2011; Jayaraman *et al.*, 2011; Nik-Hussein *et al.*, 2011; Feijoo *et al.*, 2012a; Flood *et al.*, 2013; Birch & Dean, 2014).

Fueron varios los métodos propuestos para calcular la edad cronológica por medio de la madurez y mineralización dentaria (Willems, Haavikko, Nicodemo, Cameriere e Moorrees, Fanning y Hunt, Tanner y Whitehouse), entre los cuales resaltan el propuesto por Nolla en 1960 y el de Demirjian *et al.* en 1973. Los resultados dispares resultantes de la aplicación de estos dos métodos, sobre todo del de Demirjian en diversas poblaciones, deben ser investigados.

Relativo al método de Demirjian *et al.* (1973), se destaca su aplicación en varias poblaciones con diversas etnias (e.g. Frucht *et al.*, 2000; Willems *et al.*, 2001; Foti *et al.*, 2003; Eid *et al.*, 2006; Maber *et al.*, 2006; Cruz-Ladeira *et al.*, 2010; Chen *et al.*, 2010; Galic *et al.*, 2010; *Lee et al.*, 2010; Nik-Hussein *et al.*, 2011; Feijoo *et al.*, 2012a, 2012b; Kirzioglu & Ceyhan 2012; Djukic *et al.*, 2013; Flood *et al.*, 2013; Sarkar *et al.*, 2013; Khorate *et al.*, 2014), comprobándose, conforme los casos, una sobreestimación (mayoritariamente) o subestimación de la edad dentaria. Sin embargo, para el método de Nolla, pocos han sido los estudios que investigan la utilización de este método en diferentes poblaciones de las diversas latitudes del planeta. El estudio más reciente en que se utilizó el método de Nolla, en comparación con el de Demirjian y Havikko, fue realizado por Kirzioglu y Ceyhan (2012) en una muestra de niños turcos. A parte de eso, el único estudio dedicado exclusivamente al método de Nolla data de 2000 (Bolaños *et al.*, 2000), en una muestra española, en que se verificó una elevada precisión para niños y niñas hasta los 10 años.

Ante estos hechos, ha sido frecuente la necesidad de proponer nuevas tablas con base en uno o otro factor de moderación (e.g., edad, sexo y raza), lo que indica que la

estimación de la edad cronológica mediante la madurez dentaria no es una tarea simple. Por el contrario, está sujeta a factores de contingencia que moderan la relación, por lo que proponemos testar, en una muestra de población española (mayoritariamente) y portuguesa, la aplicabilidad y credibilidad de los métodos de Nolla (1960) y de Demirjian *et al*. (1973).

2.2. Objetivos e hipótesis de trabajo

2.2.1. Objetivos generales y específicos

De acuerdo con lo expuesto, la problemática central de nuestro trabajo se sitúa en el análisis comparativo de los métodos de Demirjian y de Nolla en lo concerniente a las capacidades predictivas de la edad cronológica en una muestra de ciudadanos portugueses y españoles con edades comprendidas entre los 3 y los 35 años. Además del grupo intencional de niños con edades comprendidas entre los 6 y los 14 años – dado que a los 6 años se da la erupción del primer molar definitivo y a los 14 ya han aparecido los segundos molares permanentes, pero todavía no han erupcionado los terceros molares –, la eficacia de los métodos de Demirjian y de Nolla es ahora evaluada en muestras con edades más tempranas que los seis años y más tardías que los 14 años.

Tomando como objetivo general testar empíricamente la aplicabilidad de los referidos Métodos de Mineralización Dentaria en una muestra tanto de niños y niñas, como de adultos de las poblaciones portuguesa y española, llegaremos a un resultado que nos permitirá comparar la fiabilidad de las estimaciones de las edades cronológicas a partir de la madurez dentaria medida por los métodos de Demirjian y de Nolla.

Consideramos los siguientes objetivos específicos:

1) Analizar las capacidades predictivas de los métodos propuestos por Nolla (1960) y Demirjian *et al.* (1973)

2) Comparar la magnitud de la concordancia de los dos métodos – el de Nolla (1960) *vs.* el de Demirjian *et al*. (1973) – en los participantes que integran la muestra;

3) Determinar las variables clasificatorias que influencian el grado de aplicabilidad de los dos métodos, atendiendo, particularmente a:

3.1) sexo de los participantes.

3.3) altura real

3.4) peso real

4) Optando por el método con mayor índice de ajuste a la muestra en análisis, construir un modelo global con valor predictivo de la edad cronológica, en función de las variables clasificatorias de los participantes que mostraron tener influencia en la determinación de la eficacia del método utilizado.

5) Proceder a la prueba empírica del ajuste del modelo, comparando los valores reales con los valores previstos.

6) Averiguar las razones que podrán explicar o no, el ajuste de los métodos a muestras representativas de la población, en el caso de que tal situación se verifique.

7) En el método más preciso, presentar los resultados globales y diente a diente diferenciados por sexo y grupo de edad.

2.2.2. Hipótesis de trabajo

De acuerdo con la revisión de la literatura, y atendiendo a los objetivos que hemos especificado, proponemos cuatro hipótesis de investigación a someter a escrutinio de las pruebas de validación empírica (contraste de hipótesis):

2.2.2.1. **Hipótesis 1** – Análisis del valor predictivo de los métodos propuestos por Nolla (1960) y por Demirjian *et al.* (1973).

> Hipótesis nula (H0): los métodos de Nolla (1960) y de Demirjian *et al.* (1973), no presentan capacidad predictiva de la edad cronológica en individuos pertenecientes a la población portuguesa;
> Hipótesis alternativa (H1): es posible estimar la edad cronológica en una muestra española y portuguesa a través de los métodos de Nolla (1960) y de Demirjian *et al.* (1973);

2.2.2.2. **Hipótesis 2** – Comparación de la magnitud de las previsiones por los métodos de Nolla (1960) y de Demirjian *et al.* (1973).

> Hipótesis nula (H0): ambos métodos, de Nolla (1960) y de Demirjian *et al.* (1973), presentan igual capacidad predictiva de la edad cronológica en individuos portugueses;

Hipótesis alternativa (H1): existen diferencias estadísticamente significativas entre los métodos de Nolla (1960) y de Demirjian *et al.* (1973), en lo concerniente a la proporción de variabilidad de la edad cronológica prevista a partir de cada método;

2.2.2.3. **Hipótesis 3** – Determinación del grado de influencia de las variables clasificatorias en análisis en las ecuaciones de regresión.

Hipótesis nula (H0): ninguna de las variables clasificatorias en análisis, que caracterizan a los participantes, influencia la magnitud de la capacidad predictiva en cada uno de los métodos;

Hipótesis alternativa (H1): existe por lo menos una de las variables clasificatorias que influencia la magnitud de la capacidad predictiva en cada uno de los métodos;

2.2.2.4. **Hipótesis 4** – Determinación de la influencia de la variable sexo en el grado de aplicabilidad de los métodos de Nolla y de Demirjian.

Hipótesis nula (H0): el género de los niños no influencia diferenciadamente los métodos de Nolla (1960) y de Demirjian *et al.* (1973), desde el punto de vista de las capacidades predictivas de la edad cronológica de los niños y niñas portuguesas;

Hipótesis alternativa (H1): el género de los participantes influencia diferenciadamente la magnitud de las capacidades predictivas de los métodos de Nolla y de Demirjian.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

3.1. Caracterización de la muestra

La muestra está compuesta por 821 participantes, hombres y mujeres, cuyos datos fueron recogidos en la región Norte de Portugal y en Galicia, en la consulta de las Unidades de Odontopediatría/Odontología Integrada Pediátrica de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Santiago de Compostela, en las Unidades de Salud Bucodental de Atención Primaria de Lérez (Pontevedra) y de Fontiñas (Santiago de Compostela), así como en una clínica privada portuguesa y en la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Fernando Pessoa (Porto).

La muestra se caracteriza por ser no probabilística e intencional. Todos los participantes dieron autorización para su participación en el estudio, siendo esta concedida por los tutores en el caso de los participantes menores de edad.

Integran nuestra muestra 821 participantes, 409 del género masculino y 412 del género femenino, siendo las proporciones, respectivamente, 49,8% y 50,2%. La muestra es equitativa en términos de género – el test de Qui Quadrado (χ^2) apunta para frecuencias absolutas iguales entre los dos géneros, χ^2 (1) = 0,01, p = ,917.

En total observamos 270 ciudadanos portugueses, con edades comprendidas entre los 6 y los 14 anos, y 551 participantes españoles, con edades comprendidas entre los 3 y los 35 años.

La edad de la muestra global en meses se sitúa entre los 42 y los 409 meses (correspondientes a 3,5 y 34 años, respectivamente), siendo la media (M) de 150,73 meses (12,56 años) y la desviación estándar (DP) de 54,36 meses (4,53 años). Relativamente a los hombres, las edades están localizadas entre los 54 meses (4,5 años) y los 409 meses (34 años), con M = 146,59 meses (12,22 años) y DP = 50,57 meses (4,2 años). La edad de las mujeres varía entre los 42 meses (3,5 años) y los 343 meses (28,6 años), con M = 154,85 meses (12,91) y DP = 57,64 meses (4,8 años).

Agrupamos en 5 clases etarias las edades en años de los participantes: de los 3 a los 7 años de edad (inclusive), a partir de los 7 a los 10 (inclusive), a partir de los 10 a los 15 (inclusive), a partir de los 15 a los 20 (inclusive) y, por último, a partir de los 20 hasta los 35 años.

En el Tabla 3.1 se indica la distribución de la muestra según el género y la clase etaria de los participantes.

Tabla 3.1 – Distribución de la muestra según el género y la clase etaria

	Clase etaria (años)											
	3 a 7		> 7 a 10		> 10 a 15		> 15 a 20		> 20 a 35		*Total*	
Género	*n*	*%*	*n*	*%*	*n*	*%*	*n*	*%*	*n*	*%*	*n*	*%*
Masculino	37	4,5	107	13,0	179	21,8	62	7,6	24	2,9	409	49,8
Femenino	40	4,9	97	11,8	155	18,9	75	9,1	45	5,5	412	50,2
Total	77	9,4	204	24,8	334	40,7	137	16,7	69	8,4	821	100,0

Verificamos que la gran mayoría de la muestra se sitúa entre los 10 y los 15 años (n = 334; 40,7%), siguiéndole los 7 a los 10 años (n = 204; 24,8%). En un menor porcentaje encontramos los participantes más jóvenes (de 3 a 7 años, n = 77; 9,4%) y los más mayores (de 20 a 35 años, n = 69; 8,4%) de la muestra.

Con la finalidad de averiguar las diferencias de elementos masculinos y femeninos en cada clase etaria, procedimos al cálculo de los test de Qui Quadrado para elementos esperados iguales en cada clase etaria. Los resultados se indican en el Tabla 3.2.

Conforme se puede verificar, en todas las clases etarias, con excepción de la última, el número de elementos del género masculino no difiere significativamente del género femenino. Así, en cada clase etaria encontramos un número igual de participantes hombres y mujeres, dato importante para la igualdad de la muestra. La excepción a este resultado la constituye la clase etaria a partir de los 20 a los 35 años, en que los efectivos del género femenino superan significativamente los del género masculino. Sin embargo, en términos generales, el número de elementos masculinos y femeninos es igual, por lo que podemos considerar que estamos ante una muestra equitativa en términos de distribución del género en función de la edad de los participantes.

Tabla 3.2 – Distribución de la muestra según el género y la clase etaria: test de Qui Quadrado para elementos esperados iguales en cada clase etaria

	Clase etaria (años)											
	3 a 7		> 7 a 10		> 10 a 15		> 15 a 20		> 20 a 35		*Total*	
Género	*n*	*χ2 (1)*	*n*	*χ2 (1)*	*n*	*χ2 (1)*	*n*	*χ2 (1)*	*n*	*χ2 (1)*	*n*	*χ2 (1)*
Masculino	37	0,12	107	0,49	179	1,73	62	1,23	24	6,39	409	0,01
Femenino	40	*p* = ,732	97	*p* = ,484	155	*p* = ,189	75	*p* = ,267	45	*p* = ,011	412	*p* = ,917

3.2. Procedimientos y metodología adoptados

En esta sección procederemos a la descripción de los elementos metodológicos y técnicos así como de los procedimientos utilizados. Haremos referencia a la técnica radiográfica, a los métodos de estimación de la edad cronológica y a su aplicación en los niños y niñas que integran esta muestra.

3.2.1. Procedimientos Formales y Éticos

El proceso de investigación pretendió garantizar el respeto de todos los presupuestos éticos inherentes a una investigación, asumiendo la garantía de máxima confidencialidad en las fases de obtención de datos y de tratamiento de la información obtenida.

Los participantes fueron esclarecidos de la particularidad y objetivo del presente estudio de investigación.

Se obtuvo el consentimiento informado de todos los participantes. Para los menores de edad, se solicitó formalmente la autorización de sus tutores, que dieron su consentimiento informado. Después de la obtención de los datos, despistamos los casos con necesidad de tratamiento dental y entregamos las informaciones clínicas individuales a los propios o tutores.

3.2.2. Equipos Radiológicos y Accesorios Utilizados

Los equipos y accesorios radiológicos utilizados en la muestra fueron:

1) Ortopantomógrafos Orthophos® (Siemens, Munich, Alemania);

2) Unidad de Rx panorámica, de marca Yoshida, modelo "Panoura 10-C" con tiempo de exposición Standard y kilo-voltaje variable entre 80 y 90 Kvp, de acuerdo con las instrucciones del fabricante para cada grupo de edad;

3) Delantal de plomo con protección en los hombros, frente y espalda;

4) Películas radiográficas de la marca Kodak, referencia T-Mat S/RA Dental Film 15x30 cm;

5) Máquina de revelado automática, de la marca Dürr Dental modelo AC 245 L con tiempo programado por el fabricante (4 a 5 minutos);

6) Negatoscopio para visualización de las películas de Rx de la marca Kaiser, modelo Prolite 2, referencia 2403 de 30x21 cm.

3.2.3. Procedimientos adoptados en las clínicas/consultorios

Les retiramos todos los objetos metálicos que pudiesen interferir con la región anatómica implicada, tales como: collares, pendientes, o aparatos de ortodoncia removibles.

Colocamos un delantal de plomo que cubría los hombros, la parte frontal y la espalda.

La cabeza del participantes era colocada en el cefalostato, que, según las instrucciones del fabricante, permite un posicionamiento para una buena ejecución de la técnica radiográfica.

A continuación realizamos el revelado de las radiografías en la máquina de revelado automática y rechazamos las que no presentaban una buena calidad de imagen, principalmente en el cuadrante inferior izquierdo (mandíbula), una vez que el análisis de las películas radiográficas seria hecho en este cuadrante.

Se aplicaron los siguientes criterios radiológicos de exclusión: poca nitidez de las estructuras dentarias por problemas de contraste, movimiento o artefactos; dientes impactados; obturaciones o coronas radiopacas; procesos patológicos periapicales; dientes endodonciados; dientes con rotaciones significativas; grandes áreas de esmalte superpuestas entre dientes vecinos.

Las radiografías panorámicas, después de posicionadas, orientadas e identificadas, fueron numeradas por orden de ejecución. Posteriormente fueron agrupadas por edades, examinadas y evaluadas dos veces en diferentes periodos y por dos examinadores diferentes, utilizando dos métodos de estimación de la edad: Método de Nolla (1960) y Método de Demirjian *et al*. (1973).

Los resultados de las dos evaluaciones fueron comparados y revelaron existir diferencias significativas entre las medias de los resultados obtenidos por los dos observadores.

3.3. Aplicación de los dos métodos de estimación de la edad cronológica

3.3.1. El Método de Nolla (1960)

Aplicamos este método, que consiste en la clasificación del desarrollo dentario en diez estadios de mineralización dentaria, desde el estadio de la cripta dentaria hasta el cierre del ápice, conforme fue referido anteriormente en la Figura 2 y en las Tablas 1, 2 y 3 en Anexo. Esta Tabla de mineralización de la dentición permanente es un útil elemento de diagnóstico cuando se quiere comprobar si la mineralización de determinado caso se está produciendo dentro de la edad normal o si está atrasada.

Cada Rx panorámica fue observada en negatoscopio y se eliminaron todos los casos que presentaban falta de dientes, pues este método no prevé esta situación, y por eso no se aplica.

Utilizamos para este estudio 7 dientes del cuadrante inferior izquierdo, con exclusión del tercer molar, pues será correlacionado con el método de Demirjian *et al.*

(1973) que utiliza este criterio y no fueron verificadas diferencias significativas entre las arcadas maxilar y mandibular para un mismo tipo de diente.

A través de la observación de cada Rx panorámica, evaluamos el grado de mineralización de cada diente atribuyéndole una puntuación conforme su estadio de desarrollo, de acuerdo con la explicación antes hecha en el texto del punto 3.1.

Procedimos a las sumas totales de las puntuaciones de cada diente evaluado, lo que requiere la presencia de todos los dientes de la hemiarcada correspondiente, comparándolas con la Tabla de la edad por sexo (Cf. Tablas 1, 2 y 3 en Anexo).

3.3.2. El Método de Dermirjian y colaboradores (1973)

Concomitantemente, utilizamos la misma técnica radiográfica para el Método de Demirjian *et al.* (1973), uno de los más universalmente aplicados, para evaluar el grado de desarrollo de la dentición permanente.

A partir de esos registros radiográficos y utilizando las respectivas Tablas del método, se hizo una evaluación del grado de mineralización de los siete dientes del cuadrante inferior izquierdo, con exclusión del tercer molar. Atribuimos a cada diente una letra correspondiente al grado de mineralización (Cf. Tabla 1), al que fue asignado un valor, en función del sexo (Cf. Tabla 4 en Anexo).

Realizamos el mismo procedimiento para todos los dientes.

Seguidamente se sumaron todos los valores atribuidos a la totalidad de los dientes de cada individuo, correspondiendo esa suma al valor de madurez dentaria en una escala de 0 a 100 (Cf. Tabla 5 en Anexo), siendo esta puntuación correspondiente a la edad dentaria, conforme fuese niño o niña.

3.4. Procedimientos estadísticos adoptados

Teniendo como base los procedimientos y presupuestos metodológicos requeridos para el presente estudio, tomamos como referencia el *paradigma cuantitativo,* que asume que la realidad construida está compuesta por causas y efectos.

Procurando predecir y controlar los hechos, procedemos a la cuantificación de las referidas causas y efectos y mediante los procedimientos descritos en la sección 3.2.3 del presente capitulo, maximizamos la objetividad, aislándola de su contexto[1].

Seguimos el cronograma de una investigación cuantitativa, que presupone que el investigador, antes de iniciar su investigación, elabore un plano de trabajo estructurado, en el cual sean delineados los objetivos y los procedimientos de la investigación (Becker, 1998). Nos centramos además en los grandes objetivos de la investigación cuantitativa, que consisten resumidamente en: describir la distribución de las variables de la muestra teniendo en cuenta la población en estudio; establecer predicciones con base en la constatación de si las referidas variables presentan una relación de causa y efecto (o de antecedente-consecuente); y evaluar la eficacia o eficiencia del trabajo efectuado.

El programa seleccionado para el tratamiento estadístico de los datos consistió en el SPSS (Statistical Package for Social Sciences), versión 20.0, para el sistema operativo Windows. Los datos recogidos fueron introducidos en una base de datos y posteriormente sometidos a un conjunto de análisis estadísticos de creciente complejidad, los cuales se presentan en el próximo capítulo.

Después de las estadísticas descriptivas proseguiremos para las estadísticas inferenciales, teniendo presente la prueba empírica de cada hipótesis y de los objetivos en análisis que hemos formulado.

Indicamos aquí las principales referencias consultadas. Para la estadística descriptiva y análisis exploratoria de datos se utilizó Alferes (1997), Gil (1999), Howell (1997) y Kiess y Bloomkist (1985). Para el análisis de correlación y regresión se utilizó Cohen y Cohen (1983), Howell (1997), Maroco (2011), Neale y Liebert (1986) y Rosenthal y Rosnow (1984). Para el análisis de clusters se utilizó Maroco (2011). Para la cuestión de las medidas y criterios para la selección de las técnicas de análisis de datos se utilizó Andrews, Klem, Davidson y Brewer (2000) y Kenny, Kashy y Bolger (1998), Maroco (2003), Pereira (2008), Pestana y Gageiro (2000), Reis (1999, 2000) y Rossi, Wright, Anderson (1983).

[1] En este sentido hay que referir que el recurso a métodos cuantitativos se encuentra fundamentalmente unido a investigaciones de naturaleza experimental o casi-experimental, que presuponen el análisis y observación de los fenómenos, la formulación de hipótesis explicativas de los mismos, el control de variables, la selección de los participantes, la corroboración o infirmación de las hipótesis formuladas, posteriormente sujetas a procedimientos estadísticos (Tabachnick & Fidell, 2003).

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

4. RESULTADOS

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

El Capítulo 4 está dedicado a la presentación de los resultados del presente estudio empírico. Iniciamos la presentación con un análisis descriptivo de los resultados, atendiendo a la especificidad de cada método de estimación. Intentamos durante el mismo sustentar empíricamente las capacidades predictivas de los métodos propuestos por Nolla (1960) y por Demirjian et al. (1973), en una muestra de niños y niñas portugueses y españoles. Después de una breve exposición descriptiva de los resultados, pasamos a la comparación de la magnitud del ajuste de los dos métodos para garantizar la validez y fiabilidad de los resultados encontrados.

Presentaremos las ecuaciones de regresión para ambos métodos y efectuaremos la comparación entre la magnitud de las capacidades predictivas de cada uno de ellos. Además de la variable relativa a la edad, analizaremos también la influencia del género. La comparación entre la eficacia de la capacidad predictiva en participantes portugueses y españoles será también presentada.

4.1. Requisitos previos al análisis de los datos: Segmentación de la muestra y acuerdo intra e interobservadores

En el seguimiento de los procedimientos adoptados (Cf. Capítulo anterior), la recopilación de los datos contó con la ayuda en la codificación de cuatro expertos en el área y el posterior tratamiento aplicando los métodos de Nolla (1960) y de Demirjian et al. (1973). Sirve la presente sección para detectar la posible existencia de subjetividad, intra e inter-observadores, para analizar la estabilidad temporal de las mediciones efectuadas, así como de una configuración de valores Demirjian y Nolla que justifique la segmentación de la muestra.

4.1.1. Análisis de la consistencia intra e interobservadores

Para que se puedan utilizar con confianza los valores resultantes de las mediciones y de la aplicación de cada uno de los métodos considerados, hay que proceder al análisis de la concordancia intraunidad utilizando un enfoque basado en el consenso, según Wegener y Fabrigar (2000). De hecho, el análisis de la subjetividad de

los jueces o evaluadores constituye un aspecto de gran importancia en los procesos de categorización (Dhanjal *et al.*, 2006).

4.1.1.1. Análisis de la consistencia intraobservador

En la determinación del índice de consistencia intrajuez o intraobservador, procedemos al cálculo del Coeficiente de Correlación Intraclase (ICC), por el método de la concordancia absoluta (*two-way mixed absolute agreement)*, para el conjunto de siete dientes, estimados por los métodos de Nolla y de Demirjian. El ICC varía entre 0 y 1, siendo el 1 indicativo de un perfecto acuerdo intrajuez. Globalmente, está aceptado que valores superiores a 0,80 son indicadores de buen acuerdo.

Considerando el método de Demirjian, obtuvimos un índice de concordancia intraobservador de 0,95, considerado extremadamente elevado [$F(6, 1596) = 327,05$, $p < 0,001$], dado que el método seleccionado corresponde a la concordancia absoluta. En cuanto al método de Nolla, el índice de concordancia intraobservador fue de 0,92, igualmente considerado elevado [$F(6, 1542) = 47,74$, $p < 0,001$], aunque ligeramente inferior al obtenido con el método de Demirjian.

Tabla 4.1 – Análisis de la consistencia intraobservador para los métodos de Demirjian y de Nolla: Coeficientes de Correlación Intraclase (ICC), método de concordancia absoluta.

	Coeficientes de Correlación Intraclase (ICC)	Test F con valor verdadero 0			
		Valor F	gl1	gl2	Sig. (p)
Método de Demirjian	,900	10,05	820	4920	0,000
Método de Nolla	,945	18,239	820	4920	0,000

En la Tabla 4.1 exponemos los resultados del análisis de la consistencia intraobservador para los métodos de Demirjian y de Nolla.

4.1.1.2. Análisis de la consistencia interobservadores

En la Tabla 4.2 mostramos los resultados del análisis de la consistencia interobservadores. En el sentido de controlar la consistencia interobservador, procedemos a un examen parcial de los datos codificados, solicitando a cuatro peritos para codificar 72 individuos[1], seleccionados de forma estratificada y aleatoria de entre los 821 que componen la muestra. Los valores del ICC1 (siete dientes separados) para el método de Nolla variaron entre 0,77 y 0,86 y entre 0,93 y 0,96 para el método de Demirjian. Se muestra así que hay una convergencia clara en cuanto a las decisiones de categorización tomadas.

Tabla 4.2 – Análisis de la consistencia interobservador: Acuerdo entre jueces, método ICC1 (Puntuación Demirjian)

		ICC (1)							
			Intervalo de confianza (95%)			Intervalo de confianza (95%)			
	Puntuación Demirjian	Único juez	Límite inferior	Límite superior	Media de jueces	Límite inferior	Límite superior	Valor F	Sig
ICC1	incisi1	,82	,749	,870	,95	,923	,964	18,633	,000
	incisi2	,84	,785	,891	,96	,936	,970	22,483	,000
	canino	,77	,694	,838	,93	,901	,954	14,512	,000
	pmolar1	,78	,707	,845	,94	,906	,956	15,315	,000
	pmolar2	,82	,758	,875	,95	,926	,966	19,438	,000
	molar1	,82	,756	,875	,95	,926	,965	19,360	,000
	molar2	,86	,802	,900	,96	,942	,973	24,706	,000
	Global	*,92*	*,892*	*,947*	*,98*	*,971*	*,986*	*48,762*	*,000*

[1] Por motivos de parcimonia, optamos por someter al examen de evaluación del acuerdo entre jueces apenas los datos de las puntuaciones Demirjian de la sub-muestra. Sin embargo, la asociación encontrada entre los valores de las puntuaciones Demirjian y Nolla, ya reportada en este estudio, nos tranquilizan en cuanto al control de la subjetividad.

4.1.2. Fiabilidad

Se considera que la validez y la fiabilidad de un instrumento de medición son dos características esenciales que determinan la calidad del mismo (Hill & Hill, 2008; Fortin & Nadeau, 2009; Netemeyer *et al*., 2003). Con el objetivo de poder utilizar de forma fiable los valores resultantes de la mediciones de los dientes usados para cada uno de los métodos (Brewer, 2000; Dhanjal et al., 2006; Wegener & Fabrigar, 2000), procederemos al análisis de fiabilidad de las mediciones efectuadas, tanto para el método de Nolla como para el de Demirjian.

El análisis de la fiabilidad de ambos métodos presupone la verificación de los requisitos para proceder al análisis de la consistencia interna. Atendiendo a los criterios propuestos por Bryman y Cramer (1993) y por Gorsuch (1983), es necesario un mínimo de 100 participantes por análisis y una razón de 5 sujetos por variable (cada una correspondiente a la medición de un diente). Las razones encontradas en la presente investigación son de 821 participantes/7 dientes = 117.3 participantes/diente.

Introducimos como variables los siete dientes estimados tanto por el método de Nolla, como por el de Demirjian y efectuamos el cálculo del coeficiente de consistencia interna alfa de Cronbach. Calculamos para cada método las correlaciones ítem-total y coeficientes de consistencia interna sin los respectivos ítems, conforme ilustran las Tablas 4.3 y 4.4.

Para el método de Demirjian el coeficiente alfa de Cronbach obtenido fue de $\alpha = 0{,}900$ ($\alpha_{\text{estandarizado}} = 0{,}911$; n = 7 ítems). Este valor es considerado excelente en términos de consistencia interna, dado el reducido número de ítems y atendiendo a que se sitúa por encima del balizador 0,80, valor a partir del cual se considera que estamos ante una medición con un buen índice de fiabilidad (Hair, Anderson, Tatham & Black, 2008; John & Benet-Martínez, 2000; Nunnaly, 1978; Hill & Hill, 2008).

Analizando los coeficientes de consistencia interna alfa de Cronbach, sin los respectivos ítems medidos por el método de Demirjian, verificamos que todos los dientes contribuyen a garantizar la excelente fiabilidad de la medición, por lo que todos son imprescindibles en el análisis.

Tabla 4.3 – Análisis de la consistencia interna para los siete dientes analizados por el método de Demirjian.

	Media (con ítem excluido)	Varianza (con ítem excluido)	Correlación ítem-total corregida	Correlación múltiple al cuadrado	Alfa de Cronbach (con ítem excluido)
Incisivo Central	78,70	92,93	,531	,782	,909
Incisivo Lateral	79,51	88,36	,831	,807	,872
Canino	81,20	91,12	,903	,841	,869
Primer Premolar	78,37	93,04	,682	,767	,889
Segundo Premolar	79,91	90,68	,830	,854	,874
Primer Molar	76,50	93,02	,528	,495	,910
Segundo Molar	79,87	87,51	,789	,777	,876
α = ,900 ($\alpha_{estandarizado}$ = ,911)					

Para el método de Nolla obtenemos un coeficiente alfa de Cronbach $\alpha = 0{,}945$ ($\alpha_{estandarizado} = 0{,}964$; n = 7 ítems), considerado igualmente un excelente indicador de fiabilidad de estas mediciones (cf. Tabla B). Analizando los coeficientes de consistencia interna alfa de Cronbach sin los respectivos ítems medidos por el método de Nolla, verificamos que la exclusión del Incisivo Central conduciría a un aumento de la fiabilidad de 0,945 a 0,953 (correlación ítem-total de 0,709). Sin embargo, ante la excelente consistencia interna obtenida en las mediciones con este método, optamos por mantener los siete dientes en la evaluación de la estimación de la edad cronológica. Si bien, dejamos constancia de que el Incisivo Central, comparado con las mediciones de los otros dientes, disminuye ligeramente la fiabilidad de la medición por el método de Nolla.

A pesar de lo referido en el párrafo anterior, y comparando entre si ambos métodos, constatamos una fiabilidad más elevada en las mediciones por el método de Nolla. Sin embargo, hay que señalar que las mediciones por ambos métodos pueden ser utilizadas con un grado de confianza muy elevado.

Tabla 4.4 – Análisis de la consistencia interna para los siete dientes analizados por el método de Nolla.

	Media (con ítem excluido)	Varianza (con ítem excluido)	Correlación ítem-total corregida	Correlación múltiple al cuadrado	Alfa de Cronbach (con ítem excluido)
Incisivo Central	53,15	50,82	,709	,707	,953
Incisivo Lateral	53,34	47,93	,765	,721	,945
Canino	54,04	40,94	,953	,920	,925
Primer Premolar	54,24	37,31	,952	,946	,924
Segundo Premolar	54,61	35,14	,951	,947	,927
Primer Molar	53,35	47,87	,861	,795	,942
Segundo Molar	54,96	35,33	,930	,892	,930
α = 0,945 (α estandarizado = 0,964)					

4.1.3. Análisis de la consistencia temporal

Procedemos al cálculo del coeficiente de correlación de Spearman, con el objetivo de analizar la estabilidad temporal de las mediciones efectuadas. El examen de las categorizaciones realizadas por el autor de este estudio en dos momentos diferentes, separados por más de seis meses, resultó en valores entre 0,78 a 0,95 (todos significativos para $p< 0,05$), mostrando así buena consistencia temporal. Consideramos pues que podemos proceder a los análisis siguientes sin que la subjetividad en la categorización tenga que constituir motivo de preocupación.

4.2. Análisis de la existencia de una configuración de valores de Demirjian y de Nolla que justifique la segmentación de la muestra

Las hipótesis planteadas son relativas a todos los dientes considerados en simultáneo. El cálculo de los exámenes estadísticos que permitan una conclusión fiable de corroboración de las hipótesis, implica el análisis previo de la existencia de una configuración de valores de Demirjian y de Nolla relativamente a la segmentación de la muestra. Según Tompkins (1996), si existen individuos con configuraciones distintas, estos pueden pertenecer a poblaciones con diferentes patrones de madurez dentaria.

Recurrimos así al análisis jerárquico de Clusters, por tratarse de una serie de procedimientos estadísticos utilizados para clasificar a los sujetos (y objetos) mediante la observación de semejanzas y de diferencias entre ellos. Atendiendo a que estamos ante una muestra de 821 individuos, de los cuales efectuamos la medición de siete dientes para cada método (Demirjian y Nolla), el análisis de Clusters agrupa los individuos en función de esta información, de modo que los individuos de un clúster (grupo) sean tan semejantes como posible y siempre más semejantes a los elementos que integran el mismo grupo que a los elementos de otros grupos (Branco, 2004; Johson & Wichern, 2002; Maroco, 2011; Rencher, 2002; Wiley, 1997).

El análisis jerárquico de Clusters se basa en la construcción de una matriz de semejanza o diferencias, en que cada elemento de la matriz describe el grado de semejanza o de diferencia entre cada dos casos con base en los siete dientes seleccionados para cada método de madurez dentaria. La selección del método de Ward se debió a nuestro objetivo de analizar la distancia entre individuos del mismo grupo y de grupos diferentes, así como la dispersión de los individuos dentro de cada clúster (Branco, 2004; Maroco, 2011).

Realizamos dos análisis jerárquicos de Clusters, uno conteniendo las mediciones para los siete dientes de acuerdo con el método de Demirjian y otro con el método de Nolla.

4.2.1. Análisis de Clusters para el método de Demirjian

El análisis del dendograma para los valores de Demirjian, cuando se considera la configuración de la madurez de mineralización y erupción dentaria de los siete dientes para todos los sujetos de la muestra, parece mostrar dos clusters principales. Como criterio de decisión sobre el número de grupos a seleccionar, efectuamos el cálculo del coeficiente R^2 sugerido por Maroco (2011), escogiendo la solución del menor número de grupos que explica una fracción considerable de la variabilidad total[2].

Los resultados se representan gráficamente en el dendograma de la Figura 4.1.

[2] El R-cuadrado (R^2) se calcula por el cociente entre la suma de los cuadrados entre los grupos y la suma de los cuadrados totales para cada una de las variables, en un procedimiento análogo a la suma de los cuadrados del Análisis de la Varianza (ANOVA de un factor). Obtenemos así una medida del porcentaje de la varianza total retenida en la solución con el número de grupos seleccionados (Maroco, 2011).

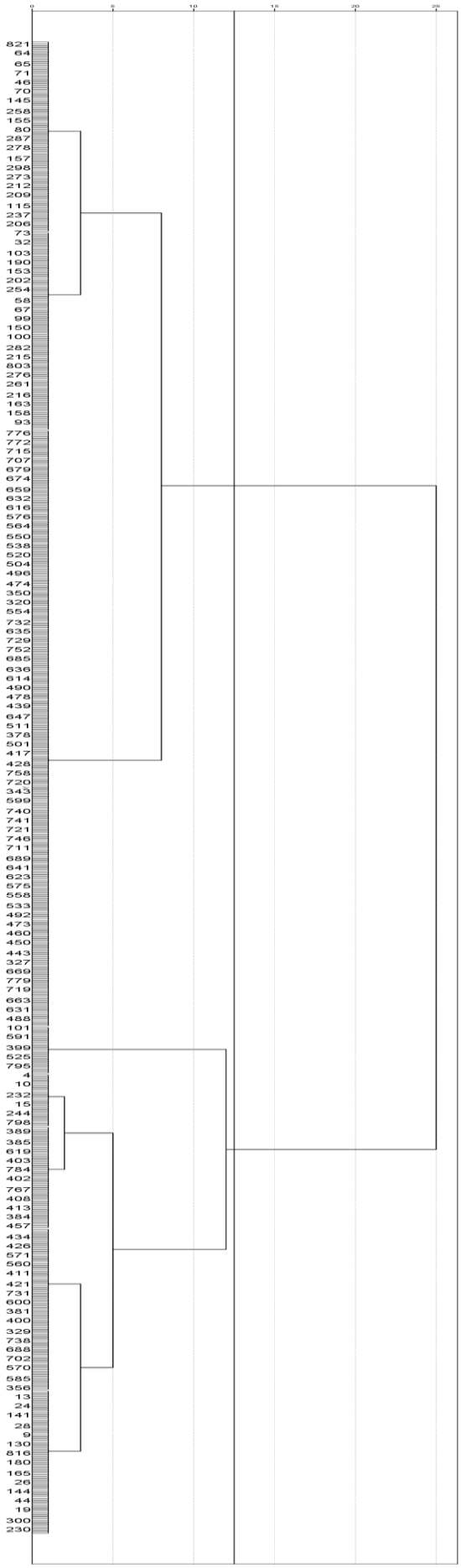


Figura 4.1 – Dendrograma usando el Método de Ward para los valores Demirjian.

Efectuamos el cálculo del coeficiente R^2 para soluciones de 2 a 821 clusters, correspondiendo al número total de sujetos (éste número explicaría el 100% de la variabilidad total). El resultado para la retención de dos clusters señaló un porcentaje de variabilidad explicada de 36,51%, calculada de la siguiente forma: Suma de los cuadrados entre los grupos fue de 8319.469/Suma de los cuadrados total de 22785.119 = 0,3651. Nos quedamos así con la información de que dos clusters explicaban cerca del 36,51% de la variabilidad total, lo que a pesar de ser un valor considerable, no alcanzó el 50% de la variabilidad, por lo que repetimos el mismo procedimiento considerando tres clusters: Suma de los cuadrados entre los grupos fue de 11989.18/Suma de los cuadrados total de 22785.119 = 0,5262. Constatamos que con tres clusters ya explicamos más del 50% de la variabilidad total. El cálculo con la retención de cuatro clusters explicó un aumento del 11%: Suma de los cuadrados entre los grupos fue de 14471.166/Suma de los cuadrados total de 22785.119 = 0,6351, o sea, 63,51%. Ya con cinco clusters el porcentaje de varianza explicada asciendió al 70,07%: Suma de los cuadrados entre los grupos fue de 15965.465/Suma de los cuadrados total de 22785.119 = 0,7007. Atendiendo a estos resultados nos parece indicado sugerir dos clusters para un criterio reductor y cinco atendiendo a un criterio más exigente. Dado que tres clusters explicaban un poco más del 50% de la variabilidad, decidimos optar por la selección de tres clusters, opción explicable atendiendo a la heterogeneidad de esta muestra en cuestión de edades. El Clúster 1 agrupó 600 individuos, el clusters 2, a 33 individuos y el clúster 3 a 188 individuos. En el Anexo-Tabla 6 se puede consultar la ubicación de cada individuo a cada uno de los tres clusters seleccionados. La realización del Análisis de la Varianza (ANOVA de un factor), teniendo como variable independiente (VI) la pertenencia de los sujetos a cada clúster y como variable dependiente (VD) la edad cronológica en años, reveló un valor $F(2,818) = 280.903$, $p < 0,001$ (cf. Tabla 4.5).

Así constatamos que el primer clúster abarca 600 individuos con una edad media de 14,3 años y una variabilidad de aproximadamente 4 años. El segundo clúster abarca 33 individuos con la edad media más baja (cerca de 6,3 años) y una variabilidad de aproximadamente 1,3 años. Por último, el tercer clúster abarca 188 individuos con una edad media de 8,14 años y una variabilidad de aproximadamente 1,4 años.

Tabla 4.5 – Estadística descriptiva y ANOVA de un factor de las edades de los participantes en función de los tres clusters seleccionados.

Clusters	N	Media (edad)	Desviación estándar	Error estándar	Intervalo de Confianza (95%)		Mínimo	Máximo	F (2,818)	Sig.
					Límite inferior	Límite superior				
1	600	14,2996	3,99495	,16309	13,9793	14,6199	7,83	34,08	280.903	,000
2	33	6,1263	1,33498	,23239	5,6529	6,5996	3,50	10,25		
3	188	8,1423	1,38343	,10090	7,9432	8,3413	5,83	11,92		
Total	821	12,5611	4,52977	,15809	12,2508	12,8714	3,50	34,08		

La representación gráfica de la media de las edades en función de los tres clusters considerados se muestra en la Figura 4.2.

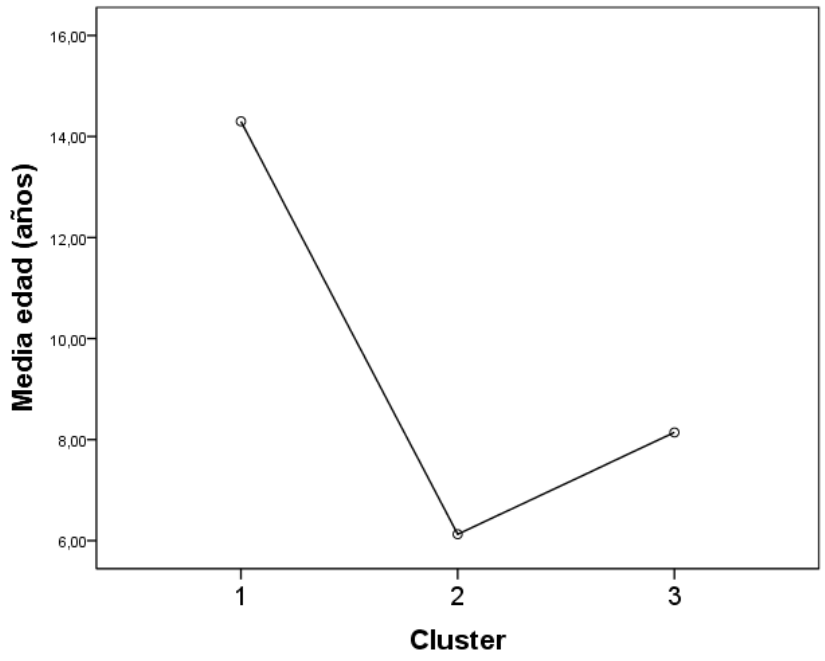


Figura 4.2 – Media de las edades en años en función del cluster de agregación de los individuos.

La clasificación de cada individuo en los 3 clusters seleccionados fue posteriormente reevaluada con el procedimiento no jerárquico k-Medias. Para tal, procedimos a la estandarización de las variables (cálculo de las puntuaciones Z).

Las Tablas 4.6 y 4.7 presentan la distancia entre los centroides de los clusters y la tabla de ANOVA de un factor para cada uno de los siete dientes evaluados por el método de Demirjian.

Tabla 4.6 –Distancias entre los centroides de los tres clusters seleccionados para el método de Demirjian.

Clúster	1	2	3
1		8,313	3,244
2	8,313		5,259
3	3,244	5,259	

Tabla 4.7 – Análisis de la Varianza (ANOVA de un factor) de los tres clusters seleccionados para los siete dientes estudiados por el método de Demirjian.

Puntuación Z	Clúster		Error		F	Sig.
	Media Cuadrática	gl	Media Cuadrática	gl		
Demirjian Incisivo Central	146,954	2	,643	818	228,492	,000
Demirjian Incisivo Lateral	290,834	2	,291	818	998,201	,000
Demirjian Canino	294,288	2	,283	818	1040,207	,000
Demirjian Primer Premolar	188,047	2	,543	818	346,521	,000
Demirjian Segundo Premolar	262,544	2	,361	818	728,223	,000
Demirjian Primer Molar	197,650	2	,519	818	380,688	,000
Demirjian Segundo Molar	280,487	2	,317	818	885,769	,000

Los resultados de la ANOVA de un factor fueron estadísticamente significativos para todos los dientes, una vez que los sujetos fueron agrupados en los clusters seleccionados (de forma que dentro de éstos sean tan próximos como sea posible y fuera de éstos tan diferentes como sea posible). En la Tabla 4.7 se observa, a través de la magnitud de la razón F, identificar que dientes contribuyen más a la diferenciación entre los clusters. Atendiendo a los cocientes que permiten calcular la razón F, podemos afirmar que las variables (dientes medidos por el método de Demirjian) que más contribuyeron a la delimitación de los clusters son aquellas con mayor media cuadrática y con menor media cuadrática del error. Podemos así afirmar que los dientes medidos por el método de Demirjian que permiten una mayor discriminación entre los clusters son el

Canino, seguido del Incisivo Lateral y del Segundo Molar. El Incisivo Central y el Primer Molar son los que menos contribuyeron a la diferenciación de los clusters.

4.2.2. Análisis de Clusters para el método de Nolla

Procedimos al cálculo del análisis jerárquico de Clusters para el conjunto de los siete dientes, cuando se considera la configuración de la madurez de la mineralización y erupción dentaria por el método de Nolla. El dendograma para los valores de Nolla se representa en la Figura 4.3.

Atendiendo al estudio del dendograma, obtenemos dos clusters principales. Sin embargo y a semejanza del anterior, pasamos a calcular los coeficientes R^2 (Maroco, 2011), en el sentido de obtener una información más fidedigna sobre el número de clusters a seleccionar (o sea, la solución con el menor número de clusters que explique una porción significativa de la variabilidad total). El cálculo de R^2 para la retención de los clusters indicó un porcentaje de variabilidad explicada superior al método de Demirjian, concretamente de 56,74%: Suma de los cuadrados entre los grupos fue de 5026.915/ Suma de los cuadrados total de 8859.152= ,5674. Dado que los dos clusters justificaron más del 50% de la variabilidad total, y atendiendo al dendograma expuesto en la Figura 4.3, optamos por la selección de dos clusters.

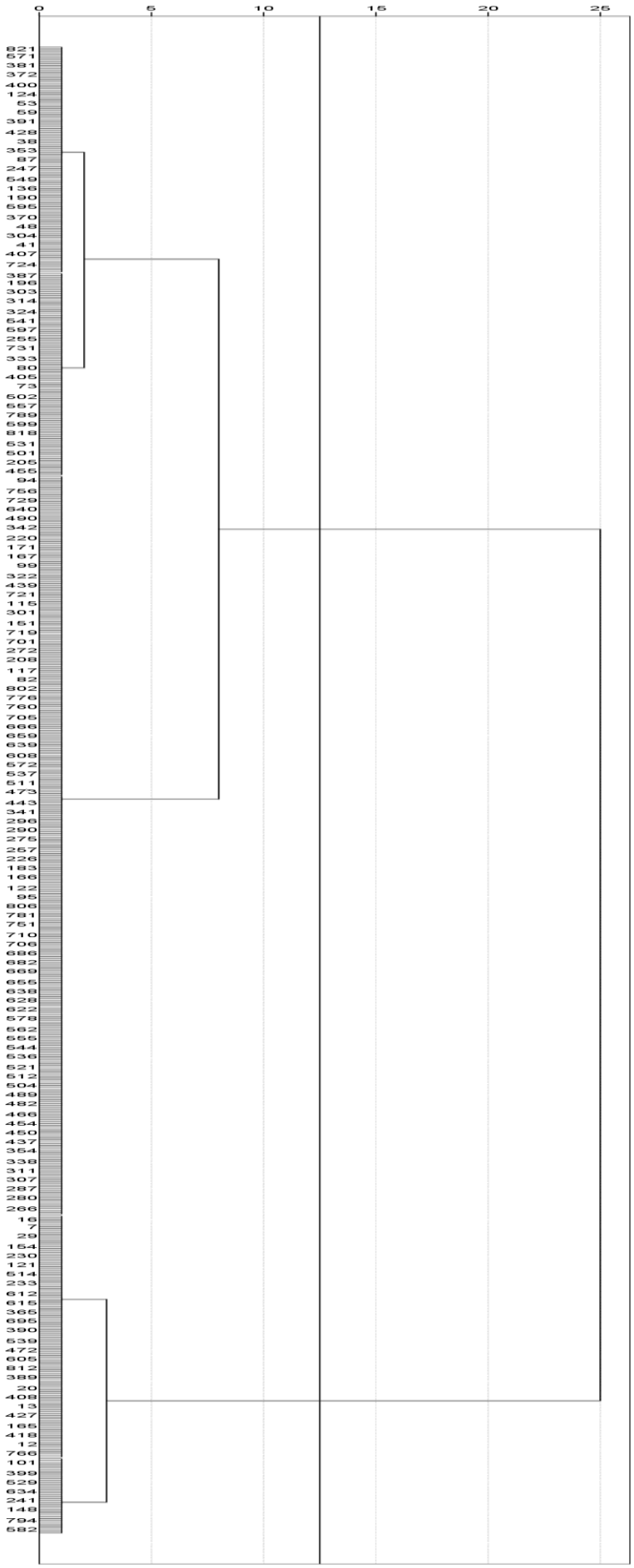


Figura 4.3 – Dendrograma usando el Método de Ward para los valores de Nolla.

El primer clúster abarcó a 549 individuos, en cuanto que el clúster 2 a 272 individuos. En el Anexo-Tabla 7 presentamos la pertenencia de cada individuo a cada uno de los grupos seleccionados. Tomando como VI la pertenencia de los sujetos a cada uno de los clusters y como VD la edad cronológica en años, realizamos un t de Student para muestras independientes, con el objetivo de calcular las medias de edad cronológica de los sujetos pertenecientes a cada uno de los grupos. Encontramos un $t(819) = 26.71$, $p < 0{,}001$, indicando diferencias estadísticamente significativas en las medias de las edades para los dos clusters (cf. Tabla 4.8).

El clúster 1 (n = 549 individuos) englobó los individuos con una edad media de 14,7 años y una variabilidad de aproximadamente 4 años. El segundo clúster abarcó a los participantes más jóvenes (n = 272), con cerca de 8,2 años de media y 1,6 años de desviación estándar (cf. Tabla 4.8).

Tabla 4.8 – Estadística descriptiva y test t de Student para muestras independientes de las edades de los participantes en función de los dos clusters seleccionados.

	Clúster (número)	N	Media	Desviación estándar	Error estándar Media	t (819)	Sig.
edad_años	1	549	14,7354	3,88827	,16595	26.713	,000
	2	272	8,1725	1,61429	,09788		

Tabla 4.9 – Análisis de la Varianza (ANOVA de un factor) de los dos clusters seleccionados para los siete dientes estudiados por el método de Nolla.

Puntuación Z	Cluster		Error		F	Sig.
	Media cuadrática	gl	Media cuadrática	gl		
Nolla Incisivo Central	212,567	1	,742	819	286,604	,000
Nolla Incisivo Lateral	386,827	1	,529	819	731,372	,000
Nolla Canino	587,876	1	,283	819	2074,189	,000
Nolla Primer Premolar	621,468	1	,242	819	2563,722	,000
Nolla Segundo Premolar	602,670	1	,265	819	2271,140	,000
Nolla Primer Molar	487,359	1	,406	819	1199,931	,000
Nolla Segundo Molar	562,278	1	,315	819	1786,829	,000

Por último, se aplicó el procedimiento no jerárquico k-Medias para analizar la clasificación de cada sujeto en los dos clusters seleccionados. La distancia entre los centroides de los dos clusters fue de 4.326. El ANOVA de un factor para cada uno de los siete dientes evaluados por el método de Nolla puede ser observarse en la Tabla 4.9.

Constatamos que los resultados obtenidos fueron estadísticamente significativos para todos los dientes medidos por el método de Nolla. Nombramos por orden decreciente los dientes que permitieron una mayor discriminación entre los dos clusters: Primer Premolar, Segundo Premolar, Canino, Segundo Molar, Primer Molar y, por último, Incisivo Lateral y Incisivo Central. Recordar que para el método de Demirjian el Incisivo Lateral fue el segundo diente con mayor poder discriminativo entre los tres clusters.

4.3. Resultados

Después de los análisis que nos permitió posteriormente analizar con confianza los datos, pasamos a describir los resultados para los métodos de Demirjian y de Nolla, incluyendo los tests de hipótesis.

4.3.1. Estadios de desarrollo en la dentición según los métodos de Demirjian y de Nolla

4.3.1.1. Medidas de tendencia central, de dispersión y de error

En las Tablas 4.10 y 4.11 se presentan los valores mínimo y máximo, las puntuaciones medias y las desviaciones estándar de los siete dientes evaluados por los métodos de Demirjian y de Nolla. Presentamos también el error estándar de la media, o sea, una medida de precisión del promedio muestral calculado (Pestana & Gageiro, 2008; Reis, 1999, 2000).

Tabla 4.10 – Valores mínimo y máximo, puntuaciones medias, desviación estándar (DE) y error estándar de la media (EEM) de los siete dientes evaluados por el método de Demirjian.

	N*	Mínimo	Máximo	Media	EEM	DE
Demirjian Incisivo Central	821	4,1	15,8	13,644	,0803	2,2996
Demirjian Incisivo Lateral	821	2,8	14,2	12,829	,0665	1,9055
Demirjian Canino	820*	3,5	12,5	11,158	,0551	1,5786
Demirjian Primer Premolar	821	6,3	16,1	13,972	,0666	1,9083
Demirjian Segundo Premolar	821	2,7	14,6	12,432	,0617	1,7690
Demirjian Primer Molar	821	5,3	19,3	15,847	,0803	2,3010
Demirjian Segundo Molar	821	5,4	15,6	12,474	,0712	2,0400

* nota: registramos un valor perdido, debido a una omisión en la inserción de la medición del diente Canino.

Tabla 4.11 – Valores mínimo y máximo, puntuaciones medias, desviación estándar (DE) y error estándar de la media (EEM) de los siete dientes evaluados por el método de Nolla.

	N	Mínimo	Máximo	Media	EEM	DE
Nolla Incisivo Central	821	5,0	10,0	9,796	,0199	,5696
Nolla Incisivo Lateral	821	1,0	10,0	9,610	,0275	,7891
Nolla Canino	821	3,0	10,0	8,913	,0416	1,1932
Nolla Primer Premolar	821	3,0	10,0	8,706	,0521	1,4936
Nolla Segundo Premolar	821	3,0	10,0	8,336	,0586	1,6802
Nolla Primer Molar	821	6,0	10,0	9,597	,0250	,7154
Nolla Segundo Molar	821	1,0	10,0	7,991	,0591	1,6933

Verificamos que tantos los valores mínimos y máximos, como los medios, fueron distintos en ambos métodos, lo que es de esperar atendiendo a las diferentes metodologías de medición propias de cada método. Ejemplificando, si para el método de Demirjian los Caninos fueron los dientes que mostraron la puntuación media más baja, para el método de Nolla ese valor fue atribuido al Segundo Molar. Atendiendo a los valores medios más altos, identificamos el Primer Molar en el método de Demirjian, mientras que el Incisivo Central en el método de Nolla.

En las Figuras 4.4 y 4.5 podemos visualizar la representación gráfica de las puntuaciones medias.

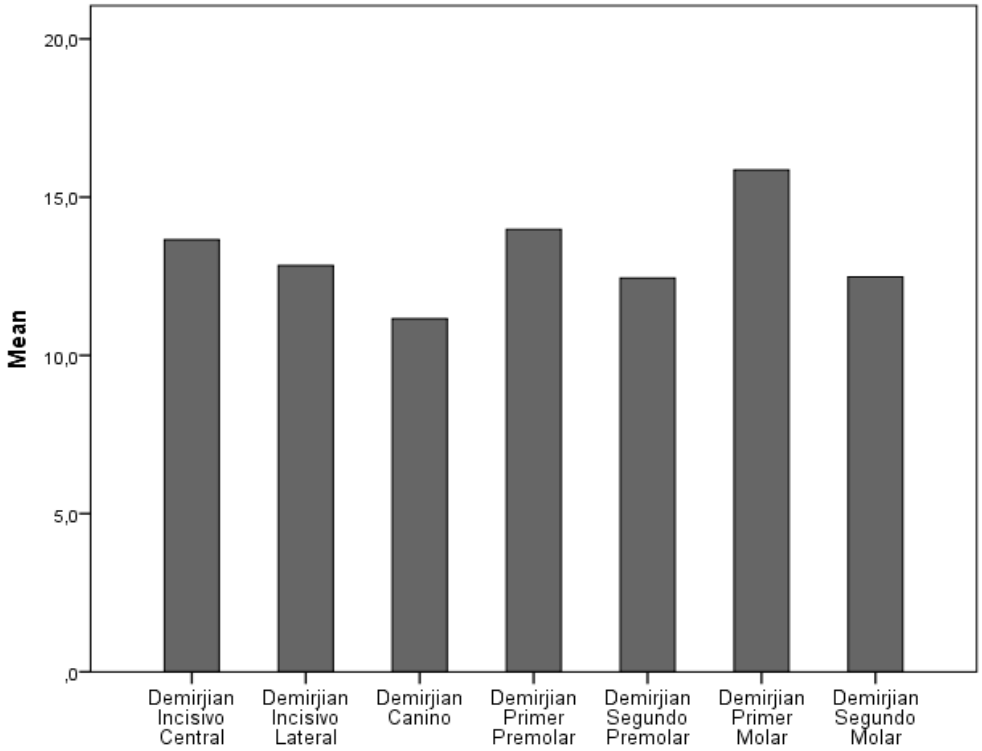


Figura 4.4 - Medias de los siete dientes evaluados por el método de Demirjian.

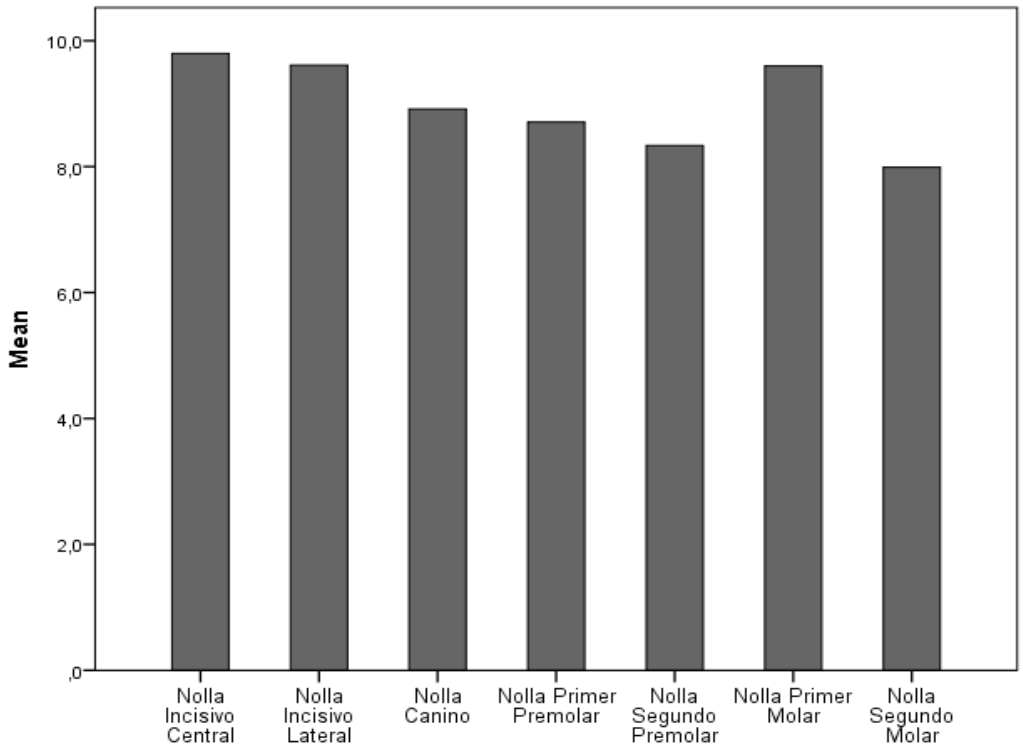


Figura 4.5 - Medias de los siete dientes evaluados por el método de Nolla.

Centrándonos en las medidas de dispersión o variabilidad que nos indican precisamente la dispersión de las mediciones en torno a la media (Pereira, 2008; Reis, 2000), constatamos también diferencias en función de los métodos. Esas diferencias pueden ser visualizadas en las representaciones gráficas de las Figuras 4.6 y 4.7.

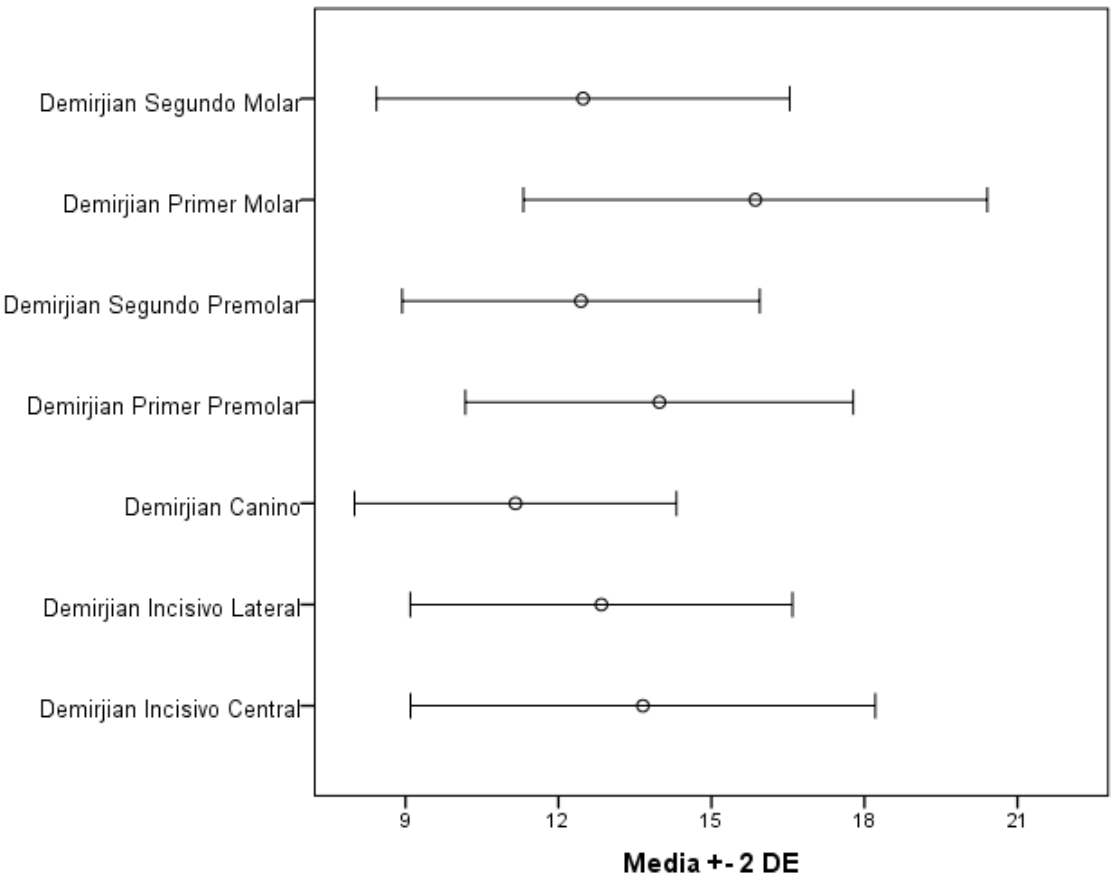


Figura 4.6 – Desviaciones estándar de los siete dientes evaluados por el método de Demirjian.

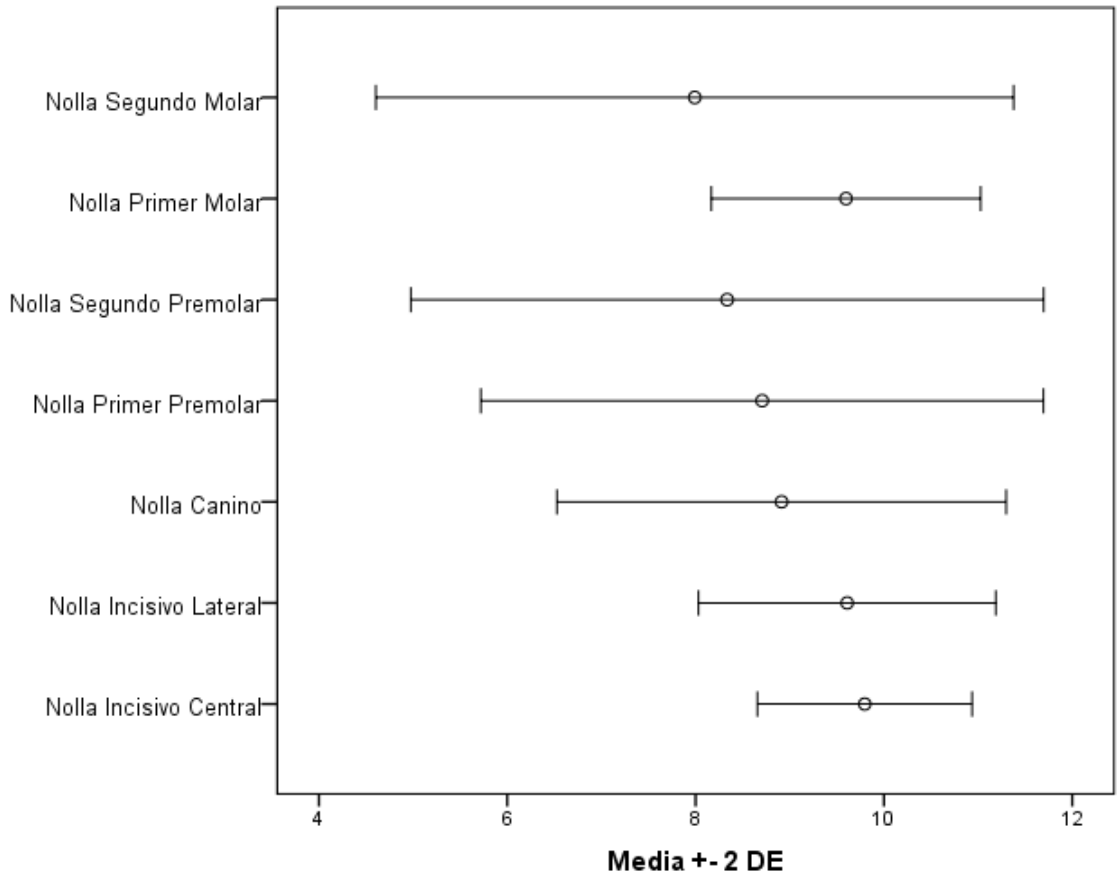


Figura 4.7 – Desviaciones estándar de los siete dientes evaluados por el método de Nolla.

Constatamos que para el método de Demirjian, la mayor dispersión en torno de la media se detectó en el Primer Molar, seguido del Incisivo Central, del Segundo Molar, del Primer Premolar y del Incisivo Lateral. Los dientes con menos dispersión de mediciones fueron el Canino y el Segundo Premolar.

Con el método de Nolla, la dispersión en torno a los datos fue mayor para el Segundo Molar, seguido del Segundo Premolar, del Primer Premolar y del Canino. Los dientes con menos dispersión de mediciones fueron el Incisivo Lateral, el Primer Molar y por último el Incisivo Central, que acogió la menor variabilidad de todos.

Verificamos, que en términos descriptivos, ambos métodos fueron bastante distintos en las mediciones de los mismos dientes, en los mismos individuos.

Considerando las medidas de los errores estándar de la media, encontramos también diferencias entre los dos métodos. Sabemos que cuanto mejor es la precisión en el cálculo de la media poblacional, menor será el error estándar. La variabilidad de las medias es estimada por el error estándar de las medidas, que mide la precisión del cálculo

de la media poblacional (Maroco, 2011; Pestana & Gageiro, 2000; Reis, 2000). Cuanto mayor sea el valor del error estándar, menor será la precisión del cálculo de la media.

Encontramos errores típicos mayores con el método de Nolla comparativamente al de Demirjian, así como una variabilidad mayor de magnitudes de errores estándar. Para el método de Demirjian, obtuvimos que el error estándar de la media fue mayor en las mediciones del Incisivo Central y del Primer Molar, mientras que fue menor en las mediciones del Canino. Para el método de Nolla, el error estándar de la media resultó mayor en las mediciones del Segundo y del Primer Premolar, mientras que fue menor en las mediciones del Incisivo Central.

La representación gráfica de los errores estándar de la media para ambos métodos se muestra en las Figuras 4.8 y 4.9.

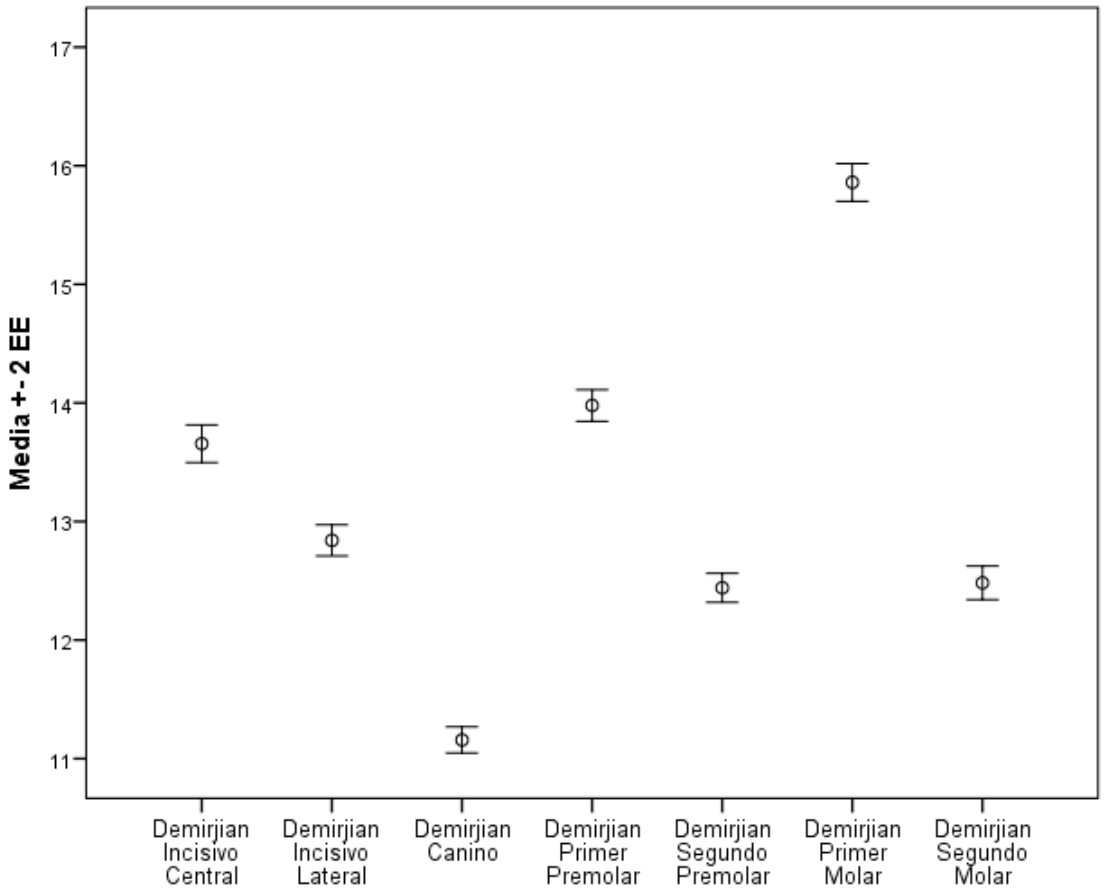


Figura 4.8 – Errores estándar de la media de los siete dientes evaluados por el método de Demirjian.

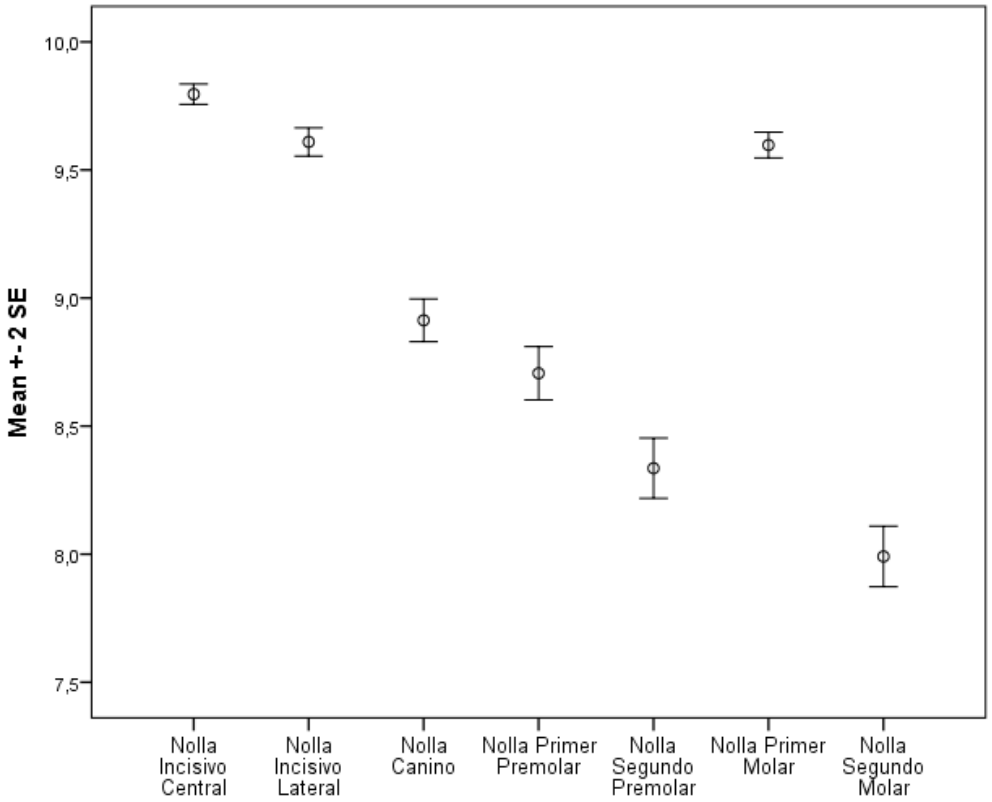


Figura 4.9 – Errores estándar de la media de los siete dientes evaluados por el método de Nolla.

A continuación, efectuamos el cálculo de los valores de Demirjian y de Nolla para los siete dientes, aplicando la siguiente fórmula (cf. Tabla 4.12):

Tabla 4.12 – Cálculo de los valores de Demirjian y de Nolla.

Valor	Suma de los dientes
Demirjian	Incisivo Central + Incisivo Lateral + Canino + Primer Premolar + Segundo Premolar + Primer Molar + Segundo Molar
Nolla	Incisivo Central + Incisivo Lateral + Canino + Primer Premolar + Segundo Premolar + Primer Molar + Segundo Molar

En la Tabla 4.13 se recogen los valores mínimo y máximo, las puntuaciones medias, las desviaciones estándar y los errores estándar de la media de la suma de los siete dientes evaluados por los dos métodos.

Tabla 4.13 – Valores mínimo y máximo, puntuaciones medias, desviaciones estándar (DE) y errores estándar de la media (EEM) de la suma de los siete dientes evaluados por los métodos de Demirjian y de Nolla.

	N	Mínimo	Máximo	Media	EEM	DE
Suma_Demirjian	821	37,90	100,10	92,4159	,37859	10,84109
Suma_Nolla	821	28,00	70,00	62,9491	,26328	7,54367

Además de ser diferentes los valores medios, debido a las diferencias entre los métodos, constatamos una amplitud mayor en el método de Demirjian (cf. valores mínimo y máximo en la Tabla 4.13). Consecuentemente, la variabilidad en torno a la media fue también distinta, siendo superior en el método de Demirjian. Por último, el error estándar de la media mostró también valores ligeramente superiores en el método de Demirjian, aunque fueron bajos en ambos métodos.

4.3.1.2. Matriz de correlaciones

Realizamos ahora el cálculo de las intercorrelaciones de Pearson entre los siete dientes medidos por cada método. En las Tablas 4.14 y 4.15 indicamos las matrices de intercorrelación de los 7 dientes en análisis.

Tabla 4.14 – Matriz de intercorrelaciones de los siete dientes evaluados: Método de Demirjian.

	Incisivo Central	Incisivo Lateral	Canino	Primer Premolar	Segundo Premolar	Primer Molar
Incisivo Central	1,000					
Incisivo Lateral	,578	1,000				
Canino	,641	,791	1,000			
Primer Premolar	,757	,510	,745	1,000		
Segundo Premolar	,341	,780	,812	,569	1,000	
Primer Molar	,108	,588	,516	,258	,638	1,000
Segundo Molar	,334	,733	,781	,516	,863	,622

Tabla 4.15 – Matriz de intercorrelaciones de los siete dientes evaluados: Método de Nolla.

	Incisivo Central	Incisivo Lateral	Canino	Primer Premolar	Segundo Premolar	Primer Molar
Incisivo Central	1,000					
Incisivo Lateral	,794	1,000				
Canino	,668	,741	1,000			
Primer Premolar	,628	,711	,947	1,000		
Segundo Premolar	,631	,698	,941	,965	1,000	
Primer Molar	,784	,777	,821	,804	,806	1,000
Segundo Molar	,632	,689	,913	,926	,937	,805

Constatamos que, en términos generales, las correlaciones fueron elevadas o moderadas en ambos métodos. Verificamos que las correlaciones entre las mediciones de los siete dientes fueron más elevadas en el método de Nolla. El cálculo del coeficiente de determinación total (R^2) de ambas matrices de intercorrelaciones aportó valores de R^2 = 0,3915 para el método de Demirjian y de R^2 = 0,6383 para el método de Nolla. La diferencia de magnitud fue bastante elevada, ya que la proporción de variabilidad compartida entre las mediciones de los siete dientes por el método de Demirjian fue de 39,14%, en cuanto que por el método de Nolla de 63,83% (diferencia de 24,68%). Para esta diferencia contribuyeron significativamente las bajas correlaciones en el método de Demirjian entre el Primer Molar y el Incisivo Central, así como entre el Primer Molar y el Primer Premolar.

Las propias representaciones gráficas en una matriz "scatter/dot" reflejan las diferencias de asociación entre los dos métodos (cf. Figuras 4.10 y 4.11). Si en el método de Demirjian el scatter adoptó forma de "nube", en el método de Nolla se observó una asociación nítidamente positiva entre las mediciones de los dientes evaluados por este método.

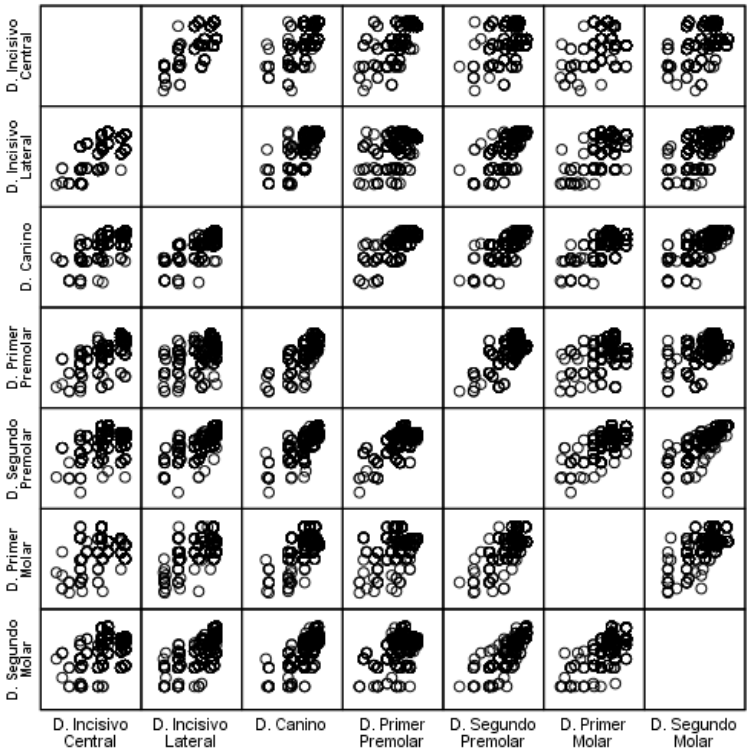


Figura 4.10 – Representación gráfica en "scatter/dot" de la matriz de intercorrelaciones de los siete dientes evaluados por el método de Demirjian.

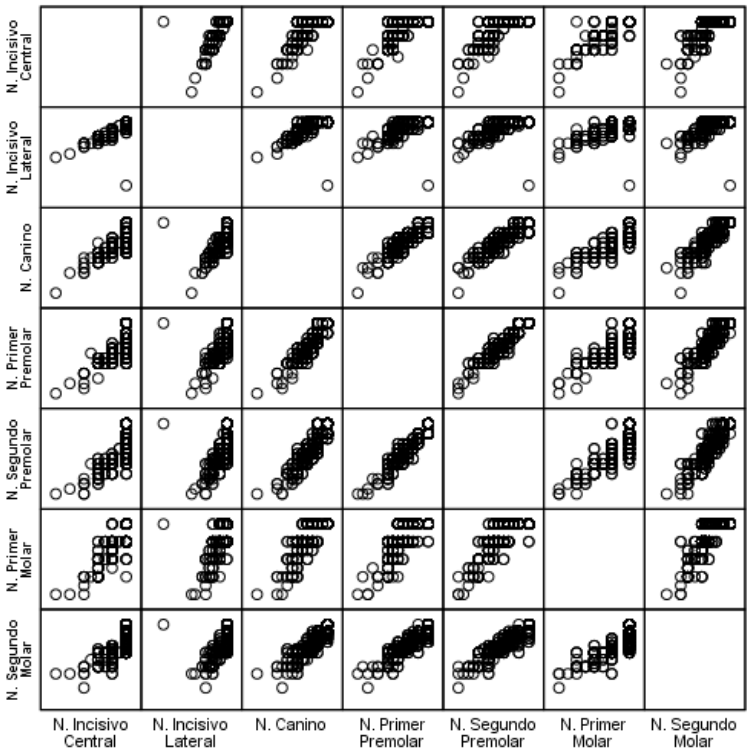


Figura 4.11 – Representación gráfica en "scatter/dot" de la matriz de intercorrelaciones de los siete dientes evaluados por el método de Nolla.

4.3.2. Análisis de las capacidades predictivas de los métodos de Nolla y de Demirjian: Test de la Hipótesis 1

Atendiendo a las distintas características de la presente muestra en estudio, vamos ahora a proceder al test de las hipótesis. En esta rúbrica pasamos a testar las capacidades predictivas de los métodos propuestos por Nolla y por Demirjian, en una muestra de la Península Ibérica que integra ciudadanos portugueses y españoles. Recordemos la Hipótesis H1:

Hipótesis alternativa (H1): Es posible estimar la edad cronológica en individuos portugueses y españoles a través de los métodos de Nolla (1960) y de Demirjian *et al.* (1973).

Con el propósito de realizar el test de esta hipótesis recurrimos al análisis de regresión lineal simple, tomando como variables predictivas los valores derivados de la suma de los siete dientes que dieron origen al cálculo del valor de Demirjian y del valor de Nolla. Como variable criterio, mantuvimos la edad cronológica de los participantes medida en meses.

4.3.2.1. Análisis de regresión para el método de Demirjian: Test de la Hipótesis 1

La capacidad predictiva de la edad cronológica de los participantes, medida en meses, se mostró significativa cuando utilizamos el valor de Demirjian (suma de los siete dientes, cf. Tabla 30). La capacidad predictiva encontrada fue de $r = 0,689$, $R^2 = 0,475$. Así, tenemos una capacidad predictiva de la edad cronológica en meses de 47,5%, valor estadísticamente significativo –$F(1,818) = 740,64$, $p < 0,001$. En la Tabla 4.16 presentamos los coeficientes de regresión simple estandarizados y no estandarizados, así como el resultado del respectivo test de significación estadística.

Tabla 4.16 – Análisis de regresión simple, considerando como elemento de predicción el valor Demirjian y como criterio la edad cronológica medida en meses

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	b	Error estándar	Beta		
(Constante)	-168,013	11,797		-14,242	,000
Valor Demirjian	3,450	,127	,689	27,215	,000

Ecuación de regresión: Edad cronológica = -168,013 + 3,45*Valor Demirjian

Una vez más, el análisis de regresión lineal simple efectuada, puede resumirse en las siguientes ecuaciones de regresión (modelo Y' = a + bX; Y' = variable criterio; a = constante; b = coeficiente de regresión para variables no estandarizadas; X = variable predictiva): Edad cronológica = -168,013 + 3,45*Valor Demirjian.

Decidimos calcular las edades cronológicas previstas a partir de la fórmula anterior y compararlas con las edades reales de los participantes. Así, una vez que la muestra integra 821 participantes, optamos por seleccionar aleatoriamente 20 de ellos y proceder al cálculo de la edad cronológica a través de la fórmula. En el Anexo-Tabla 8 se pueden consultar las capacidades predictivas del método de Demirjian para los 821 participantes. Seguidamente, procedimos al cálculo de la variabilidad residual de la ecuación, o sea, al cálculo de las diferencias entre la edad real y la edad estimada a través del método de Demirjian. Los resultados se pueden consultar en la Tabla 4.17.

Como se puede constatar, los errores de previsión por exceso (positivos) o por defecto (negativos), fueron considerables teniendo una media = 29,89 meses y una desviación estándar de 25,42 meses, calculada sobre los valores absolutos para la muestra global. Sin embargo, no se apreciaron diferencias estadísticamente significativas entre la media de las edades previstas por el método de Demirjian y la edad real de los participantes, cuando consideramos la totalidad de la muestra, $t(819) = -0,22$, $p = 0,827$.

A pesar de los errores constatados en la muestra aleatoria de 20 individuos seleccionados de la muestra total, concluimos por el soporte estadístico de la Hipótesis 1: ***Es posible estimar la edad cronológica de individuos portugueses y españoles a través del método de Demirjian et al. (1973).***

Tabla 4.17 – Edad real y edad prevista de 20 participantes a través del método de Demirjian: errores de estimación.

ID Sujeto	Edad real (meses)	Edad prevista (meses)	Error
DT772	175	170,77	4,23
DT286	91	106,70	-15,70
DT342	123	36,53	86,47
DT448	99	113,48	-14,48
DT622	99	121,28	-22,28
DT737	160	173,14	-13,14
E128	135	162,64	-27,64
E76	118	156,19	-38,19
ED55	222	177,21	44,79
EDV32	236	176,87	59,13
EDV7	146	175,18	-29,18
FP58	257	176,19	80,81
GHCON20	119	144,33	-25,33
GHCON61	273	177,21	95,79
TD593	142	173,14	-31,14
GHCON72	75	76,53	-1,53
FP99	147	169,08	-22,08
FP40	99	107,04	-8,04
EDV53	185	176,87	8,13
E9	98	94,50	3,50

La representación gráfica de la recta de regresión y de los valores observados, muestra precisamente la discrepancia en las previsiones (cf. Figura 4.12) y las diferencias de previsión por defecto (recta de regresión debajo de las circunferencias) y por exceso (recta de regresión encima de las circunferencias). Atendiendo a estas discrepancias, es importante analizar el papel contributivo de cada uno de los dientes medidos por el método de Demirjian en la previsión de la edad cronológica efectiva de los participantes.

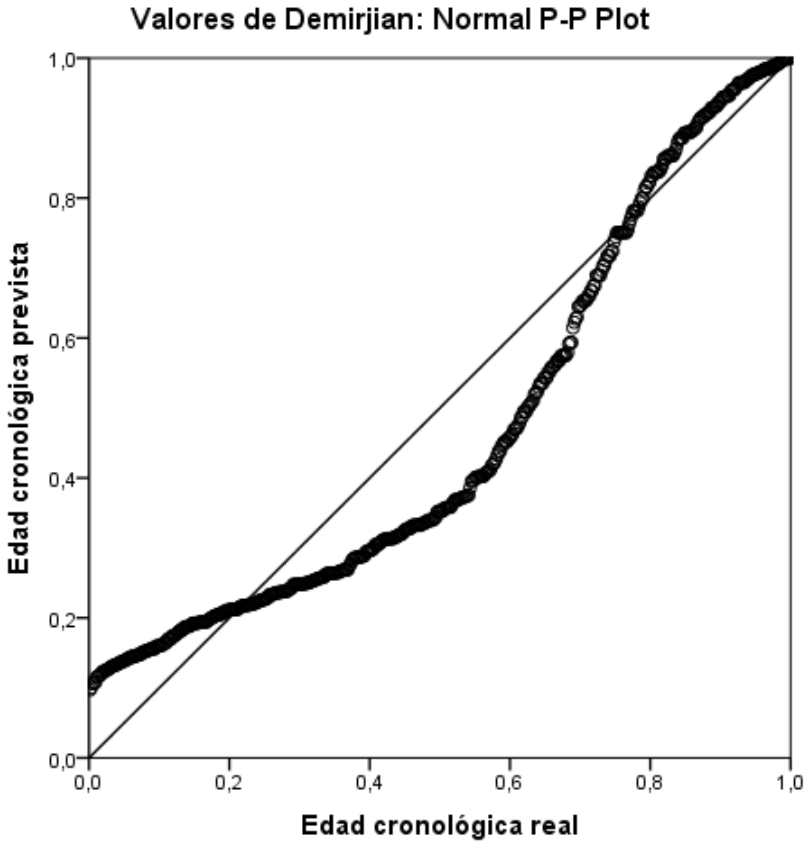


Figura 4.12 – Representación gráfica de los valores obtenidos (circunferencias) y esperados (edad cronológica prevista - recta de regresión) de la edad cronológica real de los participantes a partir de los valores de Demirjian.

Procedimos así al análisis de regresión lineal múltiple, tomando como variables predictivas los valores individuales de cada uno de los siete dientes usados en el cálculo del valor de Demirjian. Como variable criterio mantuvimos la edad cronológica de los participantes medida en meses. Los resultados se exponen en la Tabla 4.18.

La capacidad predictiva encontrada, cuando consideramos los siete dientes conjuntamente, es de $R_{\text{múltiple}} = 0{,}759$, $R^2 = 0{,}577$, o sea, los siete dientes considerados conjuntamente consiguen prever cerca del 57,7% de la edad cronológica de los participantes. Este valor resultó estadísticamente significativo, con un margen de error de uno en mil, $F(7{,}812) = 158{,}08$, $p < 0{,}001$.

Tabla 4.18 – Análisis de regresión múltiple de la edad cronológica prevista a partir de los siete dientes evaluados por el método de Demirjian.

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	b	Error estándar	Beta		
(Constante)	-160,171	11,650		-13,748	,000
D. Incisivo Central	2,686	1,153	,113	2,329	,020
D. Incisivo Lateral	-5,235	1,478	-,181	-3,543	,000
D. Canino	4,018	1,964	,117	2,046	,041
D. Primer Premolar	10,274	1,354	,360	7,588	,000
D. Segundo Premolar	-,345	1,832	-,011	-,188	,851
D. Primer Molar	,262	,760	,011	,344	,731
D. Segundo Molar	12,279	1,290	,458	9,519	,000

La observación de la Tabla 4.18 nos muestra los coeficientes de regresión no estandarizados y estandarizados, así como el test de significación estadística asociado a cada predictor. Constatamos que los dientes Segundo Premolar y Primer Molar no predijeron significativamente la edad cronológica de los participantes, por lo que fueron dispensables en la ecuación de regresión (valores de b = -0,345 y 0,262, p = 0,851 y p = 0,731, respectivamente). Inversamente, los dientes que se revelaron más predictores de la edad cronológica, a través del método de Demirjian, fueron el Primer Premolar y el Segundo Molar. El Canino se encontró prácticamente en el límite de la significación estadística. Atendiendo a estos resultados, optamos por repetir el análisis de regresión, considerando ahora los dientes que se revelaron significativos en la previsión de la edad cronológica según el método de Demirjian: Incisivo Central, Incisivo Lateral, Canino, Primer Premolar y Segundo Molar. Los resultados se detallan en la Tabla 4.19.

Observamos que estos cinco dientes conjuntamente se asociaron a un $R_{\text{múltiple}} = 0,759$, $R^2 = 0,577$, o sea, prevén cerca del 57,7% de la edad cronológica de los participantes, $F(5,814) = 221,78$, $p < 0,001$. Constatamos también, que todos los dientes fueron significativos en la previsión de la edad cronológica. Atendiendo a los valores de los coeficientes de regresión estandarizados, procedemos a la siguiente jerarquización de las contribuciones de los dientes para la previsión de la edad cronológica de los participantes: Segundo Molar, Primer Premolar, Incisivo Lateral, Canino e Incisivo Central. Sin embargo, cuando verificamos la señal de las contribuciones, observamos que el Incisivo Lateral mostró una contribución negativa, diferenciándose de todos los demás, que poseen contribuciones con señal positiva.

Tabla 4.19 – Análisis de regresión múltiple de la edad cronológica prevista a partir del Incisivo Central, Incisivo Lateral, Canino, Primero Premolar y Segundo Molar evaluados por el método de Demirjian.

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	b	Error estándar	Beta		
(Constante)	-158,767	10,298		-15,417	,000
D. Incisivo Central	2,678	,980	,112	2,733	,006
D. Incisivo Lateral	-5,200	1,254	-,180	-4,147	,000
D. Canino	3,945	1,888	,115	2,089	,037
D. Primer Premolar	10,222	1,264	,358	8,088	,000
D. Segundo Molar	12,252	1,147	,457	10,685	,000

La representación gráfica de la recta de regresión, de los valores observados (circunferencias) y de los valores esperados (recta de regresión) se muestra en la Figura 4.13. Comparativamente a la Figura 4.12, ya se obtuvo una mayor aproximación entre los valores reales y los estimados por la recta de regresión.

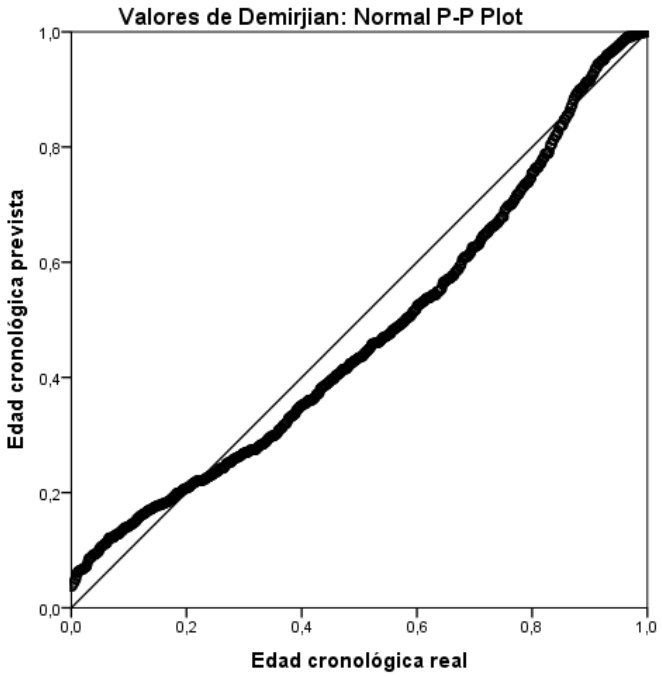


Figura 4.13 – Representación gráfica de los valores obtenidos (circunferencias) y esperados (edad cronológica prevista - recta de regresión) de la edad cronológica real de los participantes, prevista a partir del Incisivo Central, Incisivo Lateral, Canino, Primer Premolar y Segundo Molar, evaluados por el método de Demirjian.

La ecuación de regresión con los cinco dientes significativos, evaluados por el método de Demirjian, quedó así definida:

Edad cronológica prevista (meses) = -158,767 + 2,678* Incisivo Central - 5,200* Incisivo Lateral + 3,945*Canino + 10,222* Primer Premolar + 12,252* Segundo Molar

4.3.2.2. Análisis de la regresión para el método de Nolla: Test de la Hipótesis 1

Pasamos ahora al análisis de las capacidades predictivas de los siete dientes evaluados por el método de Nolla.

El análisis de regresión simple, cuando tomamos como predictor la suma de los siete dientes evaluados por el método de Nolla y como criterio, la edad cronológica de los participantes medida en meses, se mostró también estadísticamente significativo. La capacidad predictiva obtenida fue mayor que la del método de Demirjian: r = 0,803, R^2 = 0,644. Verificamos que con este método tenemos una capacidad predictiva de la edad cronológica de los participantes del 64,4%. Este valor superó en 16,9% la capacidad predictiva del método de Demirjian. En la Tabla 4.20 presentamos los coeficientes de regresión simple estandarizados y no estandarizados, bien como el resultado del respectivo test de significación estadística.

Tabla 4.20 – Análisis de regresión simple, considerando como elemento de predicción, el valor de Nolla y como criterio, la edad cronológica medida en meses.

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	b	Error estándar	Beta		
(Constante)	-213,391	9,519		-22,418	,000
Valor Nolla	5,784	,150	,803	38,527	,000

Ecuación de la regresión: Edad cronológica = -213,391+ 5,784*Valor Nolla

Obtenemos la siguiente ecuación de regresión: Edad cronológica = -213,391+ 5,784*Valor Nolla. A semejanza del procedimiento aplicado para el método de Demirjian, para los 20 participantes seleccionados aleatoriamente, calculamos las edades cronológicas previstas a partir de la ecuación de regresión y las comparamos con las

edades reales de los participantes. Los resultados pueden observarse en la Tabla 4.21. En el Anexo-Tabla 9 se exponen las edades previstas por el método de Nolla para los 821 participantes.

Así, una vez que la muestra integra 821 participantes, optamos por seleccionar aleatoriamente 20 de ellos y proceder al cálculo de la edad cronológica a través de la fórmula. Seguidamente, procedemos al cálculo de la variabilidad residual de la ecuación, o sea, a las diferencias entre la edad real y la edad estimada a través del método de Nolla.

Tabla 4.21 – Edad real y edad prevista de 20 participantes a través del método de Nolla: errores de estimación.

ID Individuo	Edad real (meses)	Edad prevista (meses)	Error
DT275	84	119,19	-35,19
DT330	118	133,65	-15,65
DT353	131	151,00	-20,00
TD317	112	116,30	-4,30
FP67	227	191,49	35,51
GHCON24	124	148,11	-24,11
DT622	99	98,95	,05
TD594	110	98,95	11,05
E100	252	191,49	60,51
E110	245	191,49	53,51
E137	278	191,49	86,51
E31	121	130,76	-9,76
E66	82	84,48	-2,48
E87	163	174,14	-11,14
ED14	242	191,49	50,51
ED38	140	185,71	-45,71
ED64	222	191,49	30,51
EDV2	195	185,71	9,29
EDV48	239	191,49	47,51
FP102	77	78,70	-1,70

La media de los errores de previsión en la muestra global en valor absoluto, fue inferior a la encontrada para el método de Demirjian: Media = 23,74 meses y una desviación estándar= 22,06 meses. Verificamos igualmente que no existen diferencias estadísticamente significativas entre la media de las edades previstas por el método de Nolla y la edad real de los participantes, cuando consideramos la totalidad de la muestra, t (820) = 0,024, p= 0,981.

Atendiendo a los resultados aquí presentados para el método de Nolla, concluimos por el soporte estadístico de la Hipótesis 1: ***Es posible estimar, con elevado grado de rigor, la edad cronológica de individuos portugueses y españoles a través del método de Nolla (1960).*** Constatamos también, y comparativamente al método de Demirjian, que este método no perdió capacidad predictiva en presencia de muestras más heterogéneas.

En la Figura 4.14 se exponen gráficamente los valores previstos por la recta de regresión y los valores reales observados (circunferencias) relativamente a la edad de los participantes. A semejanza de lo verificado en el método de Demirjian, para el método de Nolla encontramos un cierto alejamiento entre algunos valores reales y estimados por la ecuación de regresión.

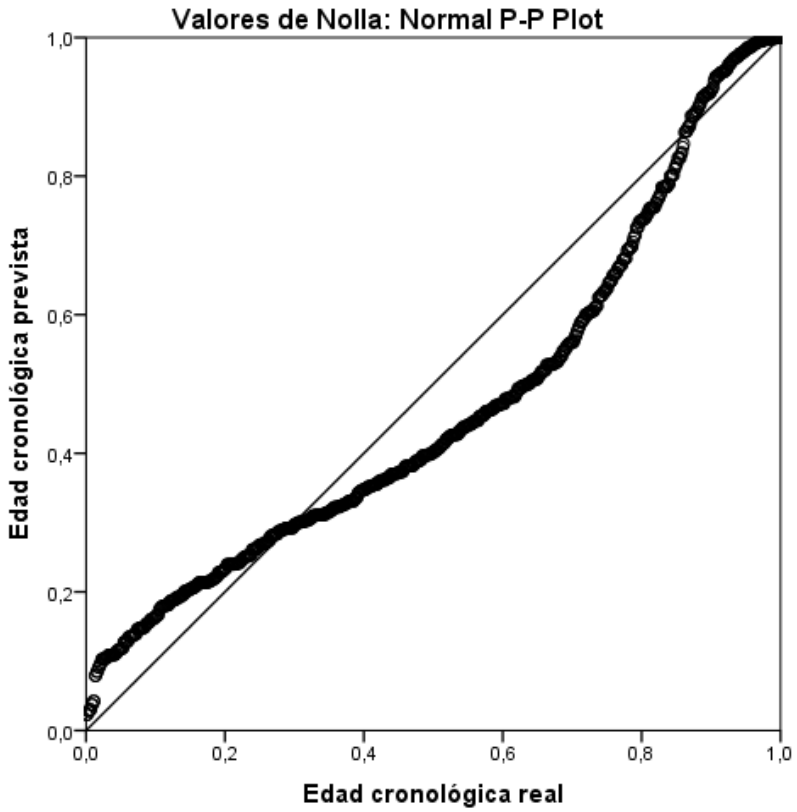


Figura 4.14 – Representación gráfica de los valores obtenidos (circunferencias) y esperados (edad cronológica prevista - recta de regresión) de la edad cronológica real de los participantes, prevista a partir de los valores de Nolla

Atendiendo a lo expuesto en la Figura 4.14, y a pesar de las buenas capacidades predictivas de este método, consideramos igualmente importante analizar el papel

contributivo de cada uno de los dientes medidos por el método de Nolla en la previsión de la edad cronológica real de los participantes.

Repetimos el análisis de regresión lineal múltiple, tomando ahora como variables predictores los valores individuales de cada uno de los siete dientes usados en el cálculo del valor de Nolla y manteniendo la variable criterio edad cronológica medida en meses. Los resultados se indican en la Tabla 4.22.

Encontramos una capacidad predictiva elevada: $R_{\text{múltiple}} = 0{,}863$, $R^2 = 0{,}745$, o sea, los siete dientes evaluados por el método de Nolla consiguen prever cerca del 74,5% de la edad cronológica de los participantes. Este valor es altamente significativo, $F(7{,}813) = 339.615$, $p < 0{,}001$.

Tabla 4.22 – Análisis de regresión múltiple de la edad cronológica prevista a partir de los siete dientes evaluados por el método de Nolla.

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	b	Error estándar	Beta		
(Constante)	67,286	19,723		3,412	,001
N. Incisivo Central	-8,265	3,124	-,087	-2,646	,008
N. Incisivo Lateral	,492	2,307	,007	,213	,831
N. Canino	7,479	2,850	,164	2,624	,009
N. Primer Premolar	-11,344	2,779	-,312	-4,082	,000
N. Segundo Premolar	15,324	2,499	,474	6,132	,000
N. Primer Molar	-12,681	2,968	-,167	-4,272	,000
N. Segundo Molar	23,247	1,726	,724	13,472	,000

Conforme se observa en la Tabla 4.22, el Incisivo Lateral no previó significativamente la edad cronológica de los participantes, por lo que se puede excluir de la ecuación de regresión, dada su influencia nula ($b = 0{,}492$, $p = 0{,}831$). Comprobamos por otro lado, que los demás dientes fueron muy significativos en la previsión de la edad cronológica a través del método de Nolla, concretamente el Segundo Premolar, el Primer Premolar, el Segundo Molar y el Primer Molar. Repitiendo el análisis de la regresión con exclusión del Incisivo Lateral, obtuvimos un $R_{\text{múltiple}} = 0{,}863$, $R^2 = 0{,}745$, $F(6, 814) = 396.675$, $p < 0{,}001$ (cf. coeficientes de la regresión

múltiple en la Tabla 4.23), siendo todos los dientes indispensables para una buena previsión de la edad cronológica.

Tabla 4.23 – Análisis de regresión múltiple de la edad cronológica prevista a partir del Incisivo Central, Canino, Primer Premolar, Segundo Premolar, Primer Molar y Segundo Molar evaluados por el método de Nolla.

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	b	Error estándar	Beta		
(Constante)	67,067	19,685		3,407	,001
N. Incisivo Central	-7,950	2,749	-,083	-2,892	,004
N. Canino	7,570	2,815	,166	2,689	,007
N. Primer Premolar	-11,293	2,767	-,310	-4,081	,000
N. Segundo Premolar	15,288	2,492	,473	6,135	,000
N. Primer Molar	-12,579	2,928	-,166	-4,297	,000
N. Segundo Molar	23,236	1,724	,724	13,480	,000

Se obtuvieron contribuciones positivas de los dientes Canino, Segundo Premolar y Segundo Molar, en cuanto que negativas de los dientes Incisivo Central, Primer Premolar y Primer Molar. En términos de magnitud de las contribuciones para la regresión, nombrar por orden decreciente (valores absolutos): Segundo Molar (de todos ellos, es el que presentó mayor contribución), Segundo Premolar, Primer Premolar, Primero Molar y Canino y, por último, Incisivo Central.

La representación gráfica de la recta de regresión y de los valores observados (circunferencias) y de los valores esperados (recta de regresión) se muestra en la Figura 4.15.

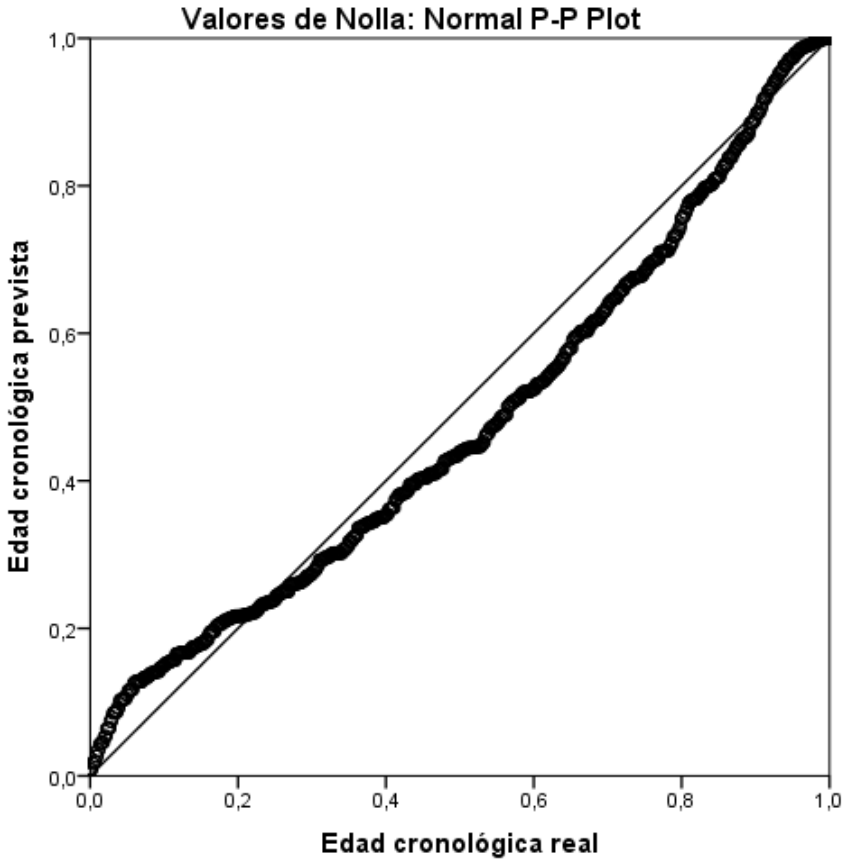


Figura 4.15 – Representación gráfica de los valores obtenidos (circunferencias) y esperados (edad cronológica prevista - recta de regresión) de la edad cronológica real de los participantes, prevista a partir del Segundo Molar, Segundo Premolar, Primer Premolar, Primer Molar, Incisivo Central y Canino, evaluados por el método de Nolla.

La ecuación de regresión con los seis dientes significativos evaluados por el método de Nolla quedó así definida:

Edad cronológica prevista (meses) = 67,067 -7,95* Incisivo Central +7,57*Canino - 11,293* Primer Premolar + 15,288* Segundo Premolar – 12,579*Primer Molar + 23,236*Segundo Molar

4.3.3. Comparación de la magnitud de las previsiones por los métodos de Nolla y de Demirjian: Test de la Hipótesis 2

Pretendemos ahora verificar si las magnitudes de las capacidades predictivas por los métodos de Demirjian y de Nolla difieren, en el sentido de la valorización de las capacidades predictivas del método de Demirjian en detrimento del método de Nolla. En relación a la magnitud de los coeficientes de correlación, obtuvimos un r = 0,689, p< 0,001 para el método de Demirjian y un r = 0,803, p< 0,001 para el método de Nolla.

La Hipótesis 2 nos indica que: existen diferencias estadísticamente significativas entre los métodos de Nolla (1960) y de Demirjian *et al*. (1973) en lo que concierne a la proporción de variabilidad de la edad cronológica prevista a partir de cada método.

Para saber cual de los métodos fue más eficaz en la previsión de las edades cronológicas de los participantes portugueses y españoles que integran esta muestra, realizamos el test de la diferencia entre los dos coeficientes de correlación de Pearson entre los valores de Demirjian y de Nolla y la edad cronológica de los participantes. El objetivo fue comprobar si la magnitud de los coeficientes de correlación difiere o no significativamente, a fin de que podamos afirmar cual de los dos métodos fue el más eficaz en la previsión de la edad cronológica de los participantes a través de la madurez de la mineralización y erupción dentaria de los siete dientes evaluados conjuntamente para cada método.

Utilizamos la sintaxis para aplicación en el programa SPSS propuesta por Alferes en 2002 y actualizada en 2003, que nos permitió calcular, además del test de la diferencia entre dos proporciones independientes, el intervalo de confianza de la diferencia y el poder observado (cf. http://gaius.fpce.uc.pt/niips/spss_prc/index.htm). Después de ejecutar la sintaxis[3] obtuvimos un z = -5,3047, p< 0,001, alfa =0,05 y poder asociado de

[3] Utilizamos la siguiente sintaxis (programa SPSS):

```
INPUT PROGRAM.
LOOP X=1 TO 1.
END CASE.
END LOOP.
END FILE.
END INPUT PROGRAM.
COMPUTE P1 = 0.689.
COMPUTE N1 = 820.
COMPUTE P2 = 0.803.
COMPUTE N2 = 821.
COMPUTE NC = 95.
COMPUTE ALFA = 0.05.
COMPUTE P=(N1*P1+N2*P2)/(N1+N2).
COMPUTE Z=(P1-P2)/SQR(P*(1-P)*((N1+N2)/(N1*N2))).
COMPUTE ZABS=ABS(Z).
```

0,9996. Dado que el poder de una investigación, por defecto, debe ser superior a 0,80 (Alferes, 1997; Cohen, 1988; Howell, 1997), concluimos que el poder del presente análisis fue elevado y por tanto, con confianza podemos afirmar que el método de Nolla previó con más confianza la edad cronológica de los participantes, comparado con la eficacia del método de Demirjian.

Encontramos así soporte empírico para la Hipótesis 2**:** ***Existen diferencias estadísticamente significativas entre los métodos de Nolla (1960) y de Demirjian et al. (1973), relativas a la proporción de variabilidad de la edad cronológica prevista a partir de cada método. Sin embargo, el método de Nolla se muestra más eficaz en la previsión de la edad cronológica de los niños, comparado al método de Demirjian.***

La repetición de la sintaxis, atendiendo ahora al resultado de los análisis de regresión múltiple, que analizan las contribuciones conjunta e individual de cada diente en ambos métodos, apuntó igualmente la existencia de diferencias entre ambos métodos.

Recordando los resultados de la sección anterior, constatamos que para el método de Demirjian, los dientes significativos en la previsión de la edad cronológica fueron: Incisivo Central, Incisivo Lateral, Canino, Primer Premolar y Segundo Molar, que conjuntamente explicaron $R_{múltiple}$ = 0,759 de la edad cronológica. Para el método de

```
COMPUTE P_BI=(1-CDFNORM (ZABS))*2.
COMPUTE P_UNI=1-CDFNORM (ZABS).
COMPUTE Z_C=(ABS(P1-P2)-(0.5*(1/N1+1/N2)))/SQR(P*(1-P)*((N1+N2)/(N1*N2))).
COMPUTE ZABS_C=ABS(Z_C).
COMPUTE P_BI_C=(1-CDFNORM (ZABS_C))*2.
COMPUTE P_UNI_C=1-CDFNORM (ZABS_C).
IF (Z<0) Z_C=-1*Z_C.
COMPUTE DIF=P1-P2.
COMPUTE EP_DIF=SQR((P1*(1-P1)/N1)+(P2*(1-P2)/N2)).
COMPUTE Z_NC=IDF.NORMAL(1-((100-NC)/100)/2,0,1).
COMPUTE LIM_INF=DIF-Z_NC*EP_DIF.
COMPUTE LIM_SUP=DIF+Z_NC*EP_DIF.
COMPUTE X1=SQR(P1).
COMPUTE H1=2*ARTAN(X1/SQR(-X1*X1+1)).
COMPUTE X2=SQR(P2).
COMPUTE H2=2*ARTAN(X2/SQR(-X2*X2+1)).
COMPUTE HDIF=H1-H2.
COMPUTE Z_ALFA=IDF.NORMAL(1-ALFA/2,0,1).
COMPUTE N=(2*(N1*N2))/(N1+N2).
COMPUTE ZPODER1=ABS(HDIF)*SQR(N/2)-Z_ALFA.
COMPUTE ZPODER2=-ABS(HDIF)*SQR(N/2)-Z_ALFA.
COMPUTE PODER1=CDF.NORMAL(ZPODER1,0,1).
COMPUTE PODER2=CDF.NORMAL(ZPODER2,0,1).
COMPUTE PODER=PODER1+PODER2.
EXECUTE.
FORMATS N1 N2 NC(F8.0) P1 P2 Z P_BI P_UNI z_c P_BI_c P_UNI_c
DIF EP_DIF LIM_INF LIM_SUP ALFA PODER (F8.4).
LIST P1 P2 N1 N2 Z P_BI P_UNI.
LIST Z_C P_BI_C P_UNI_C.
LIST NC DIF EP_DIF LIM_INF LIM_SUP.
LIST ALFA PODER.
```

Nolla, el $R_{múltiple}$ obtenido fue de 0,863, para los dientes Segundo Molar, Segundo Premolar, Primer Premolar, Canino y Primer Molar e Incisivo Central.

Ejecutamos de nuevo la sintaxis, esta vez con los coeficientes $R_{múltiple}$ = 0,759 para el método de Demirjian y $R_{múltiple}$ = 0,863 para el método de Nolla. Obtuvimos un z = -5,3808, p< 0,001, alfa = 0,05 y poder asociado de 0,9997. Queda así demostrada la superioridad de las capacidades predictivas del método de Nolla en comparación con el de Demirjian en muestras más heterogéneas relativamente a la edad, tanto cuando se utiliza el valor de Nolla o de Demirjian global, como cuando se considera la influencia específica de cada diente.

4.3.4. Influencia de las variables género, altura y peso de los niños portugueses en los métodos de Nolla y de Demirjian: Test de la Hipótesis 3

Ante la revisión de la literatura y la inconsistencia de algunos resultados de investigaciones que recurren al mismo método, consideramos interesante analizar las capacidades de predicción conjuntas de las variables clasificatorias que se inter correlacionan con el desarrollo de los niños: género, altura y peso. El registro de la altura y del peso solo fue realizado en una muestra de niños portugueses (270 niños y niñas de los 6 a los 14 años). Esta muestra estuvo compuesta por niños y niñas procedentes del norte de Portugal (n=270), con una edad media de 9,9 años [mínimo = 6; máximo = 14 y desviación estándar= 2,59 años]. El peso varió entre un mínimo de 20 y un máximo de 92 Kg., siendo la puntuación media de 38,94 Kg. y la desviación estándar de 13,12. Respecto a la altura, el valor mínimo fue de 1,05 metros y el máximo de 1,76 metros, siendo la puntuación media de 1,41 y la desviación estándar de 0,15 metros.

.

4.3.4.1. Test de la Hipótesis 3 para el método de Demirjian

Procedimos a realizar un análisis de regresión lineal múltiple, que consiste en una técnica estadística, descriptiva e inferencial, que permite el análisis de la relación entre una variable criterio (Y) y un conjunto de variables de predicción (X´s). El objetivo de la regresión lineal múltiple, es prever el comportamiento de la variable criterio a partir de varias variables relevantes, informando sobre el margen de error de esas previsiones. En el presente estudio, tomamos como criterio la variable edad cronológica y como

predictores, además del valor de Demirjian, las tres variables citadas anteriormente: género, altura y peso.

El resultado de la regresión múltiple fue extremamente favorable, manifestando las tres variables una capacidad de predicción del 87,6% de la edad cronológica (coeficiente de correlación múltiple r = 0,936; coeficiente de determinación múltiple R^2 = 0,876). De acuerdo con el $R^{2,}$ ajustado para la población portuguesa estudiada, el 87,4% de la variabilidad de la edad cronológica podría ser explicada por las variables independientes presentes en el modelo de regresión ajustado a la población.

El resultado del análisis de la variación fue estadísticamente significativo [F (4,262) = 460,93, p < 0,001] y los valores de los errores estándar bajos, conforme se puede observar en la Tabla 4.24. La ventaja de la regresión múltiple, comparativamente con la simple, consiste en el análisis conjunto de todos los predictores en el criterio, excluyendo del análisis la multicolinearidad de los predictores. De este modo, podemos comparar entre si las capacidades de predicción de todos, y concluir cual de ellos prevé con mayor precisión, además del valor de Demirjian, el criterio edad cronológica. Se añadieron también los coeficientes de regresión no estandarizados y estandarizados, que nos permitieron identificar claramente, entre todos los predictores, cuales fueron los más fuertes en la determinación de la edad de los niños portugueses; por otro lado, podemos detectar cuales son los que no fueron influyentes.

Relativamente a los predictores más fuertes, identificamos en primero lugar la altura real de los niños (b = 10,34 y β = 0,61; p< 0,001), siendo este resultado completamente previsible, en la medida en que existe una fuerte asociación entre la edad y la altura de los niños (en nuestra muestra el r es de 0,91, p < 0,001). En segundo lugar, surgió el valor de Demirjian, con fuertes aptitudes de predicción (b = 0,06 y β = 0,39; p < 0,001) y en tercer lugar, la variable género de los niños (b = 0,25 y β = 0,05; p < 0,03).

Tabla 4.24 – Análisis de la regresión múltiple de la edad cronológica prevista a partir de los cuatro predictores conjuntos, altura, valor de Demirjian, género y peso de los niños de la muestra.

	Criterio: Edad cronológica				
	Coeficiente no estandarizado b	Error estándar b	Coeficiente estandarizado β	Test t	Significación estadística p
Predictores					
Constante	9,34				
Valor de Demirjian	0,05	0,01	0,39	10,46	0,00
Género	0,25	0,12	0,05	2,19	0,03
Peso	0,00	0,01	-0,01	-0,23	0,82
Altura	10,34	0,09	0,61	11,50	0,00

En cuanto a la variable peso, es interesante señalar que no presentó ningún valor de predicción significativo de la edad cronológica de los niños, ($b = -0{,}00$ e $\beta = -0{,}01$; $p > 0{,}80$).

Presentamos la ecuación de regresión múltiple. Excluimos de la ecuación la variable peso, ya que no presentó valor de predicción cuando se analizó conjuntamente con las restantes variables de predicción.

Edad cronológica = 9,34 + 0,05*Valor Demirjian + 0,25*Género+ 10,34*Altura

En la Figura 4.16 representamos gráficamente los resultados obtenidos y esperados en la regresión múltiple.

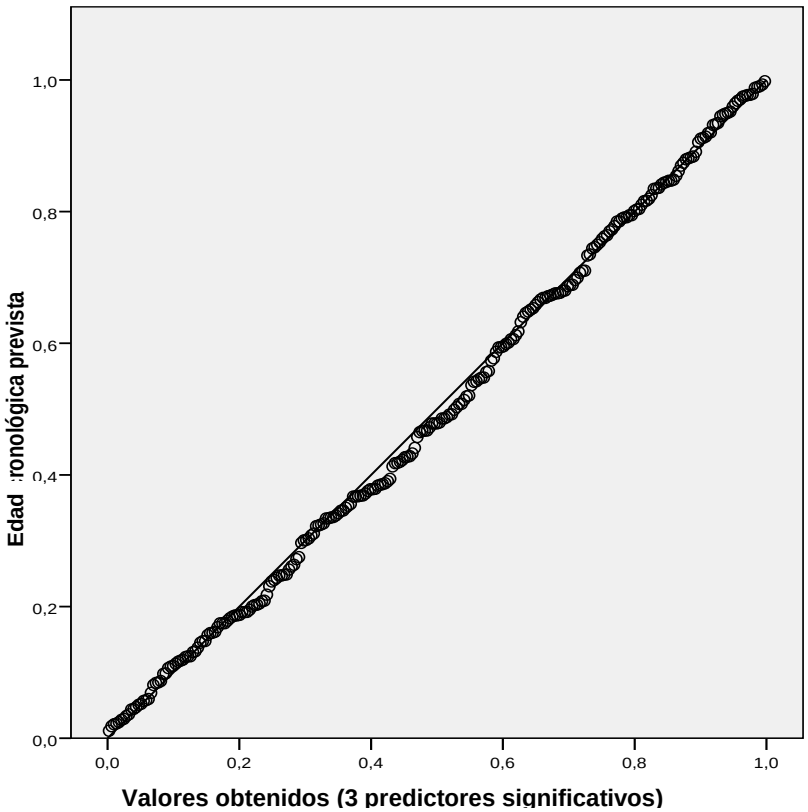


Figura 4.16 – Representación gráfica de la regresión múltiple de los valores obtenidos y esperados de la edad cronológica, prevista conjuntamente a partir de los valores de Demirjian, género y altura de los niños.

En las figuras 4.17, 4.18 y 4.19, exponemos los resultados de las regresiones parciales, seriados de 0 a 10 por magnitud de importancia en la proporción de variabilidad explicada del criterio en causa (edad cronológica). De acuerdo con la ecuación de regresión múltiple, presentamos en primer lugar los valores de Demirjian, seguido del género y en último lugar la altura de los niños.

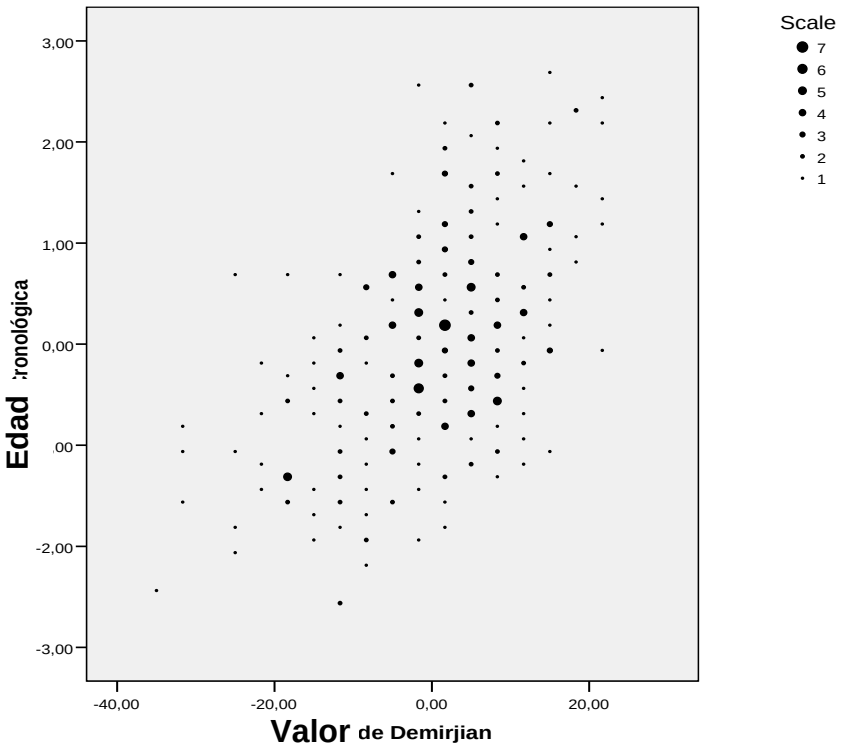


Figura 4.17 – Representación gráfica de la regresión parcial múltiple de la edad cronológica, prevista a partir del valor de Demirjian.

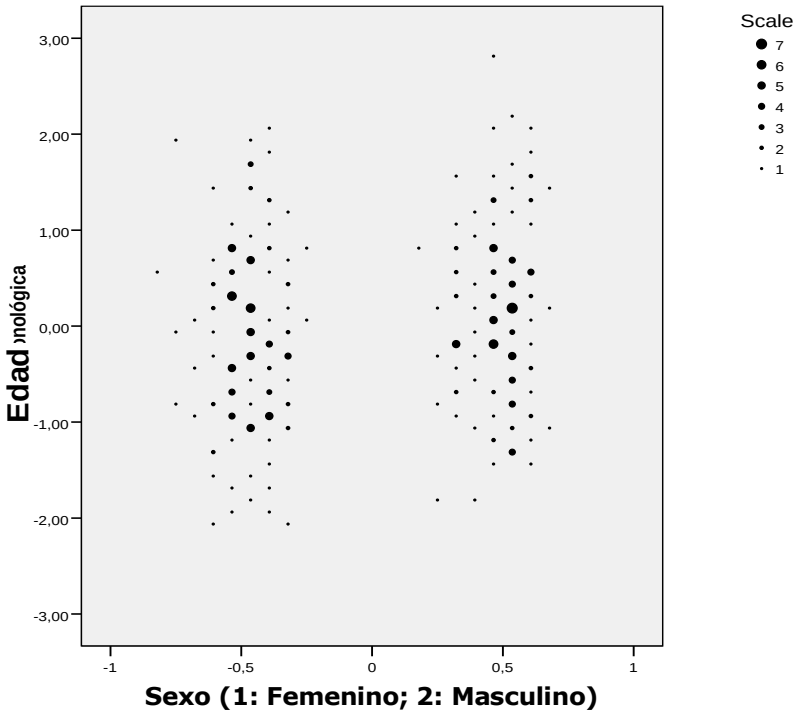


Figura 4.18 – Representación gráfica de la regresión parcial múltiple de la edad cronológica, prevista a partir del género de los niños.

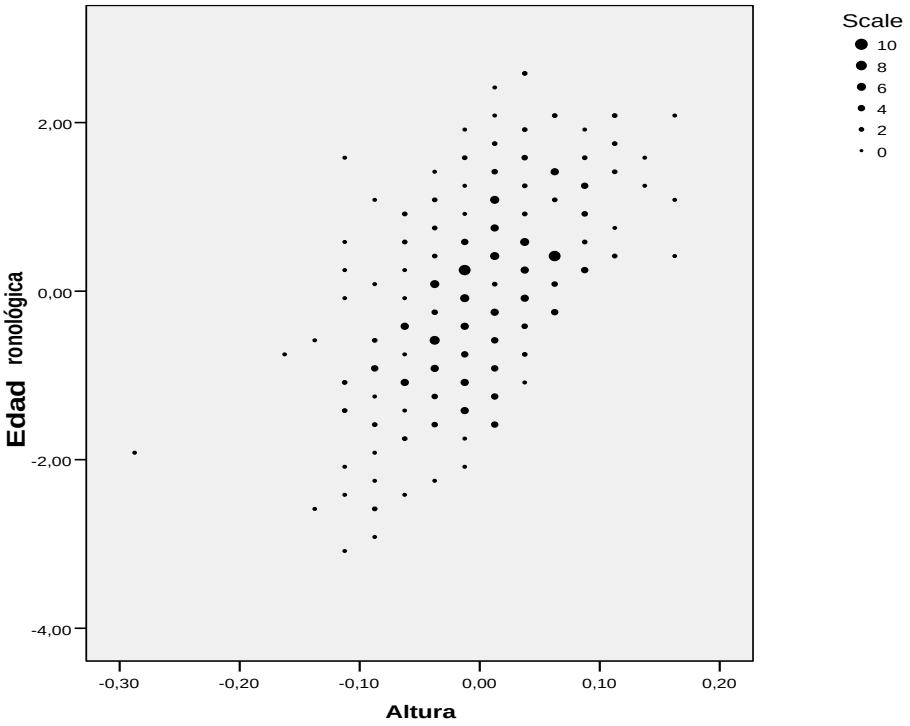


Figura 4.19 – Representación gráfica de la regresión parcial múltiple de la edad cronológica, prevista a partir de la altura de los niños.

Concluimos rechazando la Hipótesis nula (H0) 3 y corroborando la hipótesis alternativa H3: ***Existe por lo menos una de las variables clasificatorias que condiciona la magnitud de la capacidad de predicción del método de Dermirjian. En términos de magnitud de las capacidades de predicción, consideramos por orden, la altura, el valor de Demirjian y el género de los niños, como las variables influyentes en la previsión de la edad cronológica. En cuanto a la variable peso, no mostró ningún valor de predicción.***

4.3.4.2. Test de la Hipótesis 3 para el método de Nolla

Procedimos al mismo análisis de regresión lineal múltiple, considerando ahora como elemento de predicción el valor de Nolla y manteniendo inalteradas las restantes variables: edad cronológica (criterio) y género, altura y peso (predictores).

Cuando sustituimos el valor de Demirjian por el de Nolla, la regresión múltiple presentó resultados distintos relativamente a la influencia de las variables género, altura y

peso en la estimación de la edad cronológica (cf. Tabla 4.25). El análisis presentó un coeficiente de correlación múltiple de r = 0,921 y un coeficiente de determinación múltiple R^2 = 0,849, explicando el 84,9% de la variabilidad de la edad cronológica (el valor de R^2 ajustado para la población fue de 84,7%).

El análisis de la variación indicó una previsión estadísticamente significativa: F (4, 253) = 355,76, p < 0,001. En términos de las capacidades de predicción de las variables predictoras, conforme se puede visualizar en la Tabla 4.25, identificamos en primer lugar la altura real de los niños, y en segundo lugar el valor de Nolla. En cuanto a las variables género y peso de los niños, obtuvimos que no tienen valor de predicción en el criterio en causa. Concluyendo, los únicos predictores significativos de la edad cronológica fueron la altura y el valor de Nolla. El peso y el género no mostraron influencia en el análisis.

Tabla 4.25 – Análisis de regresión múltiple de la edad cronológica prevista a partir de los cuatro predictores conjuntos: altura, valor de Nolla, género y peso de los niños de la muestra.

	Criterio: Edad cronológica				
	Coeficiente no estandarizado b	Error estándar b	Coeficiente estandarizado β	Test t	Sígnificación estadística p
Predictores:					
Constante	-11,42				
Valor de Nolla	0,06	0,01	0,21	5,53	0,00
Género	0,02	0,13	0,00	0,17	0,86
Peso	0,00	0,01	-0,01	-0,13	0,90
Altura	12,79	0,98	0,75	13,03	0,00

Definimos la ecuación de regresión múltiple, considerando solamente los dos predictores significativos:

Edad cronológica = -11,42 + 0,06*Valor de Nolla + 12,79*Altura

En la figura 4.20 exponemos la relación entre la edad, el valor de Nolla y la altura de los niños que integran la muestra[4].

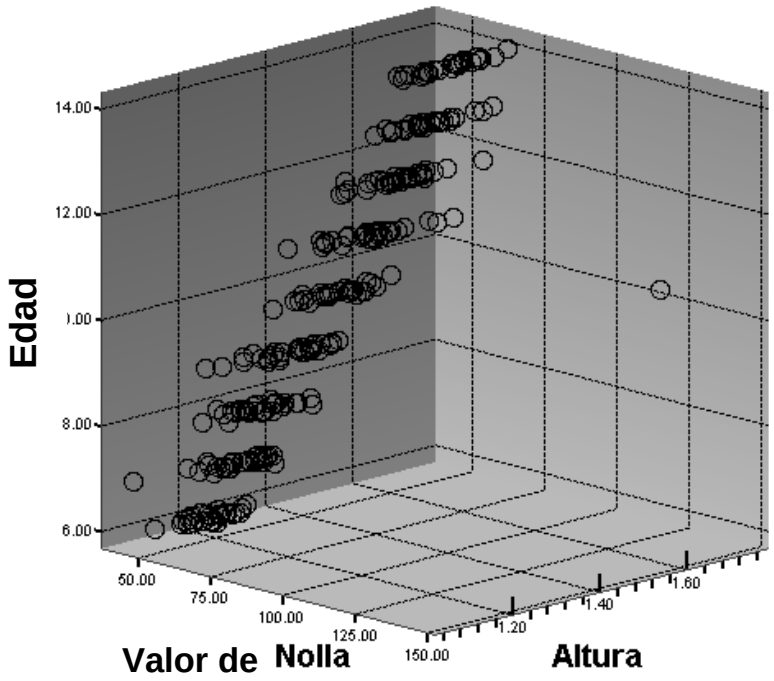


Figura 4.20 – Representación gráfica de la relación entre las tres variables: edad, valor de Nolla y altura.

Relativamente al test empírico de la Hipótesis 3, considerando el método de Nolla, concluimos: ***Existe una de las variables clasificatorias que condiciona la magnitud de la capacidad de predicción del método de Nolla. En términos de magnitud de las capacidades de predicción, consideramos por orden, la altura y el valor de Nolla, como las variables influyentes en la previsión de la edad cronológica. Cuanto a las variables género y peso, no mostraron ningún valor de predicción.***

[4] Por motivos de semejanza suprimimos la presentación de las representaciones gráficas de los resultados globales y parciales de la regresión múltiple efectuada.

4.3.5. Previsión de la edad cronológica a partir del género y de la edad de Demirjian y de Nolla

En la presente sección pasamos a estudiar las diferencias de género en el test de las capacidades predictivas de los valores de Demirjian y de Nolla. Consideramos el género como una variable y lo introducimos como variable predictiva en las ecuaciones de regresión múltiple, juntamente, bien con el predictor Valor de Demirjian, bien con el predictor Valor de Nolla. Pasamos a analizar esas diferencias para ambos métodos.

La capacidad predictiva de la edad cronológica cuando tomamos como variables predictivas el género de los participantes y el Valor de Demirjian (suma de los siete dientes) fue de $R_{\text{múltiple}} = 0{,}690$, $R^2 = 0{,}476$, $F(2, 817) = 370{,}82$, $p < 0{,}001$. En la Tabla 4.26 presentamos los coeficientes de regresión simple estandarizados (b) y no estandarizados (Beta), el error estándar asociado, así como el resultado del test de significación estadística para cada uno de los predictores. Verificamos que el género no presentó efecto predictivo de la edad cronológica, cuando se utilizó como predictor el valor de Demirjian.

Tabla 4.26 – Análisis de regresión múltiple de la edad cronológica prevista a partir del valor de Demirjian y del género de los participantes.

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
		b	Error estándar	Beta		
1	(Constante)	-165,624	12,037		-13,760	,000
	Valor Demirjian	3,470	,128	,693	27,056	,000
	Género	-2,777	2,779	-,026	-,999	,318

Repetimos el análisis de la regresión múltiple, teniendo ahora como variables predictivas el género y el Valor de Nolla (suma de los siete dientes). Obtuvimos un $R_{\text{múltiple}} = 0{,}803$, $R^2 = 0{,}645$, $F(2, 818) = 742{,}11$, $p < 0{,}001$. Los coeficientes de regresión simple estandarizados (b) y no estandarizados (Beta), el error estándar asociado, así como el resultado del test de significación estadística para cada uno de los predictores, se muestran en la Tabla 4.27. Una vez más concluimos, que el género de los participantes no reveló ningún efecto predictivo de la edad cronológica, cuando competía directamente con la variable predictiva Valor de Nolla.

Tabla 4.27 – Análisis de regresión múltiple de la edad cronológica prevista a partir del valor de Nolla y del género de los participantes.

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		b	Error estándar	Beta		
1	(Constante)	-211,562	9,802		-21,584	,000
	Valor Nolla	5,798	,151	,805	38,352	,000
	Género	-1,790	2,280	-,016	-,785	,433

Estos resultados ya eran esperados, en la medida en que el género ya participa con el valor de Nolla o Demirjian en la previsión de la edad cronológica. Sin embargo, el análisis de las diferencias (por oposición a influencias) analizado en la siguiente sección, dará resultados interesantes en el sentido de determinar la influencia de la variable género en el grado de aplicabilidad de los métodos de Nolla y de Demirjian.

4.3.6. Determinación de la influencia de la variable género en el grado de aplicabilidad de los métodos de Nolla y de Demirjian: Test de la Hipótesis 4

La Hipótesis 4 reveló diferencias de género en el grado de aplicabilidad de los métodos de Nolla y de Demirjian. Así la Hipótesis 4 enuncia que: El género de los participantes condiciona diferenciadamente la magnitud de las capacidades de predicción de los métodos de Nolla y de Demirjian. Dada la heterogeneidad de la presente muestra, el test de la influencia de la variable género se hará no sólo con la edad estimada por ambos métodos, sino también con la edad real de los participantes (para verificar si existen diferencias a este nivel). Consideramos que el género influyó el método si para esta variable dependiente se registraron diferencias que no correspondían a diferencias reales en términos de edad.

La Tabla 4.28 nos muestra las medias para hombres y mujeres de la edad real en meses y de las edades previstas por los métodos de Demirjian y de Nolla. Además esta tabla contiene también los resultados del test t de Student para muestras independientes (VI: género y VDs: edad real en meses y edades previstas por los métodos de Demirjian y de Nolla).

Tabla 4.28 – Puntuaciones medias y desviaciones estándar (DE) de la edad real de los participantes, así como de la edad prevista a partir de los métodos de Nolla y de Demirjian en función del género: Tests t de Student para muestras independientes.

	Género					
	Femenino (n = 412)		Masculino (n = 409)		t (819)	Sig.
	Media	DE	Media	DE		
Edad real	154,85	57,64	146,59	50,57	**-2,81**	,029
Método de estimación Demirjian	156,67	31,99	145,63	40,27	**-4,35**	,000
Método de estimación Nolla	155,70	41,34	145,68	45,33	**-3,31**	,001

Los resultados de los test t de Student para muestras independientes, son claros al ilustrar las diferencias de edades en términos del género de los participantes. En media, el sexo femenino fue mayor que el sexo masculino (diferencia media de 8,26 meses) y esa diferencia fue estadísticamente significativa, t(819) = -2,81, p= 0,029. Sin embargo, al verificar los resultados de los test t de Student, cuando se utiliza la previsión de la edad por los métodos de estimación de Demirjian y de Nolla, apreciamos que esa diferencia es ampliada en ambos, aunque más en el método de Demirjian comparativamente al de Nolla. De hecho, atendiendo al método de Demirjian, la diferencia media entre hombres y mujeres fue de 11,04 meses, en cuanto que según el método de Nolla esa diferencia disminuyó a 10,02 meses. Dado que existieron ya diferencias previas de edades reales, este aspecto hizo difícil saber si el aumento de las diferencias verificado para la estimación de las edades, fue significativo en ambos métodos. Para dar respuesta a esta cuestión realizamos un análisis de la covarianza (ANCOVA de un factor), tomando como VI el género de los participantes, como VD la estimación de las edades (bien por el método de Demirjian o por el de Nolla) y como covariable la edad real en meses. De esta forma conseguimos eliminar estadísticamente las diferencias etarias ya constatadas en la muestra y que por eso, no pueden ser atribuidas a la especificidad de la estimación de la edad por cada método. Los resultados se recogen en las Tablas 4.29 para el método de Demirjian y 4.30 para el método de Nolla.

Tabla 4.29 – Análisis de la Covarianza de la edad prevista por el método de Demirjian en función del género de los participantes y covariable edad real (meses).

Fuente	Suma de los cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta parcial al cuadrado (η^2)
Modelo corregido	535932,055[a]	2	267966,027	383,912	,000	,484
Edad	510933,187	1	510933,187	732,009	,000	,473
Género	10289,856	1	10289,856	14,742	,000	,018
Error	570256,050	817	697,988			
Total	19843331,723	820				

Tabla 4.30 – Análisis de la Covarianza de la edad prevista por el método de Nolla en función del género de los participantes y covariable edad real (meses).

Fuente	Suma de los cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta parcial al cuadrado (η^2)
Modelo corregido	1010583,073[a]	2	505291,537	750,776	,000	,647
Edad	989963,047	1	989963,047	1470,913	,000	,643
Sexo	4564,216	1	4564,216	6,782	,009	,008
Error	550535,353	818	673,026			
Total	20208043,181	821				

Conforme se puede constatar en ambas Tablas, el efecto de la covariable edad en meses se reveló estadísticamente significativo en ambos métodos, tal y como seria de prever. Ese efecto fue extremamente fuerte, como nos indica el coeficiente eta parcial al cuadrado: 48,4% en el método de Demirjian y 64,3% en el método de Nolla. Concluimos así, que la variabilidad en la VD (edades previstas por el método de Demirjian o por el de Nolla) estuvo bastante influenciada por la edad cronológica de los participantes, conforme sería de esperar. Sin embargo, tras la remoción estadística de este efecto, el género se mantuvo significativo tanto en un método como en el otro (cf. niveles de significación estadística, p = 0,000 para el método de Demirjian y p = 0,009 para el método de Nolla). Queda así demostrado el soporte empírico de la Hipótesis 4: ***El género de los participantes condiciona diferenciadamente la magnitud de las capacidades de predicción de los métodos de Nolla y de Demirjian. Señalar, sin embargo, que las***

magnitudes son bajas. El eta parcial al cuadrado, indica que la variable género influencia la edad prevista por el método de Demirjian en 1,8% (η^2 = .018) y por el método de Nolla en 0,8% (η^2 = 0,008).

Estas diferencias pueden ser consultadas en la Figura 4.21. Aquí fácilmente se observa que para las mujeres, la edad prevista a partir de los métodos fue superior a la edad real (columna negra). Para el sexo masculino, esta superioridad no se verificó; por el contrario, las edades estimadas por ambos métodos quedaron ligeramente debajo de la edad real medida en meses.

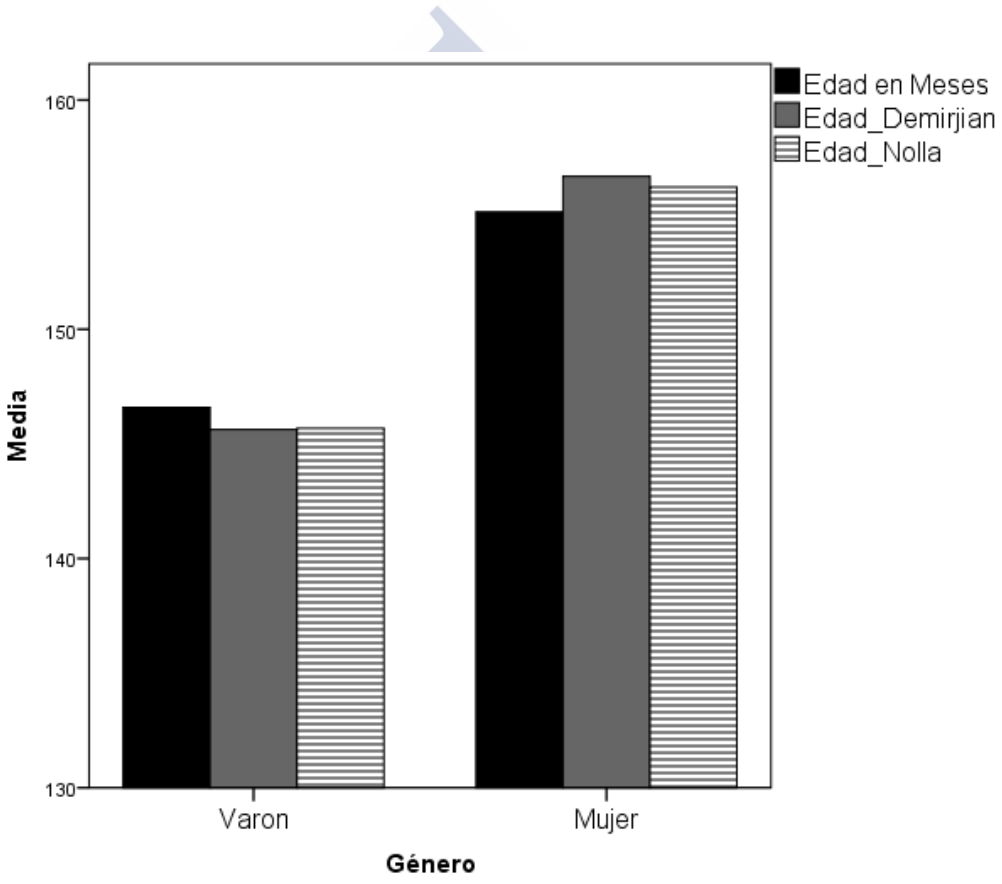


Figura 4.21 – Puntuaciones medias de la edad real y de los métodos de Nolla y de Demirjian en función del género (hombre y mujer).

4.3.6.1 Ecuaciones de regresión diferenciadas por género

Atendiendo a la influencia de la variable género de los participantes en la utilización de los métodos de Demirjian y de Nolla, pasamos ahora a presentar las ecuaciones de regresión diferenciadas para el género masculino y femenino, para ambos métodos.

4.3.6.1.1. Método de Demirjian para hombres y mujeres

El análisis de la regresión lineal, adoptando como predictor el valor de Demirjian (suma de los siete dientes considerados por el método) y como criterio la edad cronológica de los participantes, encontró valores distintos para hombres y mujeres, conforme ilustra la Tabla 4.31.

Para los hombres la capacidad predictiva del valor de Demirjian fue de r = 0,729, R^2 = 0,531, en cuanto que para las mujeres el valor descendió para r = 0,665, R^2 = 0,442. A pesar de que ambos valores fueron estadísticamente significativos, constatamos que la capacidad predictiva del valor de Demirjian resultó más elevada para los hombres que para las mujeres.

Tabla 4.31 – Coeficientes de regresión y niveles de significación de la edad cronológica prevista a partir del método de Demirjian, en función del género de los participantes.

Género	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	F	Sig.
Varón	,729	,531	,530	34,678	460,631	,000
Mujer	,665	,442	,441	42,955	324.497	,000

En la Tabla 4.32 el análisis de los coeficientes de regresión estandarizados Beta nos permite comparar la magnitud del coeficiente de regresión en ambos géneros. Si para los hombres el valor fue de β = 0,729, para las mujeres el valor fue inferior, siendo de β = 0,665.

Tabla 4.32 – Análisis de regresión lineal de la edad cronológica prevista a partir del método de Demirjian en función del género de los participantes.

Género		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
		b	Error estándar	Beta		
Varón	(Constante)	-135,029	13,233		-10,204	,000
	Valor_Demirjian	3,102	,145	,729	21,462	,000
Mujer	(Constant)	-225,677	21,245		-10,623	,000
	Valor_Demirjian	4,049	,225	,665	18,014	,000

En virtud de estos resultados, se elaboraron ecuaciones de regresión diferenciadas para ambos géneros:

Ecuación de regresión para los Hombres: Edad cronológica = -135,029 + 3,102*Valor Demirjian

Ecuación de regresión para las Mujeres: Edad cronológica = -225,667 + 4,049*Valor Demirjian

4.3.6.1.2. Método de Nolla para hombres y mujeres

Repetimos el análisis de la regresión lineal, adoptando ahora como predictor el valor de Nolla (suma de los siete dientes considerados por el método). Una vez más los valores encontrados revelaron una diferenciación de las ecuaciones de regresión para hombres y para mujeres (cf. Tabla 4.33).

Para los hombres se obtuvo una capacidad predictiva de r = 0,831, R^2 = 0,690. Para las mujeres el valor descendió para r = 0,783, R^2 = 0,614. A semejanza de lo anteriormente constatado para el método de Demirjian, en el método de Nolla la capacidad predictiva fue más elevada para los hombres comparativamente a las mujeres.

Tabla 4.33 – Coeficientes de regresión y niveles de significación de la edad cronológica prevista a partir del método de Nolla, en función del género de los participantes.

Género	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	F	Sig.
Varón	,831	,690	,690	28,173	907,535	,000
Mujer	,783	,614	,613	35,864	651,591	,000

Atendiendo a la magnitud de los coeficientes de regresión (cf. coeficientes estandarizados Beta en la Tabla 4.34), el valor de Nolla prevé cerca del 0,831 de la edad cronológica para los hombres y cerca de 0,783 para las mujeres. También este método se mostró más eficaz para los hombres comparativamente a las mujeres.

Tabla 4.34 – Análisis de la regresión lineal de la edad cronológica prevista a partir del método de Nolla, en función del género de los participantes.

Género		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		b	Error estándar	Beta		
Varón	(Constante)	-186,276	11,137		-16,726	,000
	Valor_Nolla	5,362	,178	,831	30,125	,000
Mujer	(Constante)	-248,359	15,894		-15,626	,000
	Valor_Nolla	6,319	,248	,783	25,526	,000

Las ecuaciones de regresión para el método de Nolla diferenciadas para ambos géneros fueron las siguientes:

Ecuación de regresión para los Hombres: Edad cronológica = -186,276 + 5,362*Valor Nolla

Ecuación de regresión para las Mujeres: Edad cronológica = -248,359 + 6,319*Valor Nolla

4.3.7. Resultados para grupos de edad con base en la estimación por los métodos de Demirjian y de Nolla: análisis de clusters

El análisis de clusters efectuado en la sección 2 de la presentación de los resultados, apuntó para una solución entre dos a tres clusters para el método de Demirjian y de dos para el método de Nolla.

Realizamos a un Análisis Jerárquico de Clusters (método Ward), con el objetivo de analizar para hombres y mujeres la composición en términos de frecuencias de cada clúster. Este procedimiento pretende dar respuesta al objetivo de presentar los resultados diferenciados por grupos de edad. Pretendimos así saber en que grupos etarios ambos métodos presentan mejores capacidades predictivas. Sin embargo, la agrupación de los participantes en clases etarias no la hacemos de forma aleatoria, sino en base a los resultados del análisis previo de clusters. La diferenciación por género se justifica por el hecho de que ambos métodos se mostraron sensibles a esta variable.

En la Figura 4.22 presentamos la distribución de las edades (en años) reales de los participantes, conforme el resultado del análisis jerárquico de clusters (método de Ward, configuración en tres clusters). Hay que destacar que obtuvimos una distribución perfecta en tres clusters y muy idéntica entre hombres y mujeres. El primer clúster abarcó a los niños hasta los 12 años de edad, el segundo los jóvenes de los 13 a los 17 años y por último, el tercer clúster reunió a los participantes más mayores, concretamente con edades comprendidas entre los 18 y los 34 años.

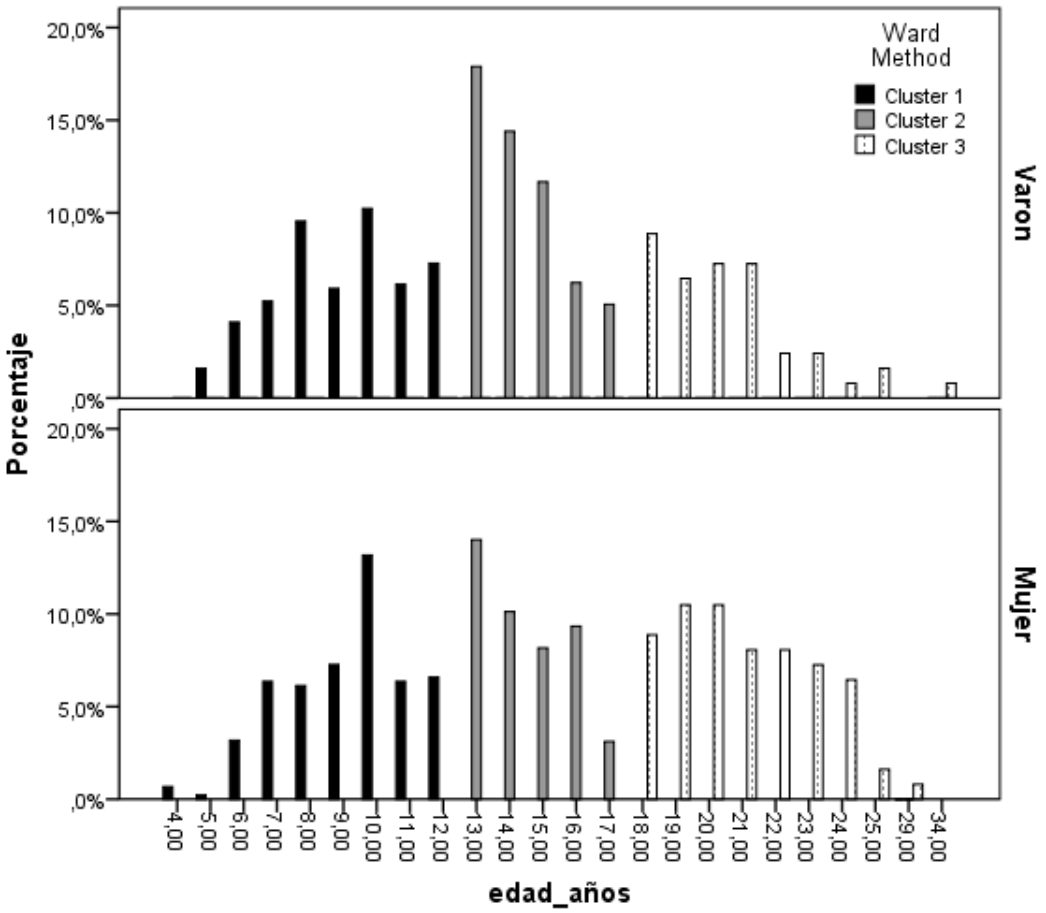


Figura 4.22 – Distribución de las frecuencias de clúster por edad cronológica real (medida en años).

En la Figura 4.23 representamos gráficamente la distribución de las frecuencias de los tres clusters por edad cronológica (en años) para el método de Demirjian y en la Figura 4.24 procedimos a la misma representación, pero ahora en una configuración de dos clusters.

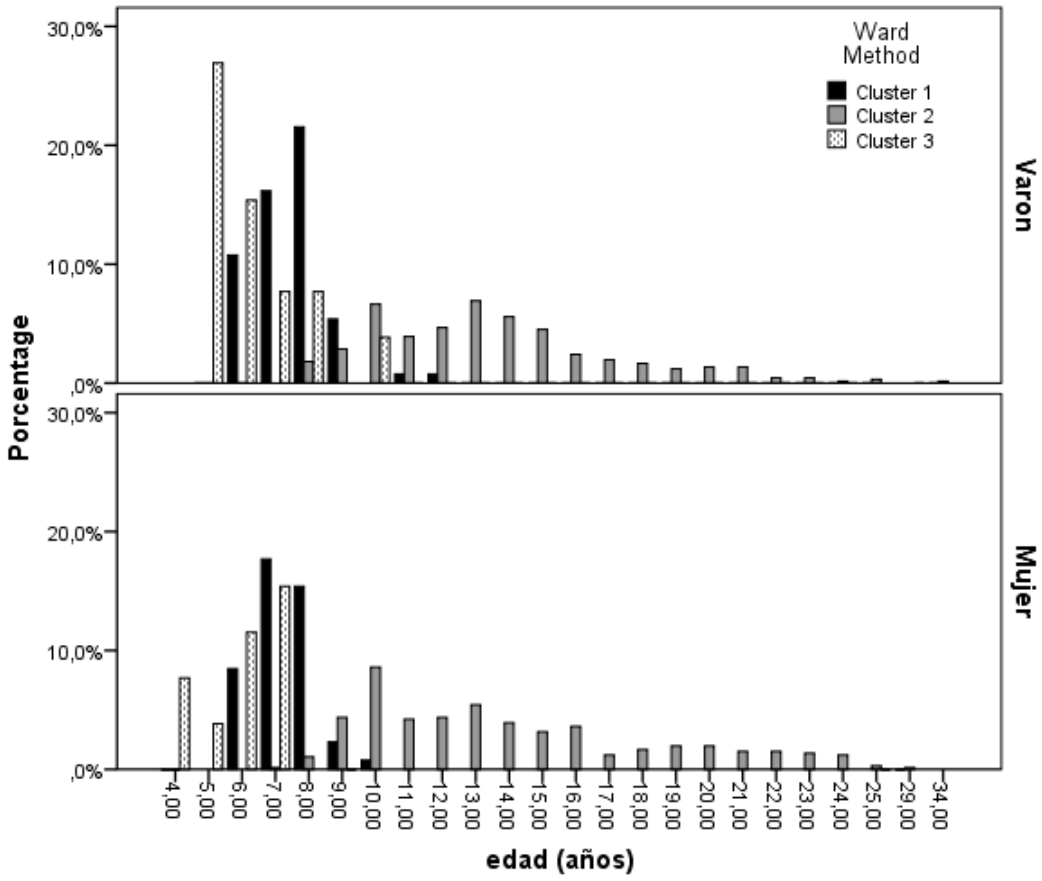


Figura 4.23 – Distribución de las frecuencias de tres clusters por edad cronológica, según el método de Demirjian (medida en años).

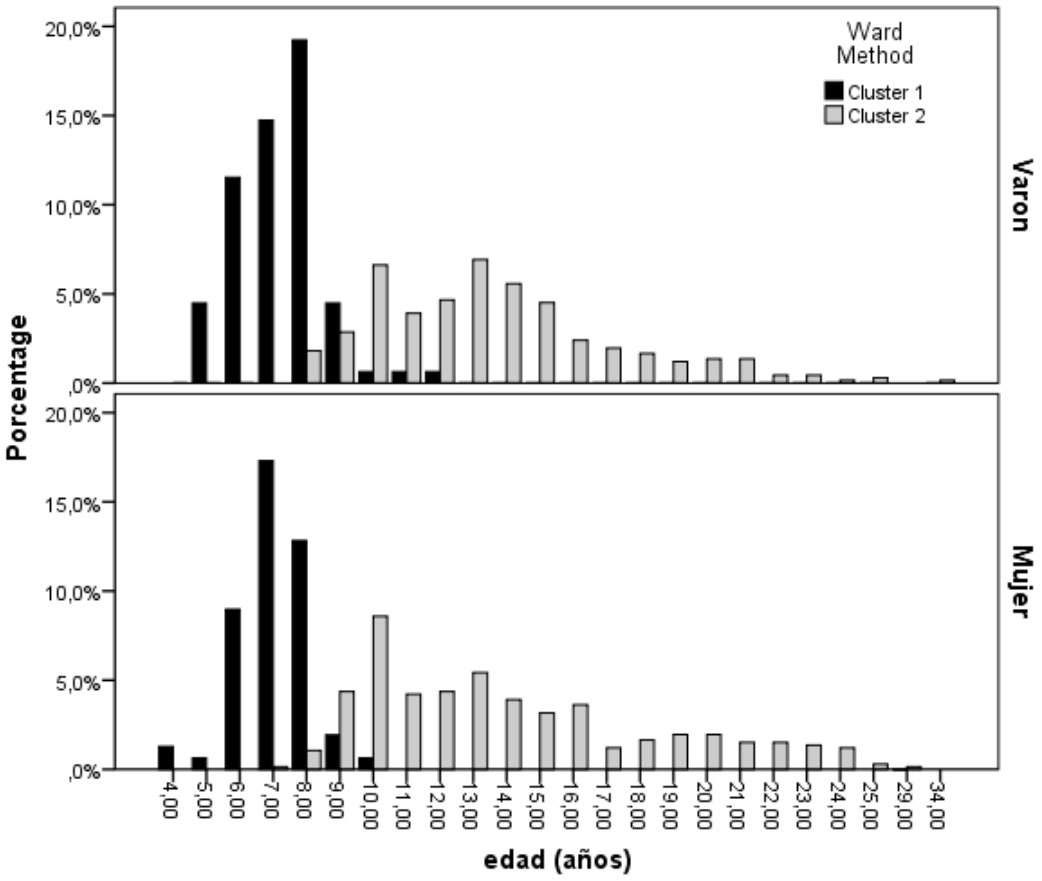


Figura 4.24 – Distribución de las frecuencias de dos clusters por edad cronológica, según el método de Demirjian (medida en años).

Conforme se puede observar, la configuración entre hombres y mujeres fue bastante semejante. La inspección de las representaciones gráficas muestra que la estructura de dos clusters fue más diferenciada. Así, según el método de Demirjian y la configuración en dos clusters, para los hombres el primer clúster abarcó a los niños de los 5 a los 12 años, en cuanto que para las mujeres el mismo clúster abarcó niñas de los 4 a los 10 años. Ya el clúster 2, para los hombres cubrió los restantes participantes (sensiblemente a partir de los 10 años).

La configuración en tres clusters (cf. Figura 4.23) fue menos precisa, dada la elevada sobreposición de los clusters. Así, para los hombres el clúster 3 abarcó a niños hasta los 8 años, en cuanto que para las mujeres el mismo clúster abarcó a niñas hasta los 7 años. El clúster 2 abarcó para ambos géneros participantes a partir de los 10 años, sensiblemente. Por último, el clúster 1 abarcó niños de los 6 a los 8 años. Atendiendo a

esta configuración, parece más clara la distinción en dos clúster de las edades para el método de Demirjian.

Realizamos el mismo procedimiento para el método de Nolla, esta vez utilizando una estructura en dos clusters, en base al análisis de clusters efectuado en la sección 2. Los resultados se representan en la Figura 4.25. Como se puede observar, para los hombres el clúster 1 abarcó a los niños hasta sensiblemente los 12 años, en cuanto que para las mujeres el mismo clúster reunió a niñas hasta los 10 años. El clúster 2 abarcó a los participantes a partir de las edades donde terminó el clúster 1. La zona de sobreposición entre los clusters fue mayor para los hombres que para las mujeres.

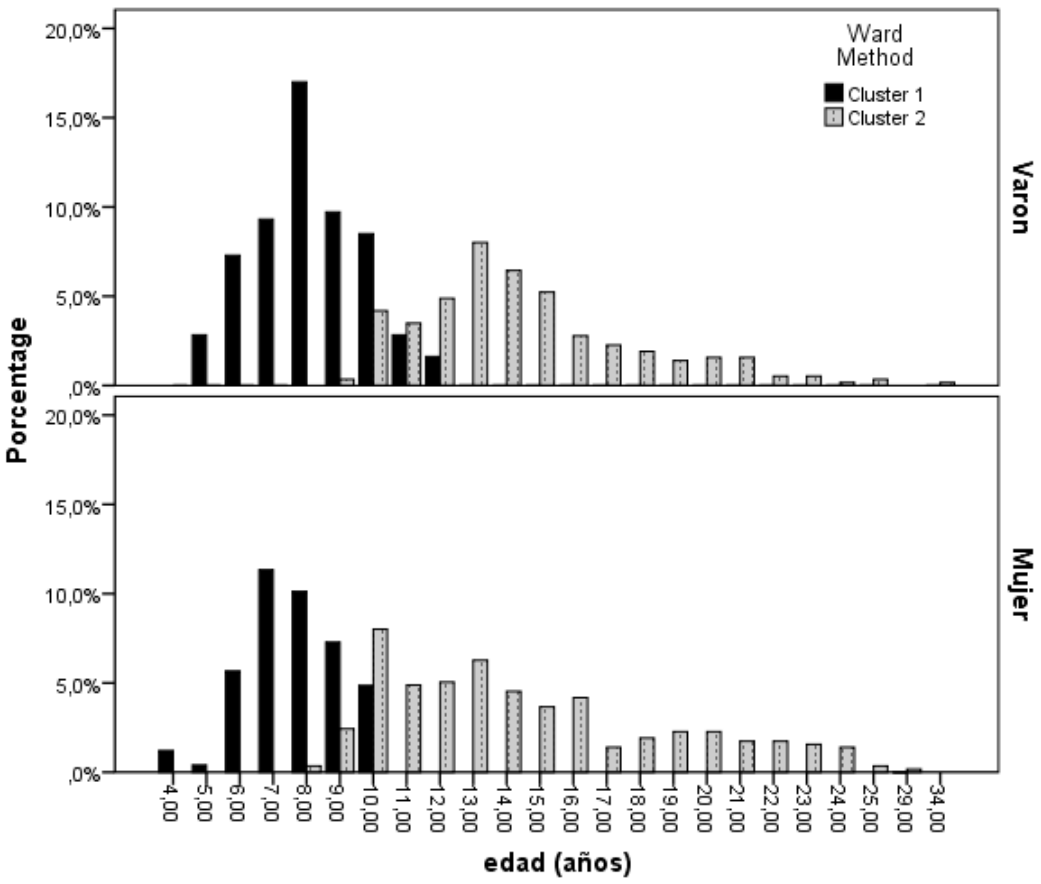


Figura 4.25 – Distribución de las frecuencias de los dos clusters por edad cronológica, según el método de Nolla (medida en años).

Dada la sobreposición de los clusters 1 y 3 para el método de Demirjian, decidimos considerar dos clusters, tanto para el método de Demirjian como para el de Nolla. Sin embargo las edades que diferenciaron los clusters fueron distintas. Para el método de Demirjian, el clúster 1 abarcó niños hasta los 8 años (inclusive) y el clúster 2 a los participantes a partir de esa edad. Para el método de Nolla, el clúster 1 abarcó niños hasta los 10 años (inclusive) y el clúster 2 los participantes a partir de esa edad.

4.3.7.1 Test de los valores de Demirjian y Nolla globales por clúster y clase etaria

Procedimos ahora al análisis de la regresión lineal, tomando en consideración las edades que los dos clusters abarcan, tanto en el método de Demirjian como en el de Nolla. Los resultados se muestran en las Tablas 4.35 y 4.36.

4.3.7.1.1. Test de los valores Demirjian globales por clúster y clase etaria

Para el primer clúster, la capacidad predictiva del valor de Demirjian fue de r = 0,688, R^2 = 0,473, en cuanto que para el segundo clúster el valor descendió ligeramente, para r = 0,622, R^2 = 0,387. A pesar de que ambos valores fueron estadísticamente significativos, constatamos que la capacidad predictiva del valor de Demirjian fue más elevada para niños de los 4 a los 8 años que para los participantes de los 9 a los 34 años.

Tabla 4.35 – Coeficientes de regresión y niveles de significación de la edad cronológica prevista a partir del método de Demirjian para los dos clusters etarios definidos con base en este método.

Clusters (Demirjian)	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	F	Sig.
1 - (4 a 8 años)	,688	,473	,470	8,221	143,707	,000
2 - (9 a 34 años)	,622	,387	,386	37,775	413,911	,000

En la tabla 4.36 el análisis de los coeficientes de regresión estandarizados Beta nos permitió confirmar la magnitud superior de la capacidad predictiva del método en niños de los 4 a los 8 años (β = 0,688), comparativamente a los participantes de los 9 a los 34 (β = 0,622).

Tabla 4.36 – Análisis de la regresión lineal de la edad cronológica prevista a partir del método de Demirjian para los dos clusters etarios definidos con base en este método.

Clusters (Demirjian)		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error estándar	Beta		
1 - (4 a 8 años)	(Constante)	35,085	4,249		8,258	,000
	Valor_Demirjian	,673	,056	,688	11,988	,000
2 - (9 a 34 años)	(Constante)	-503,205	32,974		-15,261	,000
	Valor_Demirjian	6,927	,340	,622	20,345	,000

Dada la elevada amplitud de esta clase etaria, abarcando niños, adolescentes, jóvenes y adultos, decidimos, a título de curiosidad, dividir este clúster en tres adicionales – de 9 a los 14 años, de 15 a los 18 años y de 19 a los 34 años– y proceder a efectuar una nueva regresión lineal. Los resultados se indican en las Tablas 4.37 y 4.38.

Tabla 4.37 – Coeficientes de regresión y niveles de significación de la edad cronológica prevista a partir del método de Demirjian para cuatro clases etarias.

Clase etaria	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	F	Sig.
1 - (4 a 8 años)	,688	,473	,470	8,221	143,707	,000
2 - (9 a 14 años)	,640	,410	,408	15,476	291,458	,000
3 - (15 a 18 años)	,324	,105	,098	13,004	15,489	,000
4 - (19 a 34 años)	,047	,002	-,008	27,445	0,219	,641

Conforme se puede verificar en la Tabla 4.37, a medida que aumentó la clase etaria, disminuyó la capacidad predictiva del método de Demirjian. Para el grupo de los 19 a los 34 años, el método de Demirjian no resultó eficaz en la previsión de la edad

cronológica. Así concluimos que el método fue más eficaz en los grupos más jóvenes, sobretodo en la infancia y la adolescencia. Dada la incapacidad de previsión en la edad adulta, se entiende ahora que esta clase etaria no haya sobresalido con un clúster individualizado.

La tabla 4.38 muestra los valores de los coeficientes de regresión estandarizados y no estandarizados y los niveles de significación estadística asociados. De destacar la disminución progresiva de los Betas.

Tabla 4.38 – Análisis de la regresión lineal de la edad cronológica, prevista a partir del método de Demirjian para cuatro clases etarias.

Classe etaria		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		b	Error estándar	Beta		
1 - (4 a 8 años)	(Constante)	67,262	1,647		40,837	,000
	Valor_Demirjian	,198	,017	,688	11,988	,000
2 - (9 a 14 años)	(Constante)	4,015	7,855		,511	,610
	Valor_Demirjian	,833	,049	,640	17,072	,000
3 - (15 a 18 años)	(Constante)	31,169	40,941		,761	,448
	Valor_Demirjian	,919	,234	,324	3,936	,000
4 - (19 a 34 años)	(Constante)	-122,965	809,893		-,152	,880
	Valor_Demirjian	2,140	4,578	,047	,468	,641

4.3.7.1.2. Test de los valores Nolla globales por clúster y clase etaria

Repetimos el mismo procedimiento para el método de Nolla. En primer lugar nos basamos en la configuración de edades resultante del análisis de clusters: el Clúster 1 abarcó a niños hasta los 10 años (inclusive) y el clúster 2, a los participantes a partir de esa edad. Los resultados del análisis de regresión se exponen en las Tablas 4.39 y 4.40.

Tabla 4.39 – Coeficientes de regresión y niveles de significación de la edad cronológica, prevista a partir del método de Nolla para los dos clusters etarios definidos con base en este método.

Clusters (Nolla)	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	F	Sig.
1 - (4 a 10 años)	,846	,715	,714	9,602	808,143	,000
2 - (11 a 34 años)	,596	,355	,354	35,485	272,645	,000

Tabla 4.40 – Análisis de regresión lineal de la edad cronológica, prevista a partir del método de Demirjian para los dos clusters etarios definidos con base en este método.

Clusters (Nolla)		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error estándar	Beta		
1 - (4 a 10 años)	(Constante)	54,854	1,691		32,438	,000
	Valor_Nolla	,426	,015	,846	28,428	,000
2 - (11 a 34 años)	(Constante)	-105,897	17,599		-6,017	,000
	Valor_Nolla	1,615	,098	,596	16,512	,000

A semejanza de lo ya encontrado en el método de Demirjian, para el método de Nolla la capacidad predictiva del primero clúster superó la del segundo ($r = 0,846$, $R^2 = 0,715$ para el clúster 1 y $r = 0,596$, $R^2 = 0,355$ para el clúster 2). Concluimos así, que la capacidad predictiva del valor de Nolla fue más elevada para niños de los 4 a los 10 años que para los participantes de los 11 a los 34 años. Los coeficientes de regresión estandarizados Beta corroboraron esta afirmación.

Una vez más decidimos diferenciar el segundo clúster en tres clases etarias –de 11 a los 15 años, de 16 a los 19 años y de 20 a los 34 años– y proceder a nueva regresión lineal. Los resultados se indican en las Tablas 4.41 e 4.42.

Tabla 4.41 – Coeficientes de regresión y niveles de significación de la edad cronológica, prevista a partir del método de Nolla para cuatro clases etarias.

Clase etaria	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	F	Sig.
1 - (4 a 10 años)	,846	,715	,714	9,602	808,143	,000
2 - (11 a 15 años)	,654	,428	,426	12,058	231,753	,000
3 - (16 a 19 años)	,237	,056	,047	14,350	6,053	,016
4 - (20 a 34 años)	,147	,022	,009	25,877	1,736	,191

Tabla 4.42 – Análisis de regresión lineal de la edad cronológica, prevista a partir del método de Nolla para cuatro clases etarias.

Clase etaria		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		b	Error estándar	Beta		
1 - (4 a 10 años)	(Constante	54,854	1,691		32,438	,000
	Valor_Nolla	,426	,015	,846	28,428	,000
2 - (11 a 15 años)	(Constante)	53,152	6,750		7,875	,000
	Valor_ Nolla	,591	,039	,654	15,223	,000
3 - (16 a 19 años)	(Constante)	59,680	59,441		1,004	,318
	Valor_ Nolla	,775	,315	,237	2,460	,016
4 - (20 a 34 años)	(Constante)	-214,810	362,659		-,592	,555
	Valor_ Nolla	2,501	1,898	,147	1,318	,191

Al igual que con el método de Demirjian, también el método de Nolla fue perdiendo capacidades predictivas à medida que la clase etaria fue aumentando en edad. Así, pasamos de una proporción de variabilidad explicada de la edad cronológica prevista a partir del método de Nolla en niños de los 4 a los 10 años de 71,5%, a 42,8% para los de 11 a los 15 años, a 5,6% para los de 16 a los 19 años y a 2,2% (proporción no significativa) para los de 20 a los 34 años. Ante estos resultados, concluimos que el método de Nolla va perdiendo capacidad predictiva a medida que avanza la edad de los participantes, siendo su capacidad de previsión nula a partir de los 20 años y débil en la juventud.

En la Figura 4.26 podemos visualizar el descenso de las capacidades predictivas en ambos métodos en función de la clase etaria.

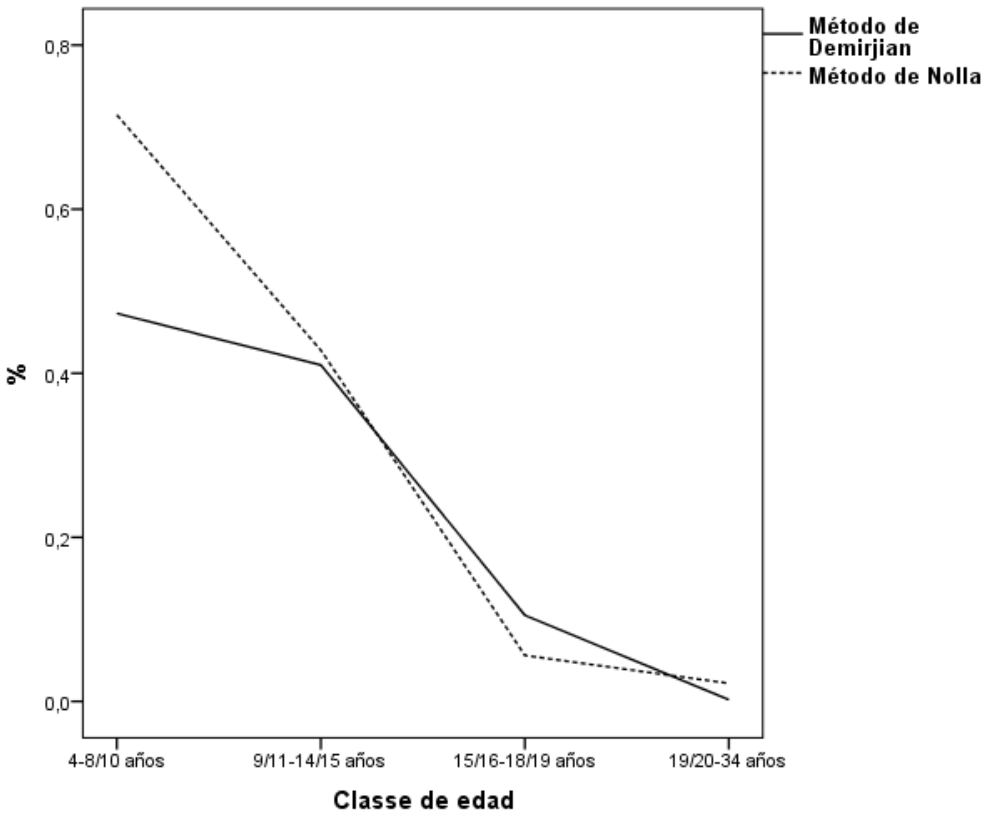


Figura 4.26 – Porcentaje de variabilidad explicada por los métodos de Demirjian y de Nolla en función de la clase etaria.

4.3.8. Test de los valores de Demirjian y de Nolla hasta los 16 años de edad

En virtud de los resultados presentados en la sección anterior, consideramos que es pertinente analizar más detalladamente las capacidades predictivas de ambos métodos hasta los 16 años de edad inclusive. Así, excluimos todos aquellos que presentaban una edad mayor que 16 años. La selección de la muestra hasta los 16 años respondió a un doble objetivo: 1) eliminar los participantes en los que no se verificó que los métodos pudiesen estimar la edad cronológica; 2) obtener resultados más precisos para ambos métodos, por género y clase etaria.

Los siguientes cuadros presentan los resultados de esos análisis. Digamos que se trata de un conjunto de análisis síntesis de todo el trabajo desarrollado en la tesis, en las edades hasta donde ambos métodos se mostraron predictores.

Tabla 4.43 – Valores mínimo y máximo, puntuaciones medias y desviaciones estándar (DE) de la edad cronológica y de los métodos de estimación de Demirjian y de Nolla para varones.

	Estadísticos Descriptivos			
	Mín.	Máx.	Media	DE
Edad				
Cronológica (meses)	54	203	132,62	35,55
Estimación Demirjian	70	192	141,05	34,32
Estimación Nolla	53	204	126,84	33,95

Tabla 4.44 – Valores mínimo y máximo, puntuaciones medias y desviaciones estándar (DE) de la edad cronológica y de los métodos de estimación de Demirjian y de Nolla para mujeres.

	Estadísticos Descriptivos			
	Mín.	Máx.	Media	DE
Edad				
Cronológica (meses)	42	203	132,10	35,70
Estimación Demirjian	60	192	143,80	33,34
Estimación Nolla	41	192	125,21	34,31

Las comparaciones por pares de la edad cronológica y de los métodos de estimación de Demirjian y de Nolla para varones (Tabla 4.45) mostraron diferencias significativas en todas las comparaciones. Sin embargo, si el método de Demirjian sobrestimó la edad, el de Nolla la subestimó, registrándose una diferencia estadísticamente significativa entre los dos métodos.

Tabla 4.45 – Comparaciones por pares de la edad cronológica y de los métodos de estimación de Demirjian y de Nolla para varones.

	Diferencia entre medias	Error estándar	Λ Wilks	F (2, 354)
Comparaciones				
Cronológica vs. Demirjian	-8,43***	0,80	0,40	261,18***
Cronológica vs. Nolla	5,78***	0,78		
Demirjian vs. Nolla	14,21***	0,62		

*** p < 0,001.

Las comparaciones para mujeres (Tabla 4.46) apuntaron exactamente en el mismo sentido (el método de Demirjian sobrestimó la edad real y el de Nolla la subestimó), aunque las diferencias entre los dos métodos y entre éstos y la edad cronológica fueron más acentuadas.

Tabla 4.46 – Comparaciones por pares de la edad cronológica y de los métodos de estimación de Demirjian y de Nolla para mujeres.

	Diferencia entre medias	Error estándar	Λ Wilks	F (2, 330)
Comparaciones				
Cronológica vs. Demirjian	-11,70***	0,80	0,29	400,35***
Cronológica vs. Nolla	6,89***	0,81		
Demirjian vs. Nolla	18,59***	0,66		

*** p < 0,001.

Tabla 4.47 – Frecuencia (n), porcentaje (%) y porcentaje acumulado (%ac.) de la edad cronológica (meses) para hombres y mujeres.

	Frecuencias					
	Hombres			Mujeres		
	n	%	%ac.	n	%	%ac.
Edad Cronológica (meses)						
1 = ≤ 83 meses (≤ 6 años)	31	8,71	8,71	26	7,83	7,80
2 = 84 - 95 meses (7 años)	29	8,15	16,86	35	10,54	18,34
3 = 96 - 107 meses (8 años)	36	10,11	26,97	24	7,23	25,57
4 = 108 - 119 meses (9 años)	42	11,80	38,77	50	15,06	40,63
5 = 120 - 131 meses (10 años)	37	10,39	49,16	44	13,25	53,88
6 = 132 - 143 meses (11 años)	29	8,15	57,31	30	9,04	62,92
7 = 144 - 155 meses (12 años)	28	7,87	65,18	21	6,33	69,25
8 = 156 - 167 meses (13 años)	61	17,13	82,31	40	12,05	81,30
9 = 168 - 179 meses (14 años)	28	7,87	90,18	20	6,02	87,32
10 = 180 - 191 meses (15 años)	27	7,58	97,76	24	7,23	94,55
11 = 192 - 203 meses (16 años)	8	2,25	100,0	18	5,42	100,0
Total	356	100,0		332	100,0	

La Tabla 4.47 presenta la frecuencia, porcentaje y porcentaje acumulado de la edad cronológica (meses) para hombres y mujeres en 11 clases etarias. En la Tabla 4.48 se pueden observar los valores mínimo y máximo, puntuaciones medias y desviaciones estándar de la edad cronológica para esas 11 clases, para hombres y mujeres.

Tabla 4.48 – Valores mínimo y máximo, puntuaciones medias (M) y desviaciones estándar (DE) de la edad cronológica para hombres y mujeres.

	Edad cronológica							
	Hombres				Mujeres			
	Mín.	Máx.	M	DE	Mín.	Máx.	M	DE
Edad Cronológica (meses)								
1 = ≤ 83 meses (≤ 6 años)	54	80	72,39	7,00	42	82	72,19	10,66
2 = 84 - 95 meses (7 años)	84	94	88,83	3,68	84	94	87,86	3,54
3 = 96 - 107 meses (8 años)	96	107	98,94	3,59	96	107	102,25	3,83
4 = 108 - 119 meses (9 años)	108	119	113,52	3,27	109	119	115,08	2,95
5 = 120 - 131 meses (10 años)	120	131	124,46	3,96	120	131	125,36	3,50
6 = 132 - 143 meses (11 años)	133	143	137,97	3,22	132	143	138,47	3,50
7 = 144 - 155 meses (12 años)	145	153	148,64	2,90	146	155	149,90	3,15
8 = 156 - 167 meses (13 años)	156	166	160,90	3,01	156	167	161,45	3,03
9 = 168 - 179 meses (14 años)	168	179	173,43	3,35	168	176	172,40	3,15
10 = 180 - 191 meses (15 años)	180	190	185,81	3,22	180	191	185,75	4,11
11 = 192 - 203 meses (16 años)	197	204	200,75	2,61	192	204	195,28	4,42
Total	54	204	132,62	35,55	42	204	132,10	35,70

La Tabla 4.49 presenta los valores mínimo y máximo, puntuaciones medias y desviaciones estándar de la edad cronológica para las 11 clases etarias, diferenciando por género, a través de la estimación por el método de Demirjian. La tabla 4.50 presenta los mismos datos para la estimación por el método de Nolla, tanto para hombres como para mujeres. Como se puede observar, en ambos métodos los valores fueron diferentes, tanto para los mínimos y máximos, como para las medias, siempre superiores en la estimación por el método de Demirjian.

Tabla 4.49 – Valores mínimo y máximo, puntuaciones medias (M) y desviaciones estándar (DE) de la edad estimada por el método de Demirjian para hombres y mujeres.

	Estimación de la edad (método Demirjian)							
	Hombres				Mujeres			
	Mín.	Máx.	M	DE	Mín.	Máx.	M	DE
Edad Cronológica (meses)								
1 = ≤ 83 meses (≤ 6 años)	70	104	90,81	8,97	60	107	91,81	12,08
2 = 84 - 95 meses (7 años)	83	125	102,31	11,65	88	110	98,86	5,68
3 = 96 - 107 meses (8 años)	94	126	107,11	9,18	95	134	114,88	12,57
4 = 108 - 119 meses (9 años)	107	173	124,38	13,33	107	175	127,22	16,92
5 = 120 - 131 meses (10 años)	90	192	133,11	16,51	120	175	146,23	17,34
6 = 132 - 143 meses (11 años)	108	167	137,83	17,02	128	176	155,90	16,84
7 = 144 - 155 meses (12 años)	128	192	159,46	16,77	148	175	165,95	10,80
8 = 156 - 167 meses (13 años)	139	192	172,39	14,03	144	192	172,75	12,56
9 = 168 - 179 meses (14 años)	118	192	175,64	19,08	166	192	177,40	6,44
10 = 180 - 191 meses (15 años)	167	192	187,15	6,50	175	192	184,08	7,02
11 = 192 - 203 meses (16 años)	175	188	184,75	6,02	175	192	183,61	5,81
Total	70	192	141,05	34,32	60	192	143,80	33,34

Tabla 4.50 – Valores mínimo y máximo, puntuaciones medias (M) y desviaciones estándar (DE) de la edad estimada por el método de Nolla para hombres y mujeres.

	Estimación de la edad (método Nolla)							
	hombres				Mujeres			
	Mín.	Máx.	M	DE	Mín.	Máx.	M	DE
Edad Cronológica (meses)								
1 = ≤ 83 meses (≤ 6 años)	53	96	77,26	11,14	41	90	76,50	12,32
2 = 84 - 95 meses (7 años)	73	108	93,00	8,58	66	108	84,51	8,98
3 = 96 - 107 meses (8 años)	84	109	96,28	6,78	88	112	96,54	9,72
4 = 108 - 119 meses (9 años)	89	125	106,50	6,98	88	144	107,20	14,91
5 = 120 - 131 meses (10 años)	90	168	116,51	16,15	109	156	121,00	10,99
6 = 132 - 143 meses (11 años)	97	145	123,34	13,97	114	156	133,43	13,81
7 = 144 - 155 meses (12 años)	116	204	145,25	20,22	120	156	138,86	13,58
8 = 156 - 167 meses (13 años)	133	168	153,90	10,95	120	192	151,68	16,20

	Estimación de la edad (método Nolla)							
	hombres				Mujeres			
	Mín.	Máx.	M	DE	Mín.	Máx.	M	DE
9 = 168 - 179 meses (14 años)	133	192	162,71	19,24	156	192	166,80	16,93
10 = 180 - 191 meses (15 años)	124	192	179,04	18,34	136	192	174,67	19,66
11 = 192 - 203 meses (16 años)	156	192	174,00	15,71	144	192	172,67	20,22
Total	53	204	126,84	33,95	41	192	125,21	34,31

La Tabla 4.51 contiene la comparación de la estimación de la edad cronológica para las 11 clases etarias, para hombres y mujeres, entre los métodos de Demirjian y de Nolla. Como se puede observar, se detectaron diferencias entre las 11 clases etarias, tanto para los hombres como para las mujeres. Las medias marginales estimadas de la edad cronológica son también diferentes, conforme ilustra la Tabla 4.51.

Tabla 4.51 – Λ Wilks y medias marginales estimadas de la edad cronológica y de los métodos de estimación de Demirjian y de Nolla para hombres y mujeres en función de las clases etarias.

Edad Cronológica (meses)	Λ Wilks		Edad (medias marginales estimadas)					
			Varones			Mujeres		
	Varones	Mujeres	Cronológica	Demirjian	Nolla	Cronológica	Demirjian	Nolla
1 = ≤ 83	0,03***	0,06***	72,39	90,81	77,26	72,19	91,81	76,50
2 = 84 - 95	0,29***	0,16***	88,83	102,31	93,00	87,86	98,86	84,51
3 = 96 - 107	0,16***	0,23***	98,94	107,11	96,28	102,25	114,88	96,54
4 = 108 - 119	0,19***	0,15***	113,52	124,38	106,50	115,08	127,22	107,20
5 = 120 - 131	0,22***	0,14***	124,46	133,11	116,51	125,36	146,23	121,00
6 = 132 - 143	0,23***	0,10***	137,97	137,83	123,35	138,47	155,90	133,43
7 = 144 - 155	0,40***	0,06***	148,64	159,46	145,25	149,91	165,95	138,86
8 = 156 - 167	0,29***	0,20***	160,90	172,39	153,90	161,45	172,75	151,68
9 = 168 - 179	0,63**	0,40***	173,43	175,64	162,71	172,40	177,40	166,80
10 = 180 - 191	0,77*	0,76*	185,82	187,15	179,04	185,75	184,08	174,67
11 = 192 - 203	0,11**	0,30***	200,75	184,75	174,00	195,28	183,61	172,67

* p < 0,05 ** p < 0,01 *** p < 0,001.

La Tabla 4.52 pretende dar respuesta a la cuestión de en cuál de los métodos la diferencia en relación a la edad cronológica es menor. Conforme verificamos, las diferencias fueron estadísticamente significativas en ambos métodos, si bien el error fue menor en lo referente al método de Nolla, por lo que se consideró este método más preciso para las 11 clases etarias

Tabla 4.52 – Comparaciones por pares de la edad cronológica y de los métodos de estimación de Demirjian y de Nolla para hombres y mujeres en función de las clases de edad cronológica.

	Diferencia entre Medias			
	Hombres		Mujeres	
Comparaciones	Demirjian	Nolla	Demirjian	Nolla
	1 = ≤ 83 meses (≤ 6 años)			
Cronológica	-18.42***	-4.87**	-19.62***	-4.31*
Demirjian	–	13.55***	–	15.31***
	2 = 84 - 95 meses (7 años)			
Cronológica	-13.48***	-4.17*	-11.00***	3.34
Demirjian	–	9.31***	–	14.34***
	3 = 96 - 107 meses (8 años)			
Cronológica	-8.17***	2.67**	-12.63***	5.71**
Demirjian	–	10.83***	–	18.33***
	4 = 108 - 119 meses (9 años)			
Cronológica	-10.86***	7.02***	-12.40***	7.88**
Demirjian	–	17.88***	–	20.02***
	5 = 120 - 131 meses (10 años)			
Cronológica	-8.65*	7.95*	-20.86***	4.36*
Demirjian	–	16.60***	–	25.23***
	6 = 132 - 143 meses (11 años)			
Cronológica	0.14	14.62***	-17.43***	5.03
Demirjian	–	14.48**	–	22.47***
	7 = 144 - 155 meses (12 años)			
Cronológica	-10.82**	3.39	-16.05***	11.05**
Demirjian	–	14.21***	–	27.10***
	8 = 156 - 167 meses (13 años)			
Cronológica	-11.49***	7.00***	-11.30***	9.78**
Demirjian	–	18.49***	–	21.08***
	9 = 168 - 179 meses (14 años)			
Cronológica	-2.21	10.71*	-5.00**	5.60
Demirjian	–	12.93**	–	10.60*
	10 = 180 - 191 meses (15 años)			
Cronológica	-1.33	6.78	1.67	11.08*
Demirjian	–	8.11	–	9.42*
	11 = 192 - 203 meses (16 años)			
Cronológica	16.11**	26.75**	11.67***	22.61**
Demirjian	–	10.75	–	10.94*

*** p < 0,001

La Tabla 4.53 recoge las correlaciones de Pearson entre la edad cronológica y la edad estimada por los métodos de Demirjian y de Nolla para hombres y mujeres. Las correlaciones fueron elevadas con la edad, aunque más para las mujeres que para los hombres, e igualmente para las mujeres considerando los dos métodos. La correlación entre las estimaciones de los dos métodos fue superior a la existente entre los dos métodos y la edad cronológica.

Tabla 4.53 – Correlaciones de Pearson entre la edad cronológica y la edad estimada por los métodos de Demirjian y de Nolla para hombres y mujeres.

	Edad (meses)				**Estimación Demirjian**			
	Hombres		Mujeres		Hombres		Mujeres	
Estimación de la edad	r	p	r	p	r	p	R	p
Demirjian	,909	,000	,913	,000	–	–	–	–
Nolla	,911	,000	,913	,000	,941	,000	,937	,000

La Tabla 4.54 muestra las referidas correlaciones de Pearson ahora calculadas para cada una de las 11 clases etarias. Conforme ilustra la Tabla, las correlaciones variaron mucho, en ambos métodos, en función de la clase etaria. Ejemplificando, hasta los 6 años las correlaciones fueron elevadas (aunque más en el método de Demirjian que en el de Nolla), para los 7 años las correlaciones fueron bastante bajas, lo mismo ocurrió para los 9 años y todos los años siguientes. Así queda demostrado que ambos métodos resultaron eficaces hasta los 6 años, inclusive, perdiendo eficacia a medida que la edad cronológica aumentaba, no existiendo de hecho correlaciones estadísticamente significativas. Curiosamente, ambos métodos fueron más eficaces para la edad de los 8 años comparativamente a los 7 años.

La comparación entre hombres y mujeres nos trajo también algunas sorpresas. Hasta los 7 años, el método de Demirjian pareció más adecuado para los hombres, mientras que el de Nolla lo fue para las mujeres. Ya para los 8 años ambos métodos se asociaron más con las edades reales de los hombres, en comparación con las mujeres, ocurriendo lo inverso a los 9 años. Un resultado bastante curioso se encuentró en los niños de 11 años: si para los hombres no existieron correlaciones significativas, lo que indicó que ambos métodos no prevén la edad cronológica de los niños de 11 años, para

las niñas los métodos se mostraron predictores. A partir de esta edad ninguno de los métodos presentó capacidad predictiva en la estimación de la edad. Un resultado atípico resultó la correlación negativa para la edad de 13 años en los chicos, prevista por el método de Demirjian, aunque fue de baja magnitud. Así concluimos que los métodos únicamente fueron precisos, a groso modo, hasta los 6 años de edad.

Tabla 4.54 – Correlaciones de Pearson entre la edad cronológica y la edad estimada por los métodos de Demirjian y de Nolla para hombres y mujeres.

	Edad (meses)				**Estimación Demirjian**			
	Hombres		Mujeres		Hombres		Mujeres	
Estimación de la edad	r	p	r	p	r	p	R	p
	1 = ≤ 83 meses (≤ 6 años)							
Demirjian	0,873	0,000	0,840	0,000	–	–	–	–
Nolla	0,659	0,000	0,801	0,000	0,847	0,000	0,923	0,000
	2 = 84 - 95 meses (7 años)							
Demirjian	0,331	0,080	0,302	0,078	–	–	–	–
Nolla	0,213	0,267	0,335	0,049	0,850	0,000	0,452	0,006
	3 = 96 - 107 meses (8 años)							
Demirjian	0,764	0,000	0,542	0,006	–	–	–	–
Nolla	0,727	0,000	0,610	0,002	0,850	0,000	0,602	0,002
	4 = 108 - 119 meses (9 años)							
Demirjian	0,175	0,267	0,415	0,003	–	–	–	–
Nolla	0,214	0,174	0,216	0,133	0,609	0,000	0,858	0,000
	5 = 120 - 131 meses (10 años)							
Demirjian	-0,113	0,507	0,111	0,473	–	–	–	–
Nolla	0,095	0,574	0,191	0,214	0,847	0,000	0,786	0,000
	6 = 132 - 143 meses (11 años)							
Demirjian	-0,009	0,965	0,655	0,000	–	–	–	–
Nolla	0,114	0,557	0,454	0,012	0,803	0,000	0,887	0,000
	7 = 144 - 155 meses (12 años)							
Demirjian	0,283	0,139	0,023	0,920	–	–	–	–
Nolla	0,203	0,299	0,119	0,607	0,756	0,000	0,816	0,000
	8 = 156 - 167 meses (13 años)							

	Edad (meses)				Estimación Demirjian			
	Hombres		Mujeres		Hombres		Mujeres	
Estimación de la edad	r	p	r	p	r	p	R	p
Demirjian	-0,300	0,019	0,082	0,158	–	–	–	–
Nolla	0,001	0,996	0,616	0,331	0,539	0,000	0,710	0,000
9 = 168 - 179 meses (14 años)								
Demirjian	-0,204	0,297	0,337	0,147	–	–	–	–
Nolla	-0,451	0,016	0,163	0,491	0,576	0,001	0,532	0,016
10 = 180 - 191 meses (15 años)								
Demirjian	-0,129	0,522	0,075	0,729	–	–	–	–
Nolla	-0,191	0,341	-0,030	0,889	0,411	0,033		
11 = 192 - 203 meses (16 años)								
Demirjian	0,059	0,889	-0,156	0,537	–	–	–	–
Nolla	0,000	10,000	-0,118	0,641	0,236	0,574	0,641	0,004

En la Tabla 4.55 se representan las ecuaciones de regresión para hombres y mujeres, tanto para el método de Demirjian como para el de Nolla. El coeficiente R^2 nos permitió comparar entre si la magnitud de las capacidades predictivas de cada método. Constatamos que el mejor valor predictivo se detectó en las mujeres, tanto en el método de Demirjian como en el de Nolla.

Tabla 4.55 – Ecuaciones de regresión para hombres y mujeres según los métodos de Demirjian y de Nolla.

Hombres		Mujeres	
Demirjian	Nolla	Demirjian	Nolla
Edad cronológica = -0,127 +0,941*Valor Demirjian	Edad cronológica = 11,642 +0,954*Valor Nolla	Edad cronológica = -8,495 +0,978*Valor Demirjian	Edad cronológica = 13,159 +0,950*Valor Nolla
R^2 = ,825, F(1, 354) = 1673,32, p < 0,001	R^2 = ,830, F(1, 354) = 1724,01, p < 0,001	R^2 = ,834, F(1, 330) = 1654,40, p < 0,001	R^2 = ,834, F(1, 330) = 1653,86, p < 0,001

Para finalizar, se resumen las ecuaciones de regresión de cada diente en hombres y mujeres, tanto para el método de Demirjian como para el de Nolla (Tabla 4.56). El

coeficiente R^2 nos permitió comparar entre si la magnitud de las capacidades predictivas de cada diente. El Incisivo Central mostró un porcentaje explicativo bajo, siguiéndole el Primer Molar. Entre los dientes con mayor poder predictivo se encontraron el Canino, el Segundo Premolar y el Segundo Molar.

Tabla 4.56 – Ecuaciones de regresión para los dientes según los métodos de Demirjian y de Nolla.

	Demirjian		Nolla	
Diente	**Hombres**	**Mujeres**	**Hombres**	**Mujeres**
Incisivo Central	Edad cronológica = 6,824+0,447* Incisivo Central R^2 = ,200, F(1, 354) = 88,250, p < 0,001	Edad cronológica = 6,393+0,398* Incisivo Central R^2 = ,158, F(1, 330) = 62,011, p < 0,001	Edad cronológica = 6,824+0,605* Incisivo Central R^2 = ,366, F(1, 354) = 204,498, p < 0,001	Edad cronológica = 34.368+0.535* Incisivo central R^2 = .287, F(1, 330) = 132.630, p < 0.001
Incisivo Lateral	Edad cronológica = 11,100+0,590* Incisivo Lateral R^2 = ,449, F(1, 354) = 288,37, p < 0,001	Edad cronológica = 11,106+0,670* Incisivo Lateral R^2 = ,348, F(1, 330) = 176,329, p < 0,001	Edad cronológica = 23,277+0,621* Incisivo Lateral R^2= ,385, F(1, 354) = 222,045, p < 0,001	Edad cronológica = 35.004+0.685* Incisivo lateral R^2= .469, F(1, 330) = 291.395, p < 0.001
Canino	Edad cronológica = 16,641+0,786* Canino R^2 = ,618, F(1, 354) = 572,206, p < 0,001	Edad cronológica = 16,964+0,756* Canino R^2 = ,571, F(1, 330) = 438,892, p < 0,001	Edad cronológica = 26,266+0,900* Canino R^2 = ,810, F(1, 354) = 1506,962, p < 0,001	Edad cronológica = 26.885+0.861* canino R^2 = .741, F(1, 330) = 942.991, p < 0.001
Primer Premolar	Edad cronológica = 10,769+0,645* Primer Premolar	Edad cronológica = 15,739+0,704* Primer Premolar	Edad cronológica = 20,992+0,916*Primer Premolar	Edad cronológica = 21,642+0,881* Primer Premolar

Diente	Demirjian		Nolla	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
	R^2= ,416, F(1, 354) = 252,416, p < 0,001	R^2= ,495, F(1, 330) = 323,950, p < 0,001	R^2 = ,840, F(1, 354) = 1853,822, p < 0,001	R^2 = ,776, F(1, 330) = 1145,103, p < 0,001
Segundo Premolar	Edad cronológica = 14,075+0,782* Segundo Premolar	Edad cronológica = 14,646+0,707* Segundo Premolar	Edad cronológica = 19,621+0,919* Segundo Premolar	Edad cronológica = 19,614+0,897* Segundo Premolar
	R^2 = ,612, F(1, 354) = 557,456, p < 0,001	R^2 = ,501, F(1, 330) = 330,719, p < 0,001	R^2 = ,845, F(1, 354) = 1930,460, p < 0,001	R^2 = ,805, F(1, 330) = 1359,500, p < 0,001
Primer Molar	Edad cronológica = 7,662+0,576* Primer Molar	Edad cronológica = 11,669+0,623* Primer Molar	Edad cronológica = 34,213+0,762* Primer Molar	Edad cronológica = 35,904+0,720* Primer Molar
	R^2 = ,332, F(1, 354) = 175,617, p < 0,001	R^2 = ,388, F(1, 330) = 209,434, p < 0,001	R^2 = ,581, F(1, 354) = 490,703, p < 0,001	R^2 = ,518, F(1, 330) = 354,405, p < 0,001
Segundo Molar	Edad cronológica = 12,953+0,797* Segundo Molar	Edad cronológica = 13,085+0,744* Segundo Molar	Edad cronológica = 19,726+0,899* Segundo Molar	Edad cronológica = 20,037+0,893* Segundo Molar
	R^2= ,636, F(1, 354) = 617,878, p < 0,001	R^2= ,554, F(1, 330) = 409,137, p < 0,001	R^2 = ,809, F(1, 354) = 1497,757, p < 0,001	R^2 = ,797, F(1, 330) = 1292,295, p < 0,001

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

5. DISCUSIÓN

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

El desarrollo de los dientes presenta estadios morfológicamente diferentes de formación y mineralización, que pueden ser identificados indirectamente por medio de radiografías intra y extraorales, observándose principalmente la mineralización dentaria (Demirjian & Goldstein, 1976; Nik-Hussein *et al.*, 2011).

La demostración de la naturaleza y fiabilidad de los métodos de estimación de la edad cronológica, mediante el análisis de los estadios de madurez y mineralización dentaria ha constituido, desde hace mucho tiempo, un objetivo específico de la investigación en Ortodoncia (Koshy & Tandon, 1998; Cameriere *et al.*, 2004; Maber *et al.*, 2006; Baghepour *et al*., 2010; Feijóo *et al*., 2012a, 2012b; Kirzioglu & Ceyhan, 2012; Djukic *et al*., 2013; Birch & Dean, 2014). Atendiendo a la importancia teórica y empírica de esta temática, así como a su importancia en términos de aplicación práctica, hemos dedicado la presente investigación al análisis de la estimación de la edad cronológica a través de los métodos de Nolla (1960) y Demirjian *et al*. (1973) en una muestra española y portuguesa.

Partiendo del conocimiento de la diversidad de métodos propuestos por diversos autores, y con el próposito de incrementar el grado de fiabilidad y precisión de las estimaciones de la edad cronológica por mediación de métodos de madurez dentaria, elegimos dos como objetivo del presente estudio – el método de Nolla, propuesto en 1960, y el de Demirjian *et al*., presentado por la primera vez en 1973 – dado la práctica recurrente de su utilización clínica y los resultados no conclusivos, resultantes de aplicaciones en muestras provenientes de poblaciones con características distintas, especialmente en el método de Demirjian *et al*. (1973) (Hagg & Matsson, 1985; Lucy & Pollard, 1995; Frucht *et al.*, 2000, Willems *et al.*, 2001; Eid *et al.*, 2002; Foti *et al.*, 2003; Maber *et al.*, 2006; Bagherpour *et al.*, 2010; Cruz-Ladeira *et al.*, 2010; Chen *et al.*, 2010; Galic *et al.*, 2010; Lee *et al.*, 2010; Nik-Hussein *et al.*, 2011; Feijóo *et al.*, 2012a, 2012b; Kirzioglu & Ceyhan 2012; Kirzioglu & Ceyhan 2012; Djukic *et al*., 2013; Flood *et al.*, 2013; Sarkar *et al*., 2013; Khorate *et al*., 2014).

Atendiendo a la revisión de la literatura, ha sido cada vez más relevante llegar a una conclusión sobre la validez de los métodos que han sido utilizados en la estimación de la edad cronológica. Por otro lado, la investigación referente a este dominio ha favorecido el examen de un conjunto de variables clasificatorias, que presentan repercusiones, de mayor o menor impacto, en función del método aplicado y de la muestra en causa (Saunders *et al.*, 1993; Koshy & Tandon, 1998; Teivens & Monstard, 2001; Baherpour *et al.*, 2010; Jayaraman *et al*., 2012, 2013; Khorate *et al*., 2014). Lejos

de presentar resultados consensuales, las investigaciones realizadas nos condujeron a la necesidad de probar, en una muestra de población española y portuguesa, la aplicabilidad y credibilidad de los dos métodos indicados. La elaboración de los objetivos y hipótesis de trabajo revirtieron en un conjunto de resultados, presentados en el capítulo anterior. Reservamos para el final la síntesis de los mismos y la acompañamos de la respectiva discusión y conclusiones.

5.1. Requisitos previos al análisis de los datos y descriptivas

Conociendo la importancia que el análisis de la subjetividad de los evaluadores tiene para el objeto del presente estudio, así como la existencia de poblaciones con patrones de madurez dentaria distintos y el impacto que puede ejercer en la extrapolación de las conclusiones (Borrman *et al.*, 1995; Feijóo *et al*., 2012a; Jayaraman *et al*., 2012, 2013), utilizamos todos los procedimientos necesarios para el análisis de la validez y fiabilidad de los datos que recogimos. Concluimos que todos los requisitos de validez y fiabilidad, previos a los análisis estadísticos efectuados, fueron rigurosamente cumplidos, lo que confiere elevado grado de confianza a los resultados de los análisis inferenciales posteriores y a las respectivas conclusiones.

En cuanto al análisis de la concordancia intra e interobservador, obtuvimos excelentes índices. El análisis de la consistencia temporal reveló igualmente, que los procedimientos utilizados son estables, pudiendo así ser repetidos a lo largo del tiempo, con la certeza de que la variable tiempo no ejerce influencia en los hallazgos obtenidos.

Nos aseguramos también que las medidas de todos los dientes analizados presentaran excelentes índices de fiabilidad, por lo que podremos discutir con confianza los resultados obtenidos.

El estudio previo de la segmentación de la muestra mediante la configuración de valores de Demirjian *et al*. (1973) y de Nolla (1960), mostró estabilidad en los clusters, permitiéndonos excluir la posibilidad de diferentes patrones de madurez dentaria en la muestra en causa. La mejor solución encontrada se agrupó en tres clusters para el método de Demirjian *et al*. (1973) y dos clusters para el de Nolla (1960). Sin embargo, en ambos métodos los dos clusters fueron los más evidentes, aunque en el método de Demirjian *et al*. (1973) estos dos clusters explicaron apenas el 37% de la variabilidad

total, por lo que se optó por retener un tercer clúster para este método. En el método de Nolla (1960) los dos clusters etarios explicaron cerca del 57% de la variabilidad total.

Los dientes que permitieron una mayor discriminación entre los dos clusters fueron diferentes en el método de Demirjian *et al*. (1973) con respecto al de Nolla (1960). Los dientes analizados por el método de Demirjian *et al*. (1973) que permitieron una mayor discriminación entre los clusters fueron el Canino, el Incisivo Lateral y el Segundo Molar. Para el método de Nolla (1960) fueron el Canino, el Primer Premolar y el Segundo Premolar.

Concluimos que ambos métodos son distintos en relación a las puntuaciones medias atribuidas a cada diente. Si para el método de Demirjian *et al*. (1973) los Caninos son los dientes que tuvieron la puntuación media más baja y el Primer Molar la media más alta, para el método de Nolla (1960) la media más baja se identificó en el Segundo Molar y la más alta en el Incisivo Central.

La dispersión de los datos fue también distinta entre los dos métodos, siendo bastante más homogénea entre dientes en el método de Demirjian *et al*. (1973) en comparación al de Nolla (1960). Para el método de Demirjian *et al*. (1973), la mayor dispersión en torno a la media se detectó en el Primer Molar y la menor en el Canino, en cuanto que en el método de Nolla (1960) la mayor dispersión se verificó en el Segundo Molar y la menor en el Incisivo Central. A pesar de ser bajos los errores estándar en ambos métodos, el método de Nolla (1960) presentó errores estándar mayores y más variables que el método de Demirjian *et al*. (1973).

Las correlaciones entre los dientes evaluados por el método de Demirjian *et al*. (1973) o por el de Nolla (1960), a pesar de ser mayoritariamente elevadas en ambos, fueron mayores en el método de Nolla (1960). Para esta diferencia contribuyeron significativamente las bajas correlaciones, en el método de Demirjian *et al*. (1973), entre el Primero Molar y el Incisivo Central, así como entre el Segundo Molar y el Incisivo Central.

5.2. Capacidades predictivas de los métodos de Nolla (1960) y de Demirjian *et al*. (1973): Hipótesis 1

Como se ha mencionado en la introducción, la mayor parte de los investigadores están de acuerdo respecto a la estimación de la edad, que el desarrollo de la dentición es un medio fidedigno (Garn *et al.*, 1959; Stewart, 1963; Liliequest & Lundberg, 1971;

Briffa *et al.*, 2005; Cameriere *et al.*, 2007; Nik-Hussein *et al.*, 2011; Feijóo *et al.*, 2012a; Jayaraman *et al.*, 2013). De acuerdo, concluimos por el soporte empírico de la Hipótesis 1 – ***Es posible estimar la edad cronológica en una muestra española y portuguesa a través de los métodos de Nolla (1960) y de Demirjian et al. (1973)*** – conclusión que se encuentra en concordancia con los resultados derivados de la aplicación de estos dos métodos, a pesar de las variaciones en función del tipo de población en análisis. Los métodos dentarios son de máxima utilidad para la estimación de la edad cronológica, pues los dientes, siendo los elementos más resistentes, son normalmente las piezas más encontradas en la práctica Forense (Prasad *et al.*, 2003; Maber *et al.*, 2006; Kirzioglu & Ceyhan, 2012).

La mineralización de los dientes puede ser un mejor indicador de la madurez somática, que su erupción clínica, porque se puede estudiar a través de un estudio longitudinal radiográfico, siguiendo su formación a lo largo de varios años, desde períodos en que no hay todavía dientes erupcionados (Gleiser & Hunt, 1955; Jayaraman *et al.*, 2013; Khorate *et al.*, 2014). Sin embargo, la erupción puede no suceder, por diversos factores, proporcionando por eso una información menos rigurosa (Demirjian *et al.*, 1973; Leurs *et al*, 2005; Jayaraman *et al.*, 2013).

Con mayor o menor intensidad, en función de la población y de los factores socio-demográficos, la magnitud de las capacidades predictivas es similar entre la mayoría de los resultados de los estudios que utilizan estos dos métodos (Staaf *et al.*, 1991; Koshy & Tandon, 1998; Bolaños *et al*., 2000; Willems *et al.*, 2001; Eid *et al.*, 2002; Maber *et al.*, 2006; Bagherpour *et al.*, 2010; Cruz-Ladeira *et al.*, 2010; Chen *et al.*, 2010; Lee *et al.*, 2010; Nik-Hussein *et al.*, 2011; Kirzioglu & Ceyhan, 2012; Djukic *et al*., 2013; Flood *et al.*, 2013; Sarkar *et al*., 2013; Khorate *et al*., 2014). Entre los métodos basados en radiografías panorámicas para la estimación de la edad, el método de Demirjian *et al.* (1973) fue el más frecuentemente utilizado, debido a su simplicidad, facilidad de estandarización y reproductibilidad y concordancia intra-examinadores (Feijóo *et al.*, 2012a).

Partiendo de la muestra utilizada y dado la reducida tasa de error asociada al método inferencial utilizado (inferior a 1 posibilidad en 1000), concluimos que podemos aplicar con confianza las siguientes ecuaciones a niños y niñas provenientes de la población española y portuguesa, en el sentido de prever las respectivas edades

cronológicas, tanto por el método de Nolla (1960) como por el de Demirjian *et al*. (1973) (previsión en meses):

Previsión de la edad cronológica a través de las puntuaciones de Demirjian *et al*. (1973) y de Nolla (1960) (muestra de 3-35 años):

Demirjian *et al*. (1973)	Nolla (1960)
Edad cronológica = -168,01 + 3,45*Valor Demirjian	Edad cronológica = -213,39+ 5,78*Valor Nolla

Substituyendo en la ecuación correspondiente el valor del valor de Nolla o el de Demirjan, la previsión resultante es acertada, constituyendo un instrumento válido para el diagnóstico y plan de tratamiento en Odontopediatría y Ortodoncia, así como en Antropología y Odontología Forense, en España y Portugal. Los siete dientes considerados por el método de Demirjian *et al*. (1973) consiguieron prever el 47,5% de la edad cronológica de los participantes y el 64,4% por el método de Nolla (1960). Parece pues, que en nuestra muestra el método de Nolla (1960) fue un predictor más fuerte. Aunque las edades previstas por ambos métodos no variaron significativamente de la edad real de los participantes, el error medio de previsión del método de Demirjian *et al*. (1973) superó el de Nolla (1960) en 6,2 meses, por lo que concluimos que, a pesar de que ambos métodos fueron buenos predictores de la edad cronológica, el método de Nolla (1960) se mostró más preciso que el de Demirjian *et al*. (1973). Caro y Contreras (2001) encontraron también una precisión superior en el método de Nolla (1960) en comparación con el resto de métodos que testaron.

Citar que los métodos de Nolla (1960) y de Demirjian *et al*. (1973) fueron utilizados en otras poblaciones, tales como: finlandesa y franco-canadiense por Nystrom *et al*. (1986); escandinava y finlandesa por Staaf *et al*. (1991); indiana por Koshy y Tandon (1998); andaluza por Bolaños *et al*. (2000); australiana por McKenna *et al*. (2002); en británicos de diversas etnias por Maber *et al*. (2006); en sujetos venezolanos por Cruz-Ladeira *et al*. (2010); en chinos por Chen *et al*. (2010); iraníes por Bagherpour *et al*. (2010); en una muestra de Malasia por Nik-Hussein *et al*. (2011); coreana por Lee *et al*. (2011); española por Feijóo *et al*. (2012a, 2012b); turca por Kirzioglu y Ceyhan (2012); indiana por Sarkar *et al*. (2013) y de Goa-Índia por Khorate *et al*. (2014).

5.3. Comparación de la magnitud predictiva de los métodos de Nolla (1960) y de Demirjian *et al*. (1973): Hipótesis 2 en una muestra de 3-35 años y de 3-16 años

De mencionar que, en comparación con el método de Demirjian *et al*. (1973), que los estudios recientes que utilizaron el método de Nolla (1960) son escasos. Entre otros motivos, puede deberse a una mayor dificultad en la aplicación de este método, en comparación con el de Demirjian *et al.* (1973), por el mayor número de fases que presenta, lo que puede conducir a mayores discrepancias intra e interobservadores.

La cuestión referente a cual de los métodos – de Nolla (1960) o de Demirjian *et al*. (1973) – se reveló más eficaz en la estimación de las edades cronológicas de la muestra nos condujo a la opción por el método de Nolla (1960). La Hipótesis 2 formulada – ***Existen diferencias estadísticamente significativas entre los métodos de Nolla (1960) y de Demirjian et al. (1973), en lo que concierne a la proporción de variabilidad de la edad cronológica prevista a partir de cada método*** – encontró soporte empírico en la muestra de 3-35 años, habiéndose manifestado el método de Nolla (1960) más eficaz, comparativamente al de Demirjian *et al*. (1973), tanto cuando se utiliza el valor de Nolla (1960) o de Demirjian *et al*. (1973) global, como cuando se considera la influencia específica de cada diente. Relativamente a este último método (Demirjian), destacamos que, aunque presentó igualmente elevado valor predictivo, se reveló un método menos preciso en la estimación de las edades cronológicas.

Nuestros resultados están de acuerdo con Kirzioglu y Ceyhan (2012), que observaron que en una muestra turca (425 niños y niñas sanos, entre los 7 y los 13 años, del mismo nivel socioeconómico y de la misma etnia) la edad estimada por el método de Nolla (1960) fue más precisa que la estimada por el método de Demirjian *et al.* (1973). Una de las posibles explicaciones por la cual el método de Nolla (1960) se mostró un predictor más significativo puede estar relacionada con el hecho de que el método de Nolla (1960) presenta más subdivisiones interestadios, permitiendo una clasificación más precisa de las fases de maduración dentaria (Kirzioglu & Ceyhan, 2012). Otra explicación puede deberse a que en el método de Demirjian *et al*. (1973) el Segundo Premolar y el Primer Premolar no se mostraron significativos en la previsión de la edad cronológica de los participantes y el Canino mostró ser un predictor débil. Sin embargo, para el método de Nolla (1960), solamente el Incisivo Lateral no se mostró significativo en la previsión de la edad cronológica, siendo todos los restantes

dientes buenos predictores ($p < 0,01$). La exclusión de los dientes no significativos aumentó la capacidad predictiva del método de Demirjian *et al*. (1973) a un 57,7% y del método de Nolla (1960) a un 74,5%. La eliminación de los dientes no significativos condujo también a una diminución en los errores de previsión de la edad cronológica.

En diversas localizaciones geográficas, grupos étnicos, clima, nutrición y condiciones socioeconómicas y una maduración sexual cada vez más precoz, los resultados son diferentes en relación a las poblaciones iniciales que dieron origen a los respectivos métodos (Staaf *et al.*, 1991; Koshy & Tandon 1998; Bagherpour *et al.*, 2010). Las ecuaciones de regresión con los dientes significativos evaluados por los método de Demirjian *et al*. (1973) y de Nolla (1960) quedaron así definida (previsión en meses):

Previsión de la edad cronológica a través de los dientes significativos (muestra de 3-35 años):

Demirjian *et al*. (1973)	Nolla (1960)
Edad cronológica = -158,77 + 2,68* Incisivo Central - 5,20* Incisivo Lateral + 3,95*Canino + 10,22* Primer Premolar + 12,25* Segundo Molar	Edad cronológica = 67,07 -7,95* Incisivo Central +7,57*Canino -11,29* Primer Premolar + 15,29* Segundo Premolar – 12,58*Primer Molar + 23,24*Segundo Molar

Quedo así demostrada la superioridad de las capacidades predictivas del método de Nolla (1960) en comparación al método de Demirjian *et al*. (1973) en una muestra más heterogénea relativamente a la edad (3-35 años), tanto cuando se utiliza el valor de Nolla (1960) o el de Demirjian *et al*. (1973) global, como cuando se considera la influencia específica de cada diente. Nuestros resultados se encuentran en línea con los estudios que indicaron la existencia de imprecisiones en la estimación de la edad cronológica, sobretodo en el método de Demirjian (que ha sido más utilizado) – Frucht *et al.* (2000), Willems *et al.* (2001), Eid *et al.* (2002), Foti *et al.* (2003), Maber (2006), Chen *et al.* (2010), Cruz-Ladeira *et al.* (2010), Galic *et al.* (2010), *Lee et al.* (2010), Nik-Hussein *et al.* (2011), Feijóo *et al.* (2012a, 2012b), Kirzioglu y Ceyhan (2012), Flood *et al.* (2013), Djukic *et al*. (2013), Sarkar *et al*. (2013) y Khorate *et al*. (2014).

Cuando repetimos las ecuaciones en una muestra más homogénea en términos de edad (3-16 años), las correlaciones de ambos métodos con la edad cronológica real superaron los 0,90, considerándose muy elevada. Nuestros resultados están en conformidad con el estudio de Hagg y Matsson (1985), que encontraron una elevada precisión en el método de Demirjian *et al*. (1973) para los grupos más jóvenes, más significativa que para los más mayores. También Nik-Hussein *et al.* (2011) demostraron que la precisión disminuye a medida que se desarrolla la maduración dentaria de la

persona. Así concluimos que ambos métodos son precisos para las muestras de niños y adolescentes, aunque no lo sean para adultos. Concluimos también que hasta los 9 años el método de Demirjian *et al*. (1973) fue más eficaz en la previsión de la edad cronológica comparativamente al de Nolla (1960).

Hasta los 16 años, el porcentaje de varianza explicada ascendió mucho en relación a la inclusión de participantes hasta los 35 años de edad, pasando a superar los 82% en las previsiones (de 82,5 a 83,4%), tanto en niños como en niñas.

Otra conclusión interesante, es que hasta los 16 años todos los dientes propuestos para la estimación por los métodos de Demirjian *et al*. (1973) y de Nolla (1960) son significativos, contrariamente a lo que se verificó en la muestra más amplia. Entre los dientes con mayor poder predictivo se encontraron el Canino, el Segundo Premolar y el Segundo Molar, siendo la capacidad predictiva más elevada para las niñas. El Incisivo Central y el Primero Molar demostraron un porcentaje explicativo bajo, aunque significativo.

Concluimos que la inclusión de adultos conduce a una reducción de las capacidades predictivas de los métodos, sobretodo en el de Demirjian *et al*. (1973). Sin embargo, ante la fiabilidad y la magnitud de los resultados que encontramos y la facilidad de aplicación de las ecuaciones atrás presentadas, sugerimos su utilización en la práctica clínica en la región norte de España y en Portugal, en la medida en que constituye un instrumento valioso para la estimación de la edad cronológica.

5.4. Influencia de las variables género, altura y peso de los niños portugueses en los métodos de Nolla (1960) y de Demirjian *et al*. (1973): Hipótesis 3

En todos los estudios en que se verificaron diferencias significativas entre la edad cronológica y la edad dental por los diferentes métodos, los autores sugirieron el uso de factores de corrección. Las discrepancias entre la edad cronológica y la edad dental verificadas en esos estudios pueden deberse a una tendencia general secular positiva en el crecimiento y desarrollo somático, lo que podría contribuir a un mayor desarrollo dentario (Nik-Hussein *et al.*, 2011).

Uno de los objetivos del presente estudio, es el análisis de las variables de los sujetos que tuviesen influencia en las capacidades predictivas de los métodos de Nolla

(1960) y de Demirjian *et al*. (1973). Las variables clasificatorias altura y peso sólo se recogieron en la muestra portuguesa de los 6 a los 14 años, y fueron consideradas global e indiferenciadamente en la formulación de la Hipótesis 3, cuyos resultados evidenciaron soporte empírico: ***Existe por lo menos una de las variables clasificatorias que influencia la magnitud de la capacidad predictiva en cada uno de los métodos***.

Para ambos métodos, conforme era esperado, el predictor más fuerte consistió en la altura de los niños, explicado por la elevada relación real entre la edad y la altura de los sujetos que integraron nuestra muestra, niños en crecimiento. Igualmente para ambos métodos, la variable peso no mostró ningún valor predictivo, resultado fácilmente interpretable debido al hecho de existir niños con la misma edad y altura, con pesos muy variables. Considerando cada uno de los métodos en su especificidad, constatamos que, relativamente al propuesto por Demirjian *et al*. (1973), el predictor más fiable consistió en el Valor de Demirjian *et al*. (1973), seguido del género de los niños. Llegamos a la siguiente ecuación de regresión múltiple, que aplicada con información referente al género y a la altura de los individuos, nos da una previsión de 87,6% de la edad cronológica real:

Previsión de la edad cronológica a través de los dientes, género y altura (muestra de 6-14 años):

Demirjian *et al*. (1973)	Nolla (1960)
Edad cronológica = 9,34 + 0,05*Valor Demirjian + 0,25*Género+ 10,34*Altura	Edad cronológica = -11,42 + 0,06*Valor Nolla + 12,79*Altura

En cuanto al método propuesto por Nolla (1960), en conformidad con los resultados de la aplicación del valor de Demirjian *et al*. (1973), el predictor más fuerte consistió en el valor de Nolla (1960). Contrariamente a los resultados derivados de la aplicación del método de Demirjian *et al*. (1973), la variable género no evidenció ninguna capacidad predictiva. Concluimos que la utilización del método de Nolla (1960) no estuvo influenciado por el género, masculino o femenino, del sujeto en causa. La aplicación de la ecuación de regresión múltiple nos permitió explicar el 84,9% de la variabilidad de la edad cronológica de los niños portugueses, porcentaje ligeramente inferior al encontrado con la aplicación del método de Demirjian *et al*. (1973).

En términos comparativos, en la muestra portuguesa de niños entre 6 y 14 años, optamos por el método de Demirjian *et al*. (1973), ya que se muestra un poco más fuerte

en la determinación de la edad cronológica en niños portugueses, con características semejantes a las utilizadas en la muestra en estudio.

5.5. Determinación de la influencia de la variable género en el grado de aplicabilidad de los métodos de Nolla (1960) y de Demirjian *et al*. (1973): Test de la Hipótesis 4

Uno de los objetivos del presente estudio, fue averiguar si la variable género tenía influencia en las capacidades predictivas de los métodos de Nolla (1960) y de Demirjian *et al*. (1973). Hasta hace poco tiempo, era apenas utilizado el método de la erupción dentaria para la determinación de la edad dentaria, habiendo sido ampliamente estudiado por varios autores la relación entre la erupción de los dientes permanentes y el género, y habiéndose constatado que los dientes emergen antes en las mujeres que en los hombres (Hurme, 1949; Tanner & Whitehouse, 1976; Nolla, 1960; Hagg & Taranger, 1981; Djukic *et al.*, 2013). El método de mineralización dentaria también presenta diferencias entre los dos géneros, constatándose igualmente que la mineralización en el sexo femenino se anticipa a la del masculino (Hurme, 1949; Nolla, 1960; Di Biase, 1976; Hagg & Taranger, 1981; Luca *et al.*, 2012; Djukic *et al.*, 2013). Las fases más precoces del desarrollo dental son muy semejantes para ambos géneros hasta la edad de la menarquia, ocurriendo un desarrollo superior a partir de ese período en las niñas (Blenkin & Taylor, 2012).

En nuestra muestra, como los participantes hombres y mujeres diferían en términos de edad cronológica, para testar esta hipótesis tuvimos que realizar un análisis de la covarianza. De esta forma conseguimos eliminar estadísticamente las diferencias etarias ya constatadas en la muestra y que por eso no pueden ser atribuidas a la especificidad de estimación de la edad por cada método. Concluimos que tras la remoción estadística de las diferencias de edad cronológica entre géneros, esta variable se mantuvo significativa en ambos métodos, demostrando el soporte empírico de la Hipótesis 4: ***El género de los participantes influencia diferenciadamente la magnitud de las capacidades de predicción de los métodos de Nolla (1960) y de Demirjian et al. (1973).*** Atendiendo a los resultados de la influencia de las variable género en los métodos de Nolla (1960) y de Demirjian *et al*. (1973), corroboramos que ambos métodos son influenciados por el género de los participantes, cuando es controlada la

edad cronológica. Para las mujeres, la edad prevista a partir de los métodos fue superior a la edad real, en cuanto que para los hombres las edades estimadas por ambos métodos quedaron ligeramente por debajo de la edad real medida en meses. Sin embargo, estas diferencias, a pesar de significativas, presentaron magnitudes bajas, aunque se decidió en virtud de este resultado, realizar las ecuaciones de regresión diferenciadas para hombres y mujeres.

En ambos métodos concluimos con la afirmación de la hipótesis H4 alternativa: ***el género de los participantes influencia diferenciadamente la magnitud de las capacidades predictivas de este método,*** presentando valores sobrestimados para el sexo femenino comparativamente con el masculino, que presenta resultados ligeramente debajo de la edad real. El método de Demirjian *et al*. (1973) fue el que más sobrestimó la edad de las mujeres, por lo que concluimos por la sobrestimación de las edades cronológicas de las mujeres comparativamente a la previsión de las edades en los varones. Referir a propósito de este método, que su aplicación en poblaciones distintas condujo a los autores a concluir por la sobrestimación y por la subestimación de la edad dentaria. La sobrestimación se verificó más que la subestimación de la edad cronológica. Entre los estudios en que se detectó subestimación del método hay que referir el de Cruz-Ladeira *et al.* (2010) con individuos venezolanos y el de Chen *et al.* (2010) con individuos chinos, aunque la subestimación ocurrió en los niños. La sobrestimación fue encontrada en los estudios de Frucht *et al.* (2000), Willems *et al.* (2001), Eid *et al.* (2002), Foti *et al.* (2003), Maber (2006), Chen *et al.* (2010), Galic *et al.* (2010), *Lee et al.* (2010), Nik-Hussein *et al.* (2011), Feijóo *et al.* (2012), Kirzioglu & Ceyhan (2012), Flood *et al.* (2013). Cruz-Ladeira *et al*. (2010) evaluaron las radiografías panorámicas de 308 niños venezolanos y españoles, con edades comprendidas entre los 2 y los 18 años por el método de Demirjian *et al*. (1973). En este trabajo, los resultados mostraron que a pesar de la buena correlación entre la edad dentaria y la cronológica, el método de Demirjian *et al*. (1973) sobrestimó las edades en la muestra española, resultado que concuerda con el nuestro. Bagherpour *et al*. (2010) concluyeron también que el método de Demirjian *et al*. (1973) sobrestimaba la edad de niños hiraníes en 0,34 años y el de las niñas en 0,25 años. Más recientemente, el estudio de Feijóo *et al*. (2012a, 2012b) indicó también una sobrestimación de la edad dentaria en relación a la edad cronológica real en niños (media de 0,87 años) y niñas (0,55 años). Concluimos así que nuestros resultados acerca de la sobrestimación de la edad por el método de Demirjian *et al*. (1973) se encuentran en conformidad con la literatura.

Ante la constatación de que la variable género presentó influencia en las capacidades predictivas de ambos métodos, y sobre todo en el de Demirjian *et al*. (1973), y dado ser éste el que se reveló más fuerte en la previsión de la edad cronológica para la muestra en estudio, concluimos que las ecuaciones de regresión deben utilizar coeficientes específicos para el sexo masculino y el femenino, conforme se indica a continuación, para hombres y mujeres, en la muestra de 3-35 años y en la de los 3-16 años.

Varones (3-35 años)	
Demirjian *et al*. (1973)	Nolla (1960)
Edad cronológica = -135,029 + 3,102*Valor Demirjian	Edad cronológica = -186,276 + 5,362*Valor Nolla
Mujeres (3-35 años)	
Demirjian *et al*. (1973)	Nolla (1960)
Edad cronológica = -225,667 + 4,049*Valor Demirjian	Edad cronológica = -248,359 + 6,319*Valor Nolla

Varones (3-16 años)	
Demirjian *et al*. (1973)	Nolla (1960)
Edad cronológica = -0,127 +0,941*Valor Demirjian	Edad cronológica = 11,642 +0,954*Valor Nolla
Mujeres (3-16 años)	
Demirjian *et al*. (1973)	Nolla (1960)
Edad cronológica = -8,495 +0,978*Valor Demirjian	Edad cronológica = 13,159 +0,950*Valor Nolla

En este sentido, la utilización de las ecuaciones en función del género de los individuos en análisis, maximizará el grado de utilización del método, por lo que sugerimos la aplicación clínica diferenciada por género.

5.6. Análisis de clusters por grupos de edad y género

La conclusión del análisis de los datos se realizó mediante la segmentación de la muestra en tres grupos de edad, analizados en función de los dos clusters encontrados para ambos métodos, y además en función del género de los participantes, ya que presentaron estimaciones distintas en función de esta variable.

La distribución de las edades (en años) reales de los participantes, conforme resultado del análisis jerárquico de clusters, mostró una distribución perfecta en tres clusters, muy idéntica entre hombres y mujeres. El primer clúster abarcó los niños hasta

los 12 años, el segundo los jóvenes de los 13 a los 17 años y el tercero las edades superiores a 18 años. Para ambos métodos el análisis de clusters apuntó nítidamente para dos clusters: en el método de Demirjian *et al*. (1973) hasta los 8 años para el clúster 1 y en el método de Nolla (1960) hasta los 10 años. Para ambos métodos el clúster 2 abarca los participantes a partir de esas edades.

Para el método de Demirjian *et al*. (1973), la capacidad predictiva para el clúster 1 de edades fue de 47,3% y para el segundo clúster fue de 38,7%. Para el método de Nolla (1960), la capacidad predictiva para el clúster 1 fue bastante superior al de Demirjian *et al*. (1973), siendo de 71,4% y para el segundo clúster descendió bastante, siendo de 35,4%. La partición del clúster 2 en tres clases etarias demostró claramente que a medida que aumenta la clase etaria, disminuye la capacidad predictiva tanto del método de Demirjian *et al*. (1973) como del método de Nolla (1960), no siendo nada significativo en la última clase (19-34 años para el método de Demirjian *et al*. (1973) y 20-34 años para el de Nolla (1960) y explicando un porcentaje bajo en el penúltimo clúster (10,5% de los 15 a los 18 años para el método de Demirjian *et al*. (1973) y 5,6% de los 16 a los 19 años para el método de Nolla (1960)).

Verificamos que el segmento etario significativamente más favorable para el método de Demirjian *et al*. (1973) fue en niños/as hasta los 8 años y el de Nolla (1960) fue en niños/as hasta los 10 años. Concluimos así, de forma general, que la capacidad predictiva de ambos métodos resultó significativamente más elevada para niños/as hasta los 10 años, disminuyendo progresivamente hasta los 18 y dejando de ser significativa a partir de esa edad. Coincidiendo con estos resultados, Nykanen *et al.* (1998) encontraron que el método de Demirjian *et al*. (1973) era menos eficaz en grupos de edades más elevadas, y que este resultado era común en diversos estudios. También Cruz-Ladeira *et al*. (2010) concluyeron que las puntuaciones de Demirjian *et al*. (1973) eran inadecuadas después de los 12 años de edad en niños/as venezolanos y españoles. Igualmente, Karaarslan *et al*. (2010) observaron que la estimación etaria por las radiografías panorámicas se mostraban más precisa en la primera década de vida y menos precisa en la cuarta década. En general, la mayoría de los estudios confirman que los métodos de estimación de la edad cronológica por la madurez dentaria pierden eficacia a partir de la pubertad/adolescencia (Nik-Hussein *et al.,* 2011; Feijóo *et al.,* 2012b; Kirzioglu & Ceyhan, 2012; Djukic *et al.,* 2013).

5.7. Test de los valores de Demirjian *et al*. (1973) y Nolla (1960) hasta los 16 años de edad, por género y valores diente a diente

Actualmente se considera que la dentición es el mejor indicador individual y fisiológico de la edad cronológica de los jóvenes (Smith, 1991; Lee *et al.*, 2011; Luca *et al.*, 2012; Sarkar *et al.*, 2013; Khorate *et al.*, 2014). Los elementos dentarios son menos susceptibles a las alteraciones hormonales (Demirjian *et al.*, 1985; Silva, 1997; Cardoso, 2007; Feijóo *et al.*, 2012a; Moradi *et al.*, 2012; Kirzioglu & Ceyhan, 2012) hereditarias y genéticas, del medio ambiente, nutricionales, de salud y socioeconómicas (Johanson, 1977). La madurez ósea, somática y sexual están asociadas a un proceso común de control y relacionadas con tejidos de origen mesodérmico, siendo hormono-dependientes e influencian la osificación de los cartílagos de las epífisis de los huesos largos, provocando el crecimiento de los mismos (Demirjian *et al.*, 1978; Feijóo *et al.*, 2012a). Inversamente, la madurez dentaria parece ser controlada independientemente, no estando tan relacionada con los otros sistemas de desarrollo (Triratana *et al.*, 1990; Pelsmaekers *et al.*, 1997; Luca *et al.*, 2012; Jayaraman *et al.*, 2013; Flood *et al.*, 2013; Sarkar *et al.*, 2013).

La selección de nuestra muestra hasta los 16 años respondió a un doble objetivo: 1) eliminar los participantes donde no se verificó que los métodos pudiesen estimar la edad cronológica; 2) obtener resultados más precisos para ambos métodos, género y clase etaria.

En términos generales, demostramos que el método de Demirjian *et al*. (1973) sobrestimó la edad real de los niños y adolescentes y el de Nolla (1960) la subestimó. Las comparaciones para niños y niñas apuntó exactamente en el mismo sentido: el método de Demirjian *et al*. (1973) sobrestimó la edad real y el de Nolla (1960) la subestimó. Nuestra muestra reveló que con el método de Demirjian *et al.* (1973), los niños/as presentaban aparentemente una maduración dentaria ligeramente más precoz que los que sirvieron de referencia al método en causa. Relativamente al método de Nolla (1960), los niños/as de nuestra muestra presentaron estándares de maduración dentaria más tardíos que los niños/as que sirvieron de base al método en aprecio. Así es importante tener en cuenta esta información al utilizar los métodos para fines forenses, entre otros.

Concluimos también que en las 11 clases etarias definidas ($\leq$ 6 años hasta 16 años), el error de estimación en relación a la edad cronológica fue menor en el método

de Nolla (1960), por lo que se puede considerar este método más preciso para las 11 clases etarias.

Verificamos también que las correlaciones entre la edad cronológica y la edad estimada por los métodos de Demirjian *et al*. (1973) y Nolla (1960) fueron bastante elevadas, aunque más todavía para las niñas que para los niños. Una vez más queda demostrada la importancia de atender al género, pues influencia la precisión de las estimaciones, siendo lo ideal utilizar ecuaciones diferenciadas para niños y niñas.

Otra conclusión importante fue que las correlaciones entre la edad cronológica y la edad estimada por los métodos de Demirjian *et al*. (1973) y Nolla (1960) para varones y mujeres variaron mucho en función de la clase etaria en ambos métodos. Los dientes, bien sean de la dentición primaria o de la permanente, sufren alteraciones en su desarrollo, proporcionando informaciones durante su formación, tanto mayor cuanto más joven es el individuo (Silva, 1997; Jayaraman *et al.*, 2013). Si hasta los 6 años, las correlaciones fueron elevadas (aunque más en el método de Demirjian *et al*. (1973) que en el de Nolla (1960), resultado conforme a los anteriores), a partir de los 7 años, las correlaciones fueron bastante bajas, ocurriendo lo mismo para los 9 años y todos los años siguientes. Queda demostrado de nuevo que ambos métodos son muy eficaces hasta los 6 años, perdiendo eficacia a medida que la edad cronológica aumenta. El fenómeno de la mineralización de los dientes permanentes es menos susceptible de sufrir la influencia de los factores atrás descritos para la erupción, permitiendo un conjunto de informaciones desde el inicio de la mineralización de la corona, hasta el cierre del ápice y por esa razón es el indicador más fiable para la estimación de la edad (Silva, 1997).

En cuestión de diferencias de género, concluimos que hasta los 7 años, el método de Demirjian *et al*. (1973) se mostró más preciso para los niños que para las niñas, en cuanto que el de Nolla (1960) lo fue para las niñas. Para los 8 años, ambos métodos fueron más precisos para los niños, aunque para los 9 años lo fueron para las niñas. Para los 11 años y para los niños ambos métodos no se mostraron predictores, en cuanto que para las niñas de la misma edad ambos métodos fueron predictores de su edad cronológica. El resultado obtenido podrá deberse al hecho de encontrarse en el grupo de edad de los 9 a los 11 años, que ocurre la menarquia, la cual puede influenciar hormonalmente el ritmo de la maduración dentaria (Nik-Hussein *et al.*, 2011; Luca *et al.*, 2012). También Nykanen *et al.* (1998), cuando testaron el método de Demirjian *et al*. (1973) en una muestra noruega, comprobaron que la mayor discrepancia entre la

edad estimada y la cronológica aconteció en las niñas de 12 años. Según estos autores noruegos esta tendencia, para el sistema de Demirjian *et al*. (1973), de ser menos exactos en los grupos de edad más elevados es un dato común a varios estudios (Cruz-Ladeira *et al.*, 2010; Karaarslan *et al.*, 2010; Lee *et al.*, 2011; Nik-Hussein *et al.*, 2011; Feijóo *et al.*, 2012b; Kirzioglu & Ceyhan, 2012; Djukic *et al.*, 2013; Flood *et al.*, 2013; Khorate *et al*., 2014).

La mayor duración de los estadios de desarrollo dentario en estas edades, comparado con los de las edades más bajas, podría constituir una explicación parcial. Otra justificación que ha sido sugerida es que, a partir de determinada edad cronológica, la edad dentaria no presenta una distribución regular, lo que puede alterar los resultados (Hagg *et al.*, 1985; Jayaraman *et al*., 2013; Flood *et al.*, 2013).

El estudio de los métodos de estimación de la edad, demostró que los de la mineralización dentaria son más precisos que otros métodos utilizados en Odontopediatría, permitiendo un cálculo más aproximativo de la edad cronológica en niños y adolescentes, una vez que los dientes son estructuras orgánicas, menos susceptibles a las patologías en niños en crecimiento, desnutrición, a las alteraciones hormonales, al retraso madurativo óseo (Demirjian *et al.*, 1978; El-Nofely & Iscan, 1989; Hagg & Matsson, 1985; Smith, 1991; Jayaraman *et al.*, 2013; Kirzioglu & Ceyhan, 2012; Khorate *et al.*, 2014) con gran significado en Odontología.

A continuación se indican las ecuaciones de regresión para niños y niñas, tanto para el método de Demirjian *et al*. (1973) como para el de Nolla (1960). Los R^2 muestran que las capacidades predictivas son fuertes (cerca de 83% en ambos métodos para niños y niñas), aunque el análisis por clase etaria nos reveló que los métodos fueron extremadamente precisos hasta los 6 años de edad, perdiendo progresivamente la capacidad predictiva a medida que la edad avanza hasta los 16 años. Los mejores valores predictivos se observaron en las niñas, tanto en el método de Demirjian *et al*. (1973) como en el de Nolla (1960).

Niños (3-16 años)		Niñas (3-16 años)	
Demirjian *et al*. (1973)	Nolla (1960)	Demirjian *et al*. (1973)	Nolla (1960)
Edad cronológica = -0,127 +0,941*Valor Demirjian	Edad cronológica = 11,642 +0,954*Valor Nolla	Edad cronológica = -8,495 +0,978*Valor Demirjian	Edad cronológica = 13,159 +0,950*Valor Nolla

El análisis de los valores diente a diente, utilizando el método de Demirjian *et al*. (1973) y de Nolla (1960), nos permitió concluir que los dientes con mayor poder predictivo son el Canino, el Segundo Premolar y el Segundo Molar, siendo la capacidad predictiva para las niñas siempre bastante superior que para los niños. El Incisivo Central mostró un porcentaje explicativo bajo, siguiéndole el Primer Molar. Entre los dientes con un porcentaje moderado, se encontraron el Incisivo Lateral y el Primer Premolar. A continuación se indican las ecuaciones de regresión para los tres dientes con mayor poder explicativo:

	Demirjian *et al*. (1973) (3-16 años)		**Nolla (1960) (3-16 años)**	
Diente	**Varones**	**Mujeres**	**Varones**	**Mujeres**
Canino	Edad cronológica = 16,641+0,786* Canino	Edad cronológica = 16,964+0,756* Canino	Edad cronológica = 26,266+0,900* Canino	Edad cronológica = 26,885+0,861* Canino
Segundo Premolar	Edad cronológica = 14,075+0,782* Segundo Premolar	Edad cronológica = 14,646+0,707* Segundo Premolar	Edad cronológica = 19,621+0,919* Segundo Premolar	Edad cronológica = 19,614+0,897* Segundo Premolar
Segundo Molar	Edad cronológica = 12,953+0,797* Segundo Molar	Edad cronológica = 13,085+0,744* Segundo Molar	Edad cronológica = 19,726+0,899* Segundo Molar	Edad cronológica = 20,037+0,893* Segundo Molar

En síntesis de este último punto, los resultados de los análisis diente a diente (por género y grupo de edad), evidenciaron diferencias atribuibles a patrones de desarrollo distintos, variando en función del género y del grupo de edad al que pertenece cada niño en análisis. La inserción de estas dos últimas variables en las ecuaciones se evidencia como necesaria, mostrándose incluso imprescindible para efectuar una estimación fidedigna de la edad cronológica del niño.

Aunque la conformidad de nuestros resultados con los obtenidos por los diversos autores referenciados en la discusión nos ofrezca elevada confianza referente a los resultados y contribución de nuestra investigación, algunas de las cuestiones abordadas en la justificación del presente trabajo merecen continuidad en estudios posteriores.

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

6. CONCLUSIONES

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

Se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. Podemos estimar con precisión la edad cronológica de niños y adolescentes, a través de los métodos de Nolla (1960) y de Demirjian *et al*. (1973). Las edades previstas por ambos métodos no difieren significativamente de la edad real de los participantes, lo que indica, en términos generales, la precisión de los dos métodos. Sin embargo, la inclusión de adultos conduce a una reducción de las capacidades predictivas de ambos métodos, sobre todo del Demirjian *et al*. (1973).

2. El método de Nolla (1960) muestra mayores capacidades predictivas que el de Demirjian *et al*. (1973) en muestras con edades más heterogéneas (3-35 años). La capacidad predictiva de ambos métodos es significativamente más elevada para niños/as hasta los 10 años, disminuyendo progresivamente hasta los 18 años y dejando de ser significativa a partir de esa edad. De todos los segmentos etarios, el más favorable para el método de Demirjian *et al*. (1973) es en niños hasta los 8 años, y el de Nolla (1960) es en niños hasta los 10 años. El método de Demirjian *et al*. (1973) tiende a sobrestimar la edad real de los niños y adolescentes y el de Nolla (1960) tiende a subestimarla, aunque las diferencias sean menores en relación a la edad real, de ahí la importancia de elaborar ecuaciones de regresión adaptadas a la población en estudio.

3. En la muestra portuguesa hasta los 14 años, el predictor más fuerte de la edad cronológica es la altura real de los niños/as; la variable peso no muestra ningún valor predictivo.

4. El género de los participantes condiciona la magnitud de las capacidades de predicción de los métodos de Nolla (1960) y de Demirjian *et al*. (1973). Las correlaciones entre la edad cronológica y la edad estimada por los métodos de Demirjian *et al*. (1973) y Nolla (1960) para niños y niñas varían mucho en función de la clase etaria, siendo significativamente más precisos en niños/as hasta los 8 años de edad. Hasta los 7 años, el método de Demirjian *et al*. (1973) se muestra más preciso para los niños, mientras que el Nolla (1960) lo es para las niñas. Esto constata la importancia de aplicar ecuaciones de regresión diferenciadas para niños y niñas. Los dientes con mayor poder predictivo son el Canino, el Segundo Premolar y el Segundo Molar, siendo la capacidad predictiva para las niñas siempre bastante superior que para los niños.

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

BIBLIOGRAFÍA[1]

[1] Seguimos las normas cientificas de publicación del ***Journal of Dental Research***

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

Alferes VR (2002). *Programas e rotinas complementares do SPSS [syntax files]*. Disponible en: http:www.fpce.uc.pt/nucleos/niips/.

Alferes VR (1997). *Investigação científica em psicologia: Teoria e prática*. Coimbra: Almedina.

Andrews FM, Klem L, Davidson TN, O'Malley PM, & Rodgers WL (1981). *A guide for selecting statistical techniques for analyzing social science data.* Ann Arbor, MI: Institute for Social Research.

Ash MM, Nelson SJ (2004). Wheeler Anatomia, Fisiologia y oclusión Dental. 8ª ed. Madrid: Editora Elsevier España.

Baghdadi ZD, Pani SC (2011). Accuracy of population-specific Demirjian curves in the estimation of dental age of Saudi children. *Int J Paediatr Dent* 22:125-131.

Bagherpour A, Imanimoghaddam M, Bagherpour MR, Einolghozati M (2010). Dental age assessment among Iranian children aged 6-13 years using the Demirjian method. *Forensic Sci Int 15;121:1-3.*

Birch W, Dean MC (2014). A method of calculating human deciduous formation times and of estimating the chronological ages of stressful events occurring during deciduous enamel formation. *J Forensic Leg Med*, 22: 127-144.

Björk A, Helm S (1985). Prediction of the age of maximum pubertal growth in body height. In: Demirjian A, Buschang PH, Tanguay R, Patterson DK. Interrelationships among measures of somatic, skeletal, dental, and sexual maturity. *Am J Orthod* 88:433-438.

Blenkin M, Taylor J (2012). Age estimation charts for a modern Australian population. *Forensic Sci Int* 221:106-112.

Bolaños MV, Manrique MV, Bolaños MJ, Briones MT (2000). Approaches to chronological age assessment based on dental calcification. *Forensic Sci Int* 110:97-106.

Bolaños MV, Manrique MV, Bolaños MJ, Briones MT (2000a). Determinación de la edad dental de los niños andaluces mediante el sistema de Demirjian *et al*, 1973. *Ortod Española* 40:31-38.

Bolaños MV, Moussa H, Manrique MC, Bolaños MJ (2003). Radiographic evaluation of third molar development in Spanish children and young people. *Forensic Sci Int 1*33: 212-219.

Borrman H, Solheim T, Magnusson B, Kavaal SI, Stene-Johansen W (1995). Iner-examiner variation in the assessment of age-related factors in teeth. *Int J Legal Med* 107:183-186.

Briffa K, Dougall NB, Galea J, Mifsud D, Camilleri S (2005). Chronologic and dental ages of Maltese schoolchildren: A pilot study. *Malta Med J* 17:31-34.

Büken B, Safak AA, Yazici B, Büken E, Mayda AS (2007). Is the assessment of bone age method by Greulich-Pyle method realible at forensic age estimation for Turkish children? *Forensic Sci Int* 17:146-153.

Camerieri R, Cunha E, Sassaroli E, Nuzzolese E, Ferrante L (2009). Age estimation by pulp/tooth área ratio in canines: study of a Portuguese sample to test Cameriere method. *Forensic Sci Int* 15;193:1-3.

Cameriere R, DeAngelis D, Ferrante L, Scarpino F (2007). Age estimation in children by measurement of open apices in teeth: a european formula. *Int J Legal Med, 121:449-453.*

Cameriere R, Ferrante L, Cingolani M (2004). Variations in pulp/tooth area ratio as an indicator of age: A preliminary study. *J Forensic Sci* 49:317-319.

Cameriere R, Ferrante L, Cingolani M. (2006). Age estimation in children by measurement of open ápices in teeth. *Int J Legal Med Jan* 120:49-52.

Camerieri R, Ferrante L, Liversidge HM, Prieto JL, Brkic H (2008). Accuracy of age estimation in children using radiograph of developing teeth. *Forensic Sci Int* 176:173-177.

Cardoso HF (2009). Accuracy of development tooth length as an estimate of age in human skeletal remains the permanent dentition. *Forensic Sci Int 30:127-133.*

Cardoso HF (2007). Accuracy of developing tooth length as an estimate of age in human skeletal remains: The deciduous dentition. *Forensic Sci Int* 172: 17-22.

Chaillet N, Demirjian A (2004). Dental maturity in south France: A comparison between Demirjian's method and polynomial functions. *J Forensic Sci* 49:1059-1066.

Chen JW, Guo J, Zhou J, Liu RK, Chen TT, Zou SJ (2010). Assessment of dental maturity of western Chinese children using Dermijian's method. *Forensic Sci Int* 15;197:119.

Chertkow S (1980). Tooth mineralization as an indicator of the pubertal growth spurt. *Am J Orthod* 77:79-91.

Chertkow S, Fatti P (1979). The relationship between tooth mineralization and early evidence of the ulnar sesamoid. *Angle Orthod* 49:282-288.

Cohen J (1988) *Statistical power analysis for the behavioural sciences* (2nd ed.), Academic Press, New York.

Cohen J & Cohen P (1983). *Applied multiple regression/correlation analyses for the behavioural sciences*. New Jersey: Erlbaum.

Coutinho S, Buschang PH, Miranda F (1993). Relationships between mandibular canine calcification stages and skeletal maturity. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 104:262-268.

Cruz-Ladeira A, Linares-Argote J, Martinez-Rodriguez M, Rodriguez-Calvo MS, Otero XL, Concheiro L (2010). Dental age estimation in Spanish and Venezuelan children. Comparison of Demirjian and Chaillet's Scores. *Int J Legal Med* 124:105-112.

Davis PJ, Hagg U (1994). The accuracy and precision of the "Demirjian system" When used for age determination in Chinese children. *Swed Dent J* 18:113-116.

Demirjian A, Buschang PH, Tanguay R, Patterson DK (1985). Interrelationships among measures of somatic, skeletal, dental, and sexual maturity. *Am J Orthod* 88:433-438.

Demirijian A, Goldstein H, Tanner JM (1973). A new system of dental age assessment. *Hum Biol* 45:211-227.

Demirjian A, Goldstein H (1976). New systems for dental maturity based on seven and four teeth. *Ann Hum Biol* 3:411-421.

Demisch A, Wartmnam P (1956). Calcification of mandibular third molar and it´s relation to skeletal and chronological age in children. Child Dev 27:459-473.

Di Biase D (1976). Dental abnormalities affecting eruption In: *The eruption and Occlusion of teeth.* Poole D, Stack MV editors. London: Butterworth, 156-158.

Diz P, Limeres J, Salgado AFP, Tomás I, Delgado LF, Vázquez E, Feijoo JF (2011). Correlation between dental maturation and chronological age in patients with cerebral palsy, mental retardation, and Down syndrome. *Res Dev Disabil* 32:808-817.

Djukic K, Zelic K, Milenkovic P, Nedeljovic N, Djuric M (2013). Dental age assessment validity of radiographic methods on Serbian children population. *Forensic Sci Int 10;231*:398.

Eid R, Simi R, Friggi M, Fisberg M (2002). Assessment of dental maturity of Brazilian children aged 6 to 14 years using Demirjian's method. *Int J Paediatric Dent* 12:423-428.

Eid RM, Simi R, Friggi MN, Fisberg M (2002). Assessment of dental maturity of brasilian children aged 6 to 14 years using Demirjian's method. Int J Paediatr Dent. 12:423-4288.

Engstrom C, Engstrom H, Sagne S (1983). Lower third molar development in relation to skeletal maturity and chronological age. *Angle Orthod* 53:97-106.

Eveleth P (1959). The effects of climate on growth. *NY Acad Sci* 134:750-759.

Farah CS, Booth DR, Knott SC (1999). Dental maturity of children in Perth, Western Austrália, and its application in forensic age estimation. *J Clin Forensic Med* 6:14-18.

Feijoo G, Barberia A, De Nova J, Prieto JL (2012a). Dental age estimation in Spanhish children. *Forensic Sci Int* 30;223:371.

Feijoo G, Barberia A, De Nova J, Prieto JL (2012b). Permanent teeth development in a Spanish sample. Application to dental age estimation. *Forensic Sci Int* 10;214-213.

Flood SJ, Mitchell WJ, Oxnard CE, Turlach BA, McGeachie J (2011). To evaluate the utility of smaller sample sizes when assessing dental maturity curves for forensic age estimation. *J Forensic Sci* 56:1604-1609.

Flood SJ, Franklin D, Turlach BA, McGeachie J (2013). A comparison of Demirjian's four dental development methods for forensic age estimation in South Australian sub-aduls. *J Forensic Leg Med* 20:875-883.

Foti B, Llys L, Adalian P, Giustiniani J, Maczel M, Signoli M, Dutour O, Leonetti G (2003). New forensic approach to age determination in children based on tooth eruption. *J Forensic Sci Int* 132:49-56.

Frucht S, Schnegelsberg C, Schulte-Mönting J, Rose E, Jonas I (2000). Dental age in southwest Germany. A radiographic study. *J Orofac Orthop* 61:318-329.

Galic I, Nakas E, Prohic S, Selimovic E, Obradovic B, Petrovecki M (2010). Dentasl age estimation among children aged 5-14 years using the Demirjian method in Bosnia-Herzegovina. *Acta Stomatol Croat, 44*:17-25.

Garn SM, Lewis AB, Bonne B (1961). Third molar formation and its developmental course. *Nature* 9;192:989.

Garn SM, Lewis AB, Kerewsky RS (1965). Genetic, nutritional, and maturational correlates of dental development. *J Dent Res* 44:228-242.

Gil AC (1999). SPSS: *métodos e técnicas de pesquisa social*. São Paulo: ATLAS.

Gleiser I, Hunt EE (1955). The permanent mandibular first molar: It`s calcification, eruption and decay. *Am J Phys Anthropol* 13:253-283.

Graham JP, O Donnell CJ, Craig PJ, Walker GL, Hill AJ, Cirillo GN, Clarck RM, Gledhill SR, Schneider-Kolsky ME (2010). The application of computerized tomography (CT) to the dental ageing of children and adolescents Forensic Sci 25;195:58-62.

Green LJ (1961). The interrelationships among height, weight and chronological dental and skeletal ages. *Angle Orthod* 31:1890-1896.

Greulich W, Pyle SI (1959) *Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist* (2nd ed). Stanford: Stanford University Press, CA.

Gulati A, Taneja JR, Chopra SL, Madan S (1990). In: Dental age assessment: The applicability of Demirjian´s method in South Indian children. Koshy S, Tandon S editors (1998). *Forensic Sci Int* 8;94:73-85.

Haavikko K (1974). Tooth formation age estimated on a few selected teeth: A simple method for clinical use. *Proc Finn Dent Soc* 70:15-19.

Hagg U, Matsson L (1985). Dental maturity as an indicator of chronological age: The accuracy and precision of three methods. *Eur J Orthod* 7:25-34.

Hagg U, Taranger J (1981). Dental emergence stages and the pubertal growth spurt. *Acta Odontol Scand* 39:295-306.

Hagg U, Taranger JP (1980). Skeletal stages of the hand and wrist as indicators of the puberal growth. *Acta Odontol Scand* 38:187-200.

Howell DC (1997). *Statistics methods for psychology* (4ª ed.). Belmont, CA: Duxbury Press USA.

Hurme VO (1949). Ranges of normalcy in the eruption of permanent teeth. *J Dent Child* 16(2):11-15.

Jayaraman J, Roberts GJ, King NM, Wong HM (2012). Dental age assessment of southern Chinese using the United Kingdom Caucasian reference dataset. *Forensic Sci Int* 10; 216:68-72.

Jayaraman J, Wong HM, King NM, Roberts GJ (2013). The French-Canadian data set of Demirjian for dental age estimation: A systematic review and meta-analysis. J *Forensic Leg Med* 20:373-381.

Karaarslan B, Karaarslan ES, Ozsevik AS, Ertas E (2010). Age estimation for dental patients using orthopantomographs. *Eur J Dent* :389-394. .

Kenny DA, Kashy DA, Bolger N (1998). Data analysis in social psychology. In DT Gilbert, ST Fiske, & G Lindzey (Eds.), *Handbook of social psychology* (4tª ed., Vol.1, pp. 233-265). New York: McGraw-Hill.

Kiess HO, Bloomquist DW (1985). *Psychological research methods: a conceptual approach.* Boston: Allyn and Bacon. Lima, L. P. (2000). Atitudes: Estrutura e mudança. In J Vala, & MB Monteiro (Eds.), *Psicologia social* (4ª ed., pp. 187-225). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Kirzioglu Z, Ceyhan D (2012). Accuracy of different dental age estimation methods on Turkish children. *Forensic Sci Int* 10;216:61-67.

Khorate MM, Dinkar AD, Ahmed J (2014). Accuracy of age estimation methods from orthopantomograph in forensic odontology: A comparative study. *Forensic Sci Int* 234:184.

Koshy S, Tandon S (1998). Dental age assessment: the applicability of the Demirjian's method in south Indian children. *Forensic Sci Int* 8;94:73-85.

Kraus BS (1959). Calcification of the human deciduous teeth. *JADA* 59:1128-1136.

Kraus BS, Jordan RE (1965). *The human dentition before birth*. Philadelphia: Lea & Febiger.

Kumar CHL, Sridhar MS (1990). Estimation of the age of an individual based on times of eruption of permanent teeth. *Forensic Sci Int* 48:1-7.

Kumar, VJ, Gopal KS (2011). Reliability of age estimation using Demirjian 8 teeth method and Índia specific formula. *J Forensic Dent Sci* 3:19-22.

Kurita LM, Menezes AV, Casanova MS, Haiter-Neto F (2007). Dental maturity as an indicator of chronological age: radiographic assessment of dental age in a brazilian population. *J Appl Oral Sci* 15:99-104.

Largo RH, Gasser T, Prader A, Stuetzle W, Huber PJ (1978). Analysis of the Adolescent Growth Spurt Using Smoothing Spline Functions. *Ann Hum Biol* 5:421-434.

Lee SS, Byuin YS, Park MJ, Choi JH, Yoon CL, Shin KJ (2010). The chronology of second and third molar mineralization in Koreans and its application to forensic age estimation. *Int J Legal Med* 124:659-665.

Lee SS, Kim D, Lee S, Lee UY, Seo JS (2011). Validity of Demirjian's and modified Demirjian's methods in age estimation for Korean juveniles and adolescents. *Forensic Sci Int* 211:41-46.

Leurs IH, Wattel E, Aartman IH, Etty E, Prahl-Andersen B (2005). Dental age in Dutch children. *Eur J Orthod* 27(3):309–314.

Lewis AB, Garn SM (1960). The relationship between tooth formation and other maturational factors. *Angle Orthod* 30:70-77.

Liliequist B, Lundberg M (1971). Skeletal and tooth development: A methodological investigation. *Acta Radiol* 11:97-112.

Liversidge HM, Molleson TI (1999). Developing permanent tooth lenght as an estimate of age. *J Forensic Sci* 44:917-920.

Liversidge HM, Speechly T, Hector MP (1999). Dental maturation in British children: are Demirjian's standards applicable? *Int J Paediatr Dent* 9: 263-269.

Logan WH, Kronfeld R (1933). Development of the human jaws and surrounding structures from birth to the age of fifteen years. *JADA* 20:379-427.

Luca SD, Giiorgio SD, Buttu AC, Biagi R, Cingolani M, Cameriere R (2012). Age estimation in children by measurement of open apices in tooth roots: Study of a Mexican sample. *Forensic Sci Int* 10;221:155.

Lucy D, Pollard AM (1995). Further comments on the estimation of error associated with the Gustafson dental age estimation method. J *Forensic Sci* 40:222-227.

Maber M, Liversidge HM, Hector MP (2006). Accuracy of age estimation of radiographic methods using developing teeth. *Forensic Sci Int* 159S:68-73.

Mani SA, Naing L, John J, Samsudin AR (2008). Comparison of two methods of dental age estimation in 7-15-years-old Malays. *Int J Paediatr Dent* 18:380-388.

Maroco J (2003). *Análise estatística com utilização do SPSS*. Lisboa: Edições Sílabo.

Maroco J (2011). *Análise estatística com o SPSS Statistics* (5ª ed). Pero Pinheiro: Report Number.

Mayoral J, Mayoral G, Mayoral P (1986). *Ortodoncia Princípios fundamentales y prática* (5ª ed.). Barcelona: Editorial Labor S.A.

McKenna C, James H, Taylor J, Townsend G (2002). Tooth development standards for South Australia. *Austr Dent J* 47:223-227.

Milner GR, Levick RK, Kay R (1986). Assessment of bone age: a comparison of the Greulich and Pyle and the Tanner and Witehouse methods. *Clin Radiol* 37(2):119-121.

Mincer HH, Harris EF, Berryman HE (1993). The A.B.F.O. study third molar development and its use as an estimator of chronological age. J *Forensic Sci* 38:379-390.

Moananui RT, Kieser JA, Herbison P, Liversidge HM (2008). Advanced dental maturation in New Zealand Maori and Pacific Island Children. *Am J Human Biol* 20:43-50.

Moorrees CF, Fanning EA, Hunt EE (1963). Age variation of formation stages for ten permanent teeth. *J Den Res* 42:1490-1502.

Moradi M, Sirous M, Morovatti P (2012). The reliability of skeletal age determination in an Iranian sample using Grelich and Pyle method. *Forensic Sci Int 223*:372.

Muller-Bolla M, Lupi-Pégurier L, Quatrehomme G, Velly AM, Bolla M (2003). Age estimation from teeth in children and adolescents. J *Forensic Sci* 48:140-148.

Neale JM, Liebert RM (1986). *Science and behavior: an introduction to methods of research* (3rd. ed.). New York: Prentice Hall.

Nicodemo RA, Moraes LC, Médici FE. (1974).Tabela cronológica da mineralização dos dentes permanentes entre brasileiros. *Rev Fac Odontol Sao Jose Campos 3*:55-6.

Nik-Hussein NN, Kee KM, Gan P (2011). Validity of Femirjian and Willems methods for dental age estimation for Malaysian children aged 5-15 years old. *Forensic Sci Int 30;*204:208.

Nolla CM (1960). The development of the permanent teeth. *J Dent Child* 27:254-266.

Nykanen R, Espeland L, Kvaal SI, Krogstad O (1998). Validity of the Demirjian method for dental age estimation when applied to Norwegian children. *Acta Odontol Scand* 56:238-244.

Nystrom M, Haataja J, Ktaja M, Evalahti M, Peck L, Kleemola-Kujala E (1986). Dental maturity in finnish children, estimated from the development of seven permanent mandibular teeth. *Acta Odontol Scand* 44:193-198.

Nystrom M, Kleemola-Kujala E, Evalahti M, Peck L, Kataja M (2001). Emergence of permanent teeth and dental age in a séries of finns. *Acta Odontol Scand* 59:49-56.

Paewinsky E, Pfeiffer H, Brinkmann B (2005). Quantification of secondary dentine formation from orthopantomograms--a contribution to forensic age estimation methods in adults. *Int J Legal Med* 119:27–30.

Pelsmaekers B, Loos R, Carels C, Derom C, Vlietinck R (1997). The genetic contribution to dental maturation. *J Dent Res* 76:1337-1340.

Pereira, A. (2008). SPSS: *Guia prático de utilização. Análise de dados para ciências sociais e psicologia* (7ª ed.). Lisboa: Edições Sílabo.

Pestana MH, Gageiro JN (2000). *Análise de dados para ciências sociais: a complementaridade do SPSS* (2ª ed.). Lisboa: Edições Sílabo.

Prieto-Carrero JL, Abenza-Rojo JM (1998). Métodos para valorar la edad en el adolescente. *Rev Esp Med Leg* 22:45-50.

Prieto JL, Barbería E, Ortega R (2005). Evaluation of chronological age based on third molar development in the Spanish population. *Int J Legal Med* 119:349-354.

Qudeimat MA, Behbehani F (2009). Dental age assessment for Kuwait children using Demirjian`s method. *Ann Hum Biol.* 36:695-704.

Rai B, Kaur J, Cingolani M, Ferrante L, Camerieri R (2010). Age estimation in children by measurement of open apices in teeth- an Indian formula. *Int J Legal Med* 124: 237-241.

Reis E (1999). *Estatística aplicada*. Lisboa: Edições Sílabo.

Reis E (2000). *Estatística descritiva*. Lisboa: Edições Sílabo.

Rosenthal R, Rosnow RL (1984). *Essentials of behavioral research: methods and data analysis.* New York: McGraw-Hill.

Rossi PH, Wright JD, Anderson AB (Eds.). (1983). *Handbook of survey research.* New York: Academic Press.

Rózylo-Kalinowska I, Kiworkowa-Raczkowska E, Kalinowski P (2008). Dental age in Central Poland. *Forensic Sci Int* 174:207-216.

Rózylo-Kalinowska I, Kolasa-Raczka A, Kalinowski P (2011). Dental age in patients with impacted maxillary canines related to the position of the impacted teeth. *Eur J Orthod* 33:492-497.

Sarkar SS, Kailasam SB, Kumar PM (2013). Accuracy of estimation of dental age in comparison with chrnological age in Indian population: A comparative analysis of two formulas. *J Forensic Leg Med* 20: 230-233.

Saunders SR, De Vito C, Herring A, Southern R, Hoppa R (1993). Accuracy tests of tooth formation age estimations for human skeletal remains. *Am J Phys Anthropol* 92:173-188.

Schemeling A, Reisinger W, Geserick G, Olze A (2006). Age estimation of unaccompanied minors. Part I – General Considerations. *Forensic Sci Int* 15 Suppl 1:S61-64.

Schour I, Massler M (1940). The development of the human dentition. *J Am Dent Assoc* 27:1153-1160.

Sierra AM (1987). Assessment of dental and skeletal maturity: A new approach. *Angle Orthod* 57:194-208.

Silva M (1997). *Compêndio de odontologia legal*. Rio de Janeiro: Medsi.

Simmons K, Greulich WW (1985). Menarcheal age and the height, weight, and skeletal age of gilrs age 7 to 17 years. In: Interrelationships among measures of somatic, skeletal, dental, and sexual maturity. Demirjian A, Buschang PH, Tanguay R, Patterson DK *Am J Orthod* 88:433-438.

Smith BH (1991). Standards of human tooth formation and dental age assessment. In Kelly MA, Larsen CS editors. *Advances in dental anthropology*. New York: Wiley-Liss Inc.

Solari AC, Abramovitch K (2002). The accuracy and precision of third molar development as an indicator of chronological age in Hispanics. *J Forensic Sci* 47:531-535.

Staaf V, Mörnstad H, Welander U (1991). Age estimation based on tooth development: A test of reliability and validity. *Scand J Dent Res* 99:281-286.

Stewart TD (1963). New developments in evaluating evidence from the Skeleton. *J Dental Research* 42: 264-273.

Tabachnick BG, Fidell LS (2003). *Using multivariate statistics* (5th ed.). Boston: Allyn and Bacon.

Tanner JM, Whitehouse RM (1976). Clinical longitudinal standards for height, weight, height velocity, weight velocity and stages of puberty. *Arch Dis Child* 51:170-179.

Tanner JM, Whitehouse RM, Healy JR (1962). A new system for estimating skeletal maturity from the hand wrist standards derived from a study of 2,600 healthy British children. *Centre Int l´ Enfance*: Paris.

Tanner JM, Whitehouse RM, Marshall WA, Healey MJ, Goldstein H (1975). Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height TW2 method. London: Academic Press.

Teivens A, Mörnstad H (2001). A comparison between dental maturity rate in the Swedish and Korean populations using a modified Demirjian method. *J Forensic Odontostomatol* 19:31-35.

Tompkins R (1996). Human population variability in relative dental development. *Am J Phys Anthropol* 99:79-102.

Triratana T, Hemindra P, Kiatiparjuk C (1990). Eruption of permanent teeth in malnutrition children. In: Foti B, Lalys L, Adalian P, Giustiniani J, Maczel M, Signoli M, Dutour O, Leonetti G. (2003) New forensic approach to age determination in children based on tooth eruption. *J. Forensic Sci. Int* 132:49-56.

Tunc ES, Koyuturk AE (2008). Dental age assessment using Demirjian method on northern Turkish children. *Forensic Sci Int* 175:23-26.

Uslenghi S, Liversidge HM, Wong FS (2007). A radiographic study of tooth development in hypodontia. *J. Evid Based Dent Pract* 7:38-9.

Willems VG, Van-Olmen A, Spiessens B, Carels C (2001). Dental age estimation in Belgian children: Demirjian's technique revisited. *J Forensic Sci Int* 46:893-895.

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

ANEXOS

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

ANEXOS DE TABLAS

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

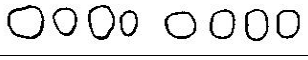
Tabla 1 – Madurez de los dientes permanentes de los niños, según el método de Nolla (1960).

EDAD	Dientes del maxilar inferior								Dientes del maxilar superior							
	41/31	42/32	43/33	44/34	45/35	46/36	47/37	48/38	11/21	12/22	13/23	14/24	15/25	16/26	17/27	18/28
3	5.2	4.5	3.2	2.6	1.1	5.0	.7		4.3	3.4	3.0	2.0	1.0	4.2	1.0	
4	6.5	5.7	4.2	3.5	2.2	6.2	2.0		5.4	4.5	3.9	3.0	2.0	5.3	2.0	
5	7.5	6.8	5.1	4.4	3.3	7.0	3.0		6.4	5.5	4.8	4.0	3.0	6.4	3.0	
6	8.2	7.7	3.9	5.2	4.3	7.7	4.0		7.3	6.4	5.6	4.9	4.0	7.4	4.0	
7	8.8	8.5	6.7	6.0	5.3	8.4	5.0	.8	8.2	7.2	6.3	5.7	4.9	8.2	5.0	
8	9.3	9.1	7.4	6.8	6.2	9.0	5.9	1.9	8.8	8.0	7.0	6.5	5.8	8.9	5.8	1.0
9	9.7	9.5	8.0	7.5	7.0	9.5	6.7	1.8	9.4	8.7	7.7	7.2	6.6	9.5	6.5	1.8
10	10.0	9.8	8.6	8.2	7.7	9.8	7.4	2.0	9.7	9.3	8.4	7.9	7.3	8.7	7.2	2.3
11			9.1	8.8	8.3	9.9	7.9	2.7	9.95	9.7	8.8	8.6	8.0	9.8	7.8	3.0
12			9.6	9.4	8.9		8.4	3.5		9.95	9.2	9.2	8.7		8.3	4.0
13			9.8	9.7	9.4		9.8	4.5			9.6	9.6	9.3		8.8	4.9
14				10.0	9.7		9.3	5.3			9.8	9.8	9.6		9.3	5.9
15					10.0		9.7	6.2			9.9	9.9	9.9		9.6	6.6
16							10.0	7.3							10.0	7.7
17								7.6								8.0

Tabla 2 – Madurez de los dientes permanentes de las niñas, según el método de Nolla (1960).

EDAD	Dientes del maxilar inferior								Dientes del maxilar superior							
	41/31	**42/32**	**43/33**	**44/34**	**45/35**	**46/36**	**47/37**	**48/38**	**11/21**	**12/22**	**13/23**	**14/24**	**15/25**	**16/26**	**17/27**	**18/28**
3	5.3	4.7	3.4	2.9	1.7	5.0	1.6		4.3	3.7	3.3	2.6	2.0	4.5	1.8	
4	6.6	6.0	4.4	3.9	2.8	6.2	2.8		5.4	4.8	4.3	3.6	3.0	5.7	2.8	
5	7.6	7.2	5.4	4.9	3.8	7.3	3.9		6.5	5.8	5.3	4.6	4.0	6.9	3.8	
6	8.5	8.1	6.3	5.8	4.8	8.1	5.0		7.4	6.7	6.2	5.6	4.9	7.9	4.7	
7	9.3	8.9	7.2	6.7	5.7	8.7	5.9	1.8	8.3	7.6	7.0	6.5	5.8	8.7	5.6	
8	9.8	9.5	8.0	7.5	6.6	9.3	6.7	2.1	9.0	8.4	7.8	7.3	6.6	9.3	6.5	2.1
9	10.0	9.9	8.7	8.3	7.4	9.7	7.4	2.3	9.6	9.1	8.5	8.1	7.4	9.7	7.2	2.4
10		10.0	9.2	8.9	8.1	10.0	8.1	3.2	10.0	9.6	9.1	8.7	8.1	10.0	7.9	3.2
11			9.7	9.4	8.6		8.6	3.7		10.0	9.5	9.3	8.7		8.5	4.3
12			10.0	9.7	9.1		9.1	4.7			9.8	9.7	9.3		9.0	5.4
13				10.0	9.4		9.5	5.8			10.0	10.0	9.7		9.5	6.2
14					9.7		9.7	6.5					10.0		9.7	6.8
15					10.0		9.8	6.9							9.8	7.3
16							10.0	7.5							10.0	8.0
17								8.0								8.7

Tabla 3 - Estadios de desarrollo de la dentición, según Nolla (1960) - adaptado del original.

	Estadio	Nomenclatura	Morfología
Método de Nolla	0	Ausencia de cripta	
	1	Cripta	
	2	Inicio de la mineralización	
	3	Mineralización de 1/3 de la corona	
	4	Mineralización de 2/3 de la corona	
	5	Corona casi completa	
	6	Corona completa	
	7	Mineralización de 1/3 de la raíz	
	8	Mineralización de 2/3 de la raíz	
	9	Raíz casi completa (ápice abierto)	
	10	Raíz completa (ápice cerrado)	

UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 4 - Escala de puntuación de los diferentes estadios de desarrollo dentario según el método de Demirjian *et al*. (1973).

	Dientes	Estadios								
		0	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**
Masculino	**M2**	0.0	2.1	3.5	9.5	10.1	12.5	13.2	13.6	15.4
	M1				0.0	8.0	9.6	12.3	17.0	19.3
	PM2	0.0	1.7	3.1	5.4	9.7	12.0	12.8	13.2	14.4
	PM1			0.0	3.4	7.0	11.0	12.3	12.7	13.5
	C				0.0	3.5	7.9	10.0	11.0	11.9
	I2				0.0	3.2	5.2	7.8	11.7	13.7
	I1					0.0	1.9	4.1	8.2	11.8
Femenino	**M2**	0.0	2.7	3.9	6.9	11.1	13.5	14.2	14.5	15.6
	M1				0.0	4.5	6.2	9.0	14.0	16.2
	PM2	0.0	1.8	3.4	6.5	10.6	12.7	13.5	13.8	14.6
	PM1			0.0	3.7	7.5	11.8	13.1	13.4	14.1
	C				0.0	3.8	7.3	10.3	11.6	12.4
	I2				0.0	3.2	5.6	8.0	12.2	14.2
	I1					0.0	2.4	5.1	9.3	12.9
Observación	En el estadio 0 no hay mineralización									

UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 5 – Conversión del resultado de la madurez para la determinación de la edad dentaria en hombre (H) y en mujeres (M), según Demirjian *et al.* (1973).

Edad	**Puntos**		**Edad**	**Puntos**		**Edad**	**Puntos**		**Edade**	**Puntos**	
I	**H**	**M**	**I**	**H**	**M**	**I**	**H**	**M**	**I**	**H**	**M**
3.0	12.4	13.7	**7.0**	46.7	51.0	**11.0**	92.0	94.5	**15.0**	97.6	99.2
.1	12.9	14.4	.1	48.3	52.9	.1	92.2	94.7	.1	97.7	99.3
.2	13.5	15.1	.2	50.0	55.5	.2	92.5	94.9	.2	97.8	99.4
.3	14.0	15.8	.3	52.0	57.8	.3	92.7	95.1	.3	97.8	99.4
.4	14.5	16.6	.4	54.3	61.0	.4	92.9	95.3	.4	97.9	99.5
.5	15.0	17.3	.5	56.8	65.0	.5	93.1	95.4	.5	98.0	99.6
.6	15.6	18.0	.6	59.6	68.0	.6	93.3	95.6	.6	98.1	99.6
.7	16.2	18.8	.7	62.5	71.8	.7	93.5	95.8	.7	98.2	99.7
.8	17.0	19.5	.8	66.0	75.0	.8	93.7	96.0	.8	98.2	99.8
.9	17.6	20.3	.9	69.0	77.0	.9	93.9	96.2	.9	98.3	99.9
4.0	18.2	21.0	**8.0**	71.6	78.9	**12.0**	94.0	96.3	**16.0**	98.4	100
.1	18.9	21.8	.1	73.5	80.2	.1	94.2	96.4	.		
.2	19.7	22.5	.2	75.1	81.2	.2	94.4	96.5			
.3	20.4	23.2	.3	76.4	82.2	.3	94.5	96.6			
.4	21.0	24.0	.4	77.7	83.1	.4	94.6	96.7			
.5	21.7	24.8	.5	79.0	84.0	.5	94.8	96.8			
.6	22.4	25.6	.6	80.2	84.8	.6	95.0	96.9			
.7	23.1	26.4	.7	81.2	85.3	.7	95.1	97.0			
.8	23.8	27.2	.8	82.0	86.1	.8	95.2	97.1			
.9	24.6	28.0	.9	82.8	86.7	.9	95.4	97.2			
5.0	25.4	28.9	**9.0**	83.6	87.2	**13.0**	95.6	97.3			
.1	26.2	29.7	.1	84.3	87.8	.1	95.7	97.4			
2	27.0	30.5	.2	85.0	88.3	.2	95.8	97.5			
.3	27.8	31.3	.3	85.6	88.8	.3	95.9	97.6			
.4	28.6	32.1	.4	86.2	89.3	.4	96.0	97.7			
.5	29.5	33.0	.5	86.7	89.8	.5	96.1	97.8			
.6	30.3	34.0	.6	87.2	90.2	.6	96.2	98.0			
.7	31.1	35.0	.7	87.7	90.7	.7	96.3	98.1			
.8	31,8	36.0	.8	88.2	91.1	.8	96.4	98.2			
.9	32,6	37.0	.9	88.6	91.4	.9	96.5	98.3			
6.0	33.6	38.0	**10.0**	89.0	91.8	**14.0**	96.6	98.3			
.1	34.7	39.1	.1	89.3	92.1	.1	96.7	98.4			
.2	35.8	40.2	.2	89.7	92.3	.2	96.8	98.5			
.3	36.9	41.3	.3	90.0	92.6	.3	96.9	98.6			
.4	38.0	42.5	.4	90.3	92.9	.4	97.0	98.7			
.5	39.2	43.9	.5	90.6	93.2	.5	97.1	98.8			
.6	40.6	45.2	.6	91.0	93.5	.6	97.2	98.9			
.7	42.0	46.7	.7	91.3	93.7	.7	97.3	99.0			
.8	43.6	48.0	.8	91.6	94.0	.8	97.4	99.1			
.9	45.1	49.5	.9	91.8	94.2	.9	97.5	99.1			

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

Tabla 6 – Ubicación de cada individuo a cada uno de los clusters para el método de Demirjian

El presente anexo indica la ubicación de cada individuo (case number) a cada uno de los dos clusters retenidos (cluster membership) para los siete dientes medidos por el método de Demirjian. La distancia (distance) permite evaluar el grado de semejanza de cada observación en relación al centro del respectivo clúster.

Case Number	Cluster	Distance	Case Number	Cluster	Distance	Case Number	Cluster	Distance
1	1	1,250	275	1	1,551	549	1	1,330
2	3	3,336	276	1	1,250	550	1	1,013
3	3	3,039	277	1	1,551	551	1	,908
4	3	3,219	278	1	2,092	552	1	1,013
5	3	2,667	279	1	1,250	553	1	1,013
6	3	1,403	280	1	2,092	554	1	1,031
7	3	1,403	281	1	1,250	555	1	,852
8	3	3,219	282	1	1,551	556	1	1,013
9	3	2,009	283	1	2,092	557	1	1,033
10	3	3,600	284	1	1,551	558	1	,852
11	3	1,428	285	1	1,250	559	1	,852
12	3	2,808	286	1	1,551	560	1	1,644
13	3	1,403	287	1	2,092	561	1	1,013
14	3	2,615	288	1	1,551	562	1	,852
15	3	3,145	289	1	2,092	563	1	1,013
16	3	1,658	290	1	1,250	564	1	1,013
17	3	2,032	291	1	1,551	565	1	1,013
18	3	2,443	292	1	1,250	566	1	2,116
19	3	1,658	293	1	2,006	567	1	1,007
20	3	2,518	294	1	1,863	568	1	1,013
21	3	2,002	295	1	2,092	569	1	,994
22	3	2,342	296	1	1,863	570	1	2,935
23	2	3,172	297	1	1,738	571	3	2,217
24	3	,896	298	1	1,863	572	1	1,007
25	3	2,960	299	1	1,863	573	3	2,498
26	3	1,779	300	1	3,315	574	1	2,141
27	3	1,754	301	1	1,941	575	1	,852
28	1	1,530	302	1	1,863	576	1	1,013
29	3	2,342	303	3	2,966	577	1	1,013
30	3	1,913	304	1	2,072	578	1	1,013
31	3	1,249	305	1	1,013	579	1	1,033
32	1	1,144	306	1	1,013	580	1	1,757
33	1	1,489	307	1	1,013	581	1	1,013
34	3	2,779	308	1	,852	582	2	3,446
35	1	1,738	309	1	,852	583	1	,852
36	3	3,657	310	1	1,048	584	1	1,010
37	3	2,582	311	1	,852	585	3	2,442
38	1	1,118	312	1	1,702	586	1	,852
39	3	1,754	313	1	1,074	587	1	,990
40	3	2,492	314	1	,922	588	1	1,033
41	3	1,683	315	3	1,257	589	2	5,100
42	1	1,981	316	1	1,013	590	1	1,013
43	3	2,570	317	1	1,006	591	2	2,101
44	3	2,110	318	1	1,013	592	1	1,031
45	1	1,118	319	1	1,007	593	3	1,711

46	1	2,139	320	1	1,013	594	3	2,130
47	1	2,186	321	1	,852	595	3	1,735
48	1	2,413	322	1	,843	596	2	1,531
49	1	1,607	323	3	2,077	597	1	,951
50	1	2,498	324	1	,926	598	1	1,007
51	1	2,457	325	1	1,943	599	1	1,010
52	1	1,144	326	3	2,211	600	1	2,058
53	1	1,253	327	1	,852	601	1	,852
54	1	1,341	328	1	,852	602	1	1,007
55	1	2,136	329	1	1,698	603	3	2,724
56	1	1,033	330	1	1,049	604	1	,843
57	1	1,258	331	1	1,011	605	3	1,893
58	1	1,107	332	1	,936	606	1	,852
59	1	2,020	333	1	1,011	607	1	,852
60	2	3,259	334	1	1,010	608	1	1,035
61	1	2,371	335	1	1,011	609	3	2,274
62	1	1,176	336	3	2,274	610	1	1,013
63	1	1,176	337	3	2,251	611	3	2,534
64	1	2,371	338	1	1,007	612	3	2,211
65	1	2,716	339	1	,852	613	1	1,013
66	3	1,913	340	1	1,013	614	1	1,007
67	1	1,028	341	1	1,033	615	3	2,295
68	1	1,176	342	1	,908	616	1	1,013
69	1	1,530	343	1	,843	617	1	,908
70	1	2,139	344	1	,873	618	1	1,698
71	1	2,186	345	1	1,013	619	3	3,343
72	1	1,005	346	1	,852	620	1	1,007
73	1	1,278	347	3	2,538	621	1	1,007
74	1	2,139	348	1	2,163	622	1	,852
75	1	1,250	349	1	1,007	623	1	,852
76	3	3,162	350	1	1,013	624	1	1,462
77	3	2,371	351	1	1,007	625	2	1,745
78	1	1,738	352	1	1,698	626	3	2,537
79	1	1,028	353	1	2,058	627	1	,852
80	1	2,022	354	1	1,013	628	1	1,013
81	1	1,931	355	1	1,330	629	1	1,013
82	1	1,250	356	3	2,558	630	1	,852
83	1	1,738	357	1	1,698	631	1	,908
84	1	2,092	358	3	2,696	632	1	1,013
85	3	2,032	359	3	1,960	633	1	1,013
86	1	1,863	360	1	2,068	634	3	2,230
87	3	2,096	361	2	2,185	635	1	,922
88	1	1,250	362	1	2,130	636	1	1,007
89	1	2,371	363	3	2,887	637	1	1,013
90	3	2,949	364	1	1,317	638	1	1,013
91	3	,896	365	3	1,867	639	1	1,007
92	1	1,107	366	3	2,274	640	1	,994
93	1	1,250	367	1	2,393	641	1	,852
94	1	1,738	368	1	,994	642	1	,908
95	1	1,863	369	3	2,130	643	3	1,579
96	3	1,428	370	3	1,579	644	1	1,007
97	1	1,250	371	2	2,204	645	3	2,228
98	3	1,392	372	1	1,691	646	1	,852
99	1	1,028	373	3	1,895	647	1	1,033
100	1	1,551	374	2	4,052	648	1	1,013
101	2	2,749	375	1	1,757	649	2	2,532
102	1	2,006	376	1	1,011	650	1	,843
103	1	1,118	377	3	2,960	651	1	1,317
104	3	1,392	378	1	1,033	652	1	,908
105	1	2,092	379	3	2,625	653	3	2,228

106	1	1,139	380	1	1,644	654	1	1,007
107	1	1,863	381	3	1,895	655	1	1,013
108	1	1,250	382	3	1,930	656	1	,852
109	1	2,106	383	3	2,165	657	1	1,013
110	1	1,005	384	3	2,026	658	1	,852
111	3	1,979	385	3	1,733	659	1	1,013
112	1	1,250	386	2	1,958	660	1	1,007
113	3	2,443	387	1	1,304	661	1	1,013
114	1	1,863	388	3	1,603	662	1	,996
115	1	1,863	389	3	1,257	663	1	,908
116	3	1,796	390	3	2,176	664	1	1,013
117	1	,993	391	1	2,133	665	1	1,013
118	1	2,246	392	1	1,219	666	1	,908
119	1	1,164	393	3	2,329	667	1	1,013
120	1	2,413	394	1	1,462	668	1	1,013
121	3	3,011	395	3	2,495	669	1	,846
122	1	2,092	396	3	1,733	670	1	1,007
123	3	2,009	397	3	2,339	671	3	1,919
124	1	1,854	398	3	2,211	672	1	,852
125	3	1,754	399	2	1,987	673	2	3,886
126	1	1,863	400	1	2,068	674	1	1,013
127	1	1,738	401	1	1,011	675	1	1,013
128	1	1,028	402	3	2,891	676	1	1,013
129	1	1,250	403	3	2,445	677	1	,908
130	3	2,338	404	1	1,878	678	1	,908
131	1	2,139	405	1	1,011	679	1	1,013
132	1	2,186	406	3	4,011	680	1	1,013
133	1	1,069	407	1	2,401	681	2	2,119
134	1	1,028	408	3	2,230	682	1	1,013
135	1	1,278	409	3	3,479	683	1	,852
136	1	1,951	410	3	1,867	684	1	1,013
137	1	1,250	411	1	1,317	685	1	1,007
138	1	1,946	412	3	2,952	686	1	,852
139	3	1,862	413	3	1,867	687	1	1,013
140	3	3,161	414	3	2,230	688	1	2,050
141	1	1,567	415	1	1,033	689	1	,852
142	1	1,841	416	3	1,257	690	1	1,013
143	1	2,019	417	1	1,011	691	1	,852
144	3	1,927	418	3	2,664	692	1	1,013
145	1	1,821	419	3	2,722	693	1	,852
146	1	1,028	420	1	1,702	694	1	1,390
147	3	2,197	421	1	1,702	695	3	1,232
148	2	3,375	422	3	1,309	696	1	1,007
149	3	1,514	423	3	2,211	697	3	2,245
150	1	1,194	424	1	1,754	698	1	,908
151	1	1,250	425	1	1,503	699	1	,908
152	1	2,233	426	3	2,077	700	3	2,274
153	1	1,492	427	3	1,579	701	1	,961
154	3	3,716	428	1	1,330	702	3	2,317
155	1	2,006	429	2	2,140	703	1	,852
156	1	1,028	430	3	2,735	704	1	1,007
157	1	2,092	431	1	1,088	705	1	1,007
158	1	1,250	432	1	,994	706	1	,852
159	1	1,250	433	1	,852	707	1	1,013
160	3	1,403	434	3	1,347	708	1	,994
161	3	2,393	435	3	1,892	709	1	,852
162	1	1,250	436	1	1,013	710	1	1,013
163	1	1,250	437	1	,852	711	1	,852
164	3	2,779	438	3	2,191	712	1	1,013
165	3	1,428	439	1	1,007	713	1	,852

166	1	1,863	440	1	1,007	714	1	,873
167	1	1,250	441	1	,852	715	1	1,013
168	1	1,028	442	1	1,013	716	1	,852
169	1	1,028	443	1	,852	717	1	,843
170	1	1,863	444	1	1,007	718	1	1,035
171	1	1,028	445	1	,852	719	1	,908
172	1	2,139	446	1	,852	720	1	,843
173	1	1,159	447	1	,852	721	1	1,073
174	1	1,107	448	1	,852	722	1	,987
175	1	1,250	449	1	,852	723	1	1,754
176	3	1,403	450	1	,852	724	1	1,843
177	1	1,250	451	1	,852	725	1	1,007
178	3	3,145	452	1	,852	726	1	1,013
179	3	1,403	453	1	,908	727	3	2,101
180	3	1,683	454	1	1,013	728	1	2,141
181	3	3,785	455	1	,843	729	1	1,049
182	3	1,913	456	1	1,007	730	1	,873
183	1	1,863	457	3	1,579	731	1	1,830
184	1	2,006	458	1	1,033	732	1	,873
185	1	1,821	459	1	,908	733	1	1,754
186	1	1,863	460	1	,852	734	1	1,533
187	1	2,006	461	1	,852	735	1	2,058
188	1	1,741	462	1	,852	736	1	1,006
189	1	1,128	463	1	1,013	737	1	1,007
190	1	1,473	464	1	,852	738	1	2,397
191	1	1,144	465	1	,852	739	1	1,010
192	1	1,250	466	1	,852	740	1	1,174
193	1	1,960	467	1	,852	741	1	,994
194	1	1,164	468	1	1,007	742	1	1,010
195	1	1,250	469	1	1,007	743	1	2,154
196	1	1,567	470	1	1,007	744	1	,908
197	1	1,784	471	1	1,013	745	1	,908
198	1	1,164	472	3	1,867	746	1	,852
199	1	1,473	473	1	,852	747	1	,908
200	1	1,559	474	1	1,013	748	1	1,013
201	1	1,492	475	1	1,013	749	1	1,035
202	1	,926	476	3	2,102	750	1	1,007
203	1	1,586	477	1	,852	751	1	1,013
204	1	2,019	478	1	1,007	752	1	1,007
205	1	1,836	479	1	1,007	753	1	1,007
206	1	1,738	480	1	1,013	754	1	,873
207	1	2,019	481	2	1,736	755	1	,843
208	1	2,579	482	1	,852	756	1	,843
209	1	1,863	483	1	1,007	757	1	,843
210	1	1,863	484	3	1,895	758	1	,843
211	1	1,863	485	3	1,579	759	1	1,013
212	1	1,863	486	1	1,013	760	1	,908
213	1	1,821	487	1	1,013	761	1	1,007
214	1	1,250	488	1	,908	762	1	1,013
215	1	1,551	489	1	,908	763	1	,951
216	1	1,250	490	1	1,007	764	1	1,013
217	1	1,250	491	1	1,013	765	1	,922
218	1	1,164	492	1	,852	766	3	2,489
219	1	2,006	493	1	1,033	767	3	2,489
220	1	2,250	494	1	1,007	768	3	2,299
221	1	2,006	495	1	1,033	769	2	2,899
222	1	2,006	496	1	1,013	770	1	,908
223	1	1,863	497	1	,908	771	3	2,735
224	1	1,250	498	1	1,033	772	1	1,013
225	1	1,250	499	1	1,011	773	1	1,013

226	1	1,250	500	1	1,013	774	1	1,013
227	1	1,551	501	1	1,057	775	1	1,013
228	1	1,139	502	1	,922	776	1	1,013
229	3	1,392	503	1	1,013	777	1	,852
230	3	2,551	504	1	1,013	778	1	,908
231	3	2,551	505	1	1,013	779	1	,908
232	3	4,146	506	3	1,867	780	1	,908
233	3	2,960	507	1	1,013	781	1	,852
234	1	1,863	508	1	,852	782	1	,793
235	1	1,863	509	1	1,013	783	2	2,613
236	1	1,863	510	3	1,232	784	3	2,952
237	1	1,931	511	1	1,033	785	3	2,952
238	2	2,627	512	1	,852	786	3	3,779
239	3	3,145	513	1	,852	787	3	2,724
240	3	3,145	514	3	2,952	788	1	,908
241	3	3,354	515	1	1,013	789	1	2,357
242	3	3,716	516	1	1,013	790	1	,953
243	2	3,002	517	2	2,226	791	1	,994
244	3	2,362	518	1	,852	792	1	,852
245	2	3,772	519	1	1,013	793	2	2,386
246	3	,896	520	1	1,013	794	2	2,300
247	3	2,009	521	1	,852	795	2	3,131
248	1	1,492	522	1	,852	796	2	1,927
249	3	2,131	523	1	1,013	797	3	2,421
250	1	2,413	524	1	1,013	798	2	2,511
251	1	2,139	525	2	1,861	799	3	2,230
252	1	2,139	526	3	1,867	800	1	,994
253	1	2,008	527	2	3,259	801	1	1,551
254	1	1,164	528	3	1,960	802	1	1,250
255	1	2,139	529	2	3,483	803	1	1,250
256	1	2,019	530	3	2,077	804	1	1,250
257	1	1,863	531	1	,843	805	1	2,092
258	1	2,006	532	1	,908	806	1	1,551
259	1	1,250	533	1	,852	807	1	1,863
260	1	2,006	534	1	,852	808	1	1,250
261	1	1,250	535	1	,852	809	3	2,168
262	3	1,428	536	1	,852	810	3	1,658
263	1	2,092	537	1	,908	811	3	3,401
264	1	2,092	538	1	1,013	812	3	2,342
265	1	1,250	539	3	2,022	813	3	2,422
266	1	2,092	540	1	1,007	814	1	1,473
267	1	1,551	541	1	1,011	815	3	2,586
268	1	1,250	542	1	1,013	816	1	2,154
269	1	1,551	543	1	1,013	817	3	1,754
270	1	1,863	544	1	1,013	818	1	1,145
271	1	2,092	545	1	1,013	819	1	1,473
272	1	1,738	546	1	1,013	820	3	2,341
273	1	1,863	547	1	,852	821	1	2,498
274	1	2,092	548	1	1,013			

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

Tabla 7 – Ubicación de cada individuo a cada uno de los clusters para el método de Nolla

El presente anexo indica la ubicación de cada individuo (case number) a cada uno de los dos clusters retenidos (cluster membership) para los siete dientes medidos por el método de Nolla. La distancia (distance) permite evaluar el grado de semejanza de cada observación en relación al centro del respectivo clúster.

Case Number	Cluster	Distance	Case Number	Cluster	Distance	Case Number	Cluster	Distance
1	1	,580	275	1	,580	549	2	1,766
2	2	1,647	276	1	,580	550	1	,845
3	2	1,291	277	1	,845	551	1	,580
4	2	3,290	278	1	,845	552	1	,845
5	2	1,507	279	1	,580	553	1	,845
6	2	1,497	280	1	,845	554	1	1,173
7	2	1,363	281	1	,580	555	1	,845
8	2	1,341	282	1	,580	556	1	,845
9	2	2,013	283	1	,580	557	1	,865
10	2	1,395	284	1	,845	558	1	,845
11	2	1,242	285	1	,580	559	1	,706
12	2	1,342	286	1	,845	560	1	2,414
13	2	1,231	287	1	,845	561	1	,580
14	2	1,352	288	1	,845	562	1	,845
15	2	1,932	289	1	,845	563	1	,845
16	2	1,363	290	1	,580	564	1	,845
17	2	,854	291	1	,845	565	1	,706
18	2	2,549	292	1	,580	566	2	1,686
19	2	,904	293	1	,686	567	1	,580
20	2	,837	294	1	,580	568	1	,845
21	2	,964	295	1	,845	569	1	,613
22	2	,753	296	1	,580	570	2	1,468
23	2	3,783	297	1	,580	571	2	2,460
24	2	1,231	298	1	,580	572	1	,580
25	2	1,314	299	1	,580	573	2	2,121
26	2	1,248	300	1	,998	574	2	2,403
27	2	,946	301	1	,706	575	1	,845
28	2	1,307	302	1	,580	576	1	,580
29	2	,841	303	1	1,673	577	1	,845
30	2	1,465	304	2	2,549	578	1	,845

31	2	1,870	305	1	,845	579	1	,462
32	1	2,461	306	1	,845	580	1	2,406
33	1	2,408	307	1	,845	581	1	,845
34	2	2,143	308	1	,845	582	2	7,528
35	2	2,193	309	1	,845	583	1	,845
36	2	2,271	310	1	1,637	584	1	1,063
37	2	2,250	311	1	,845	585	2	2,174
38	1	1,998	312	1	2,461	586	1	,706
39	2	1,231	313	1	,913	587	1	,613
40	2	2,013	314	1	1,342	588	1	1,057
41	2	1,969	315	2	,998	589	2	11,187
42	2	1,218	316	1	,845	590	1	,580
43	2	2,549	317	1	,845	591	2	6,466
44	2	2,113	318	1	,845	592	1	1,164
45	1	1,670	319	1	,580	593	2	,818
46	1	1,327	320	1	,845	594	2	,982
47	1	2,134	321	1	,845	595	2	2,106
48	2	2,564	322	1	,617	596	2	3,844
49	2	2,109	323	2	1,578	597	1	1,174
50	1	2,300	324	1	1,456	598	1	,670
51	2	2,281	325	2	1,578	599	1	,998
52	2	2,518	326	2	1,919	600	1	2,499
53	2	2,518	327	1	,821	601	1	,845
54	2	2,417	328	1	,845	602	1	,462
55	1	1,456	329	1	2,134	603	2	1,765
56	1	2,625	330	1	,535	604	1	1,539
57	1	,913	331	1	1,230	605	2	,989
58	1	1,342	332	1	1,539	606	1	,686
59	1	2,418	333	1	1,539	607	1	,845
60	2	1,905	334	1	,865	608	1	,580
61	2	2,124	335	1	1,523	609	2	,818
62	1	1,637	336	2	1,439	610	1	,462
63	1	1,989	337	2	,854	611	2	2,426
64	1	2,134	338	1	,845	612	2	1,438
65	2	1,578	339	1	,845	613	1	,580
66	2	1,578	340	1	,580	614	1	,580
67	1	,617	341	1	,580	615	2	1,969
68	1	1,914	342	1	,462	616	1	,845
69	1	1,877	343	1	,613	617	1	,580
70	1	1,477	344	1	,670	618	2	1,935
71	1	2,685	345	1	,845	619	2	1,747

72	1	1,827	346	1	,845	620	1	,580
73	1	,859	347	2	1,655	621	1	,845
74	1	1,670	348	2	1,924	622	1	,845
75	1	,535	349	1	,580	623	1	,845
76	1	2,072	350	1	,845	624	1	1,431
77	2	1,166	351	1	,845	625	2	5,949
78	1	,438	352	2	2,427	626	2	2,984
79	1	,535	353	1	1,986	627	1	,845
80	1	1,539	354	1	,845	628	1	,845
81	1	,617	355	1	2,685	629	1	,845
82	1	,640	356	2	2,549	630	1	,845
83	1	,613	357	2	2,564	631	1	,845
84	1	,845	358	2	2,013	632	1	,845
85	2	1,969	359	2	1,969	633	1	,845
86	1	,613	360	2	2,341	634	2	2,214
87	2	1,371	361	2	3,290	635	1	1,327
88	1	,613	362	2	2,417	636	1	,580
89	1	1,431	363	2	1,341	637	1	,845
90	2	2,984	364	1	1,998	638	1	,845
91	2	2,214	365	2	1,497	639	1	,580
92	1	1,327	366	2	2,013	640	1	,462
93	1	,580	367	1	1,877	641	1	,845
94	1	,462	368	1	,438	642	1	,580
95	1	,580	369	2	1,307	643	2	,855
96	2	,855	370	2	2,193	644	1	,580
97	1	,580	371	2	1,905	645	2	,836
98	2	,836	372	1	2,625	646	1	,845
99	1	,462	373	2	2,143	647	1	,462
100	1	,580	374	2	2,690	648	1	,580
101	2	4,290	375	1	2,418	649	2	4,290
102	1	,613	376	1	1,477	650	1	,613
103	2	1,468	377	2	1,342	651	2	1,468
104	2	1,243	378	1	,617	652	1	,613
105	1	,580	379	2	1,166	653	2	1,243
106	1	1,327	380	1	,859	654	1	,580
107	1	,580	381	2	2,621	655	1	,845
108	1	,580	382	2	1,248	656	1	,580
109	2	2,017	383	2	2,113	657	1	,580
110	1	1,667	384	2	1,870	658	1	,845
111	2	1,175	385	2	1,363	659	1	,580
112	1	,580	386	2	3,964	660	1	,580

113	2	2,529	387	1	1,827	661	1	,845
114	1	,462	388	2	,941	662	1	1,327
115	1	,706	389	2	,753	663	1	,580
116	2	1,175	390	2	1,218	664	1	,845
117	1	,613	391	1	2,408	665	1	,845
118	2	1,283	392	1	1,101	666	1	,580
119	1	,998	393	2	1,352	667	1	,580
120	2	1,935	394	2	2,124	668	1	,845
121	2	1,747	395	2	,854	669	1	,845
122	1	,580	396	2	,904	670	1	,580
123	2	,818	397	2	2,549	671	2	1,371
124	2	2,426	398	2	1,231	672	1	,580
125	2	1,438	399	2	3,783	673	2	6,399
126	1	,580	400	1	2,300	674	1	,845
127	1	,613	401	1	1,989	675	1	,845
128	1	,462	402	2	1,507	676	1	,845
129	1	,462	403	2	1,275	677	1	,580
130	2	1,305	404	2	2,281	678	1	,845
131	1	1,327	405	1	1,670	679	1	,845
132	2	1,766	406	2	1,395	680	1	,845
133	1	1,173	407	2	2,109	681	2	2,938
134	1	,865	408	2	1,231	682	1	,845
135	1	2,414	409	2	1,647	683	1	,845
136	2	1,686	410	2	1,363	684	1	,845
137	1	,580	411	1	1,670	685	1	,580
138	2	1,468	412	2	1,932	686	1	,845
139	2	2,460	413	2	1,231	687	1	,845
140	2	2,121	414	2	1,336	688	2	2,017
141	2	2,403	415	1	,535	689	1	,845
142	1	2,406	416	2	,841	690	1	,845
143	1	1,063	417	1	1,327	691	1	,845
144	2	2,174	418	2	1,291	692	1	,845
145	1	,613	419	2	2,271	693	1	,828
146	1	1,057	420	2	2,518	694	1	1,667
147	2	2,106	421	2	2,518	695	2	1,175
148	2	3,844	422	2	,837	696	1	,580
149	2	,989	423	2	,946	697	2	2,529
150	1	1,174	424	1	1,998	698	1	,462
151	1	,670	425	1	1,914	699	1	,706
152	1	,998	426	2	1,465	700	2	1,175
153	1	2,499	427	2	1,242	701	1	,613

154	2	1,765	428	1	2,134	702	2	1,283
155	1	1,539	429	2	3,680	703	1	,845
156	1	,462	430	2	1,314	704	1	,613
157	1	,845	431	1	1,539	705	1	,580
158	1	,462	432	1	,613	706	1	,845
159	1	,580	433	1	,845	707	1	,845
160	2	1,288	434	2	2,250	708	1	,613
161	2	2,550	435	2	1,339	709	1	,845
162	1	,580	436	1	,845	710	1	,845
163	1	,580	437	1	,845	711	1	,845
164	2	2,332	438	1	2,072	712	1	,845
165	2	1,188	439	1	,535	713	1	,845
166	1	,580	440	1	,580	714	1	,998
167	1	,462	441	1	,845	715	1	,580
168	1	,462	442	1	,845	716	1	,580
169	1	,462	443	1	,580	717	1	,998
170	1	,706	444	1	,580	718	1	1,635
171	1	,462	445	1	,845	719	1	,613
172	1	1,667	446	1	,845	720	1	,686
173	1	,821	447	1	,580	721	1	,731
174	1	1,063	448	1	,845	722	1	1,984
175	1	,580	449	1	,845	723	2	2,446
176	2	1,373	450	1	,845	724	2	2,064
177	1	,580	451	1	,845	725	1	,810
178	2	1,940	452	1	,845	726	1	,845
179	2	1,305	453	1	1,039	727	1	2,474
180	2	1,439	454	1	,845	728	1	,998
181	2	2,086	455	1	,834	729	1	,462
182	2	1,288	456	1	,640	730	1	1,667
183	1	,580	457	2	1,294	731	1	1,711
184	1	,998	458	1	,462	732	1	,889
185	1	1,635	459	1	,845	733	2	2,306
186	1	,613	460	1	,845	734	1	1,824
187	1	,686	461	1	,845	735	2	1,175
188	1	,731	462	2	,000	736	1	1,419
189	1	1,984	463	1	,845	737	1	,462
190	2	2,446	464	1	,845	738	2	2,063
191	2	2,064	465	1	,845	739	1	,613
192	1	,810	466	1	,845	740	1	,821
193	1	2,474	467	1	,845	741	1	,462
194	1	,998	468	1	,462	742	1	,613

195	1	,462	469	1	,580	743	1	,834
196	1	1,667	470	1	,580	744	1	,580
197	1	1,711	471	1	,580	745	1	,613
198	1	,889	472	2	1,288	746	1	,462
199	2	2,306	473	1	,580	747	1	,462
200	1	1,824	474	1	,845	748	1	,845
201	2	1,175	475	1	,845	749	1	,462
202	1	1,419	476	2	2,550	750	1	,580
203	2	2,063	477	1	,845	751	1	,845
204	1	,613	478	1	,580	752	1	,706
205	1	,821	479	1	,580	753	1	,580
206	1	,462	480	1	,845	754	1	,913
207	1	,613	481	2	3,917	755	1	,462
208	1	,613	482	1	,845	756	1	,462
209	1	,580	483	1	,580	757	1	,462
210	1	,613	484	2	2,332	758	1	,686
211	1	,462	485	2	1,188	759	1	,845
212	1	,462	486	1	,845	760	1	,580
213	1	,462	487	1	,845	761	1	,580
214	1	,580	488	1	,580	762	1	,845
215	1	,845	489	1	,845	763	1	,462
216	1	,706	490	1	,462	764	1	,462
217	1	,580	491	1	,845	765	1	,462
218	1	,913	492	1	,845	766	2	1,655
219	1	,462	493	1	,462	767	2	2,898
220	1	,462	494	1	,845	768	2	1,243
221	1	,462	495	1	,462	769	2	1,445
222	1	,686	496	1	,845	770	1	,580
223	1	,580	497	1	,706	771	2	1,960
224	1	,580	498	1	,462	772	1	,845
225	1	,580	499	1	1,667	773	1	,845
226	1	,580	500	1	,845	774	1	,845
227	1	,462	501	1	,821	775	1	,845
228	1	,462	502	1	1,063	776	1	,580
229	2	1,655	503	1	,845	777	1	,845
230	2	2,898	504	1	,845	778	1	,580
231	2	1,243	505	1	,580	779	1	,580
232	2	1,445	506	2	1,373	780	1	,462
233	2	1,960	507	1	,845	781	1	,845
234	1	,580	508	1	,845	782	1	,462
235	1	,580	509	1	,580	783	2	4,326

236	1	,462	510	2	1,540	784	2	3,853
237	1	,462	511	1	,580	785	2	2,974
238	2	4,326	512	1	,845	786	2	2,378
239	2	3,853	513	1	,845	787	2	3,010
240	2	2,974	514	2	1,940	788	1	,580
241	2	2,378	515	1	,845	789	1	,998
242	2	3,010	516	1	,845	790	1	,706
243	2	3,858	517	2	3,953	791	1	,580
244	2	2,011	518	1	,845	792	1	,580
245	2	2,967	519	1	,845	793	2	6,428
246	2	1,012	520	1	,845	794	2	6,428
247	2	1,439	521	1	,845	795	2	9,046
248	1	1,986	522	1	,845	796	2	3,858
249	2	1,655	523	1	,845	797	2	2,011
250	2	2,427	524	1	,845	798	2	2,953
251	1	1,539	525	2	4,858	799	2	1,012
252	1	1,230	526	2	1,305	800	1	,580
253	1	1,539	527	2	3,920	801	1	,845
254	1	,670	528	2	1,439	802	1	,580
255	1	1,523	529	2	2,086	803	1	,845
256	1	,865	530	2	1,288	804	1	,580
257	1	,580	531	1	,686	805	1	,845
258	1	,613	532	1	,580	806	1	,845
259	1	,580	533	1	,580	807	1	1,039
260	1	,834	534	1	,845	808	1	,580
261	1	,640	535	1	,845	809	2	,854
262	2	1,294	536	1	,845	810	2	1,336
263	1	,821	537	1	,580	811	2	1,275
264	1	,845	538	1	,845	812	2	,998
265	1	,580	539	2	1,305	813	2	1,339
266	1	,845	540	1	,580	814	2	2,549
267	1	,845	541	1	1,327	815	2	2,621
268	1	,580	542	1	,580	816	2	1,924
269	1	,845	543	1	,845	817	2	1,919
270	1	,580	544	1	,845	818	1	1,101
271	1	,845	545	1	,845	819	1	1,998
272	1	,613	546	1	,845	820	1	1,673
273	1	,580	547	1	,845	821	2	2,341
274	1	,686	548	1	,580			

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

Tabla 8 – Edad prevista en meses por el método de Demirjian

Edad prevista, frecuencias absolutas y frecuencias acumuladas según el método de Demirjian.

Edad prevista	Frecuencia absoluta	Frecuencia acumulada	Edad prevista	Frecuencia absoluta	Frecuencia acumulada	Edad prevista	Frecuencia absoluta	Frecuencia acumulada
-33,65	1	,1	113,82	1	13,7	152,47	3	32,2
-26,19	1	,2	114,16	1	13,8	152,80	2	32,4
-20,43	1	,4	116,53	11	15,1	152,80	4	32,9
-9,24	1	,5	117,21	1	15,2	153,14	1	33,0
-4,83	1	,6	118,23	1	15,4	153,48	4	33,5
4,66	1	,7	118,57	1	15,5	154,16	2	33,8
5,00	1	,9	118,90	4	16,0	154,16	3	34,1
11,10	1	1,0	120,60	1	16,1	154,50	3	34,5
13,14	1	1,1	121,28	4	16,6	154,84	4	35,0
14,49	2	1,3	121,95	1	16,7	155,52	4	35,5
17,54	1	1,5	122,29	4	17,2	155,52	1	35,6
18,56	1	1,6	122,97	1	17,3	156,19	4	36,1
19,24	1	1,7	125,35	3	17,7	156,53	3	36,5
27,04	1	1,8	125,68	1	17,8	156,87	8	37,4
28,05	1	2,0	125,68	1	17,9	157,21	1	37,6
30,43	1	2,1	126,02	6	18,7	157,21	5	38,2
31,10	1	2,2	127,04	1	18,8	158,23	1	38,3
35,51	1	2,3	127,38	1	18,9	158,23	4	38,8
36,53	1	2,4	128,40	1	19,0	158,23	1	38,9
36,87	1	2,6	131,11	1	19,1	158,57	1	39,0
38,56	1	2,7	131,45	5	19,8	158,91	1	39,1
40,26	1	2,8	131,79	2	20,0	159,25	3	39,5
41,27	1	2,9	132,13	3	20,4	159,25	1	39,6
41,61	1	3,0	132,13	1	20,5	159,58	4	40,1
42,97	1	3,2	132,46	4	21,0	159,58	1	40,2
54,83	1	3,3	132,80	4	21,5	159,92	1	40,4
63,65	2	3,5	133,48	1	21,6	159,92	3	40,7
63,99	1	3,7	133,82	4	22,1	160,26	3	41,1
65,00	1	3,8	134,16	1	22,2	160,60	1	41,2
65,68	1	3,9	134,50	1	22,3	160,94	12	42,7
66,70	1	4,0	135,18	1	22,4	161,28	1	42,8
67,38	1	4,1	135,85	2	22,7	162,30	1	42,9
68,05	1	4,3	135,85	4	23,2	162,30	4	43,4
72,12	2	4,5	136,19	1	23,3	162,64	9	44,5
73,14	2	4,8	136,19	1	23,4	163,31	1	44,6
76,53	4	5,2	136,53	3	23,8	163,65	3	45,0

Edad prevista	Frecuencia absoluta	Frecuencia acumulada	Edad prevista	Frecuencia absoluta	Frecuencia acumulada	Edad prevista	Frecuencia absoluta	Frecuencia acumulada
76,53	1	5,4	137,21	3	24,1	163,99	4	45,5
80,60	2	5,6	137,89	1	24,3	163,99	1	45,6
80,94	4	6,1	138,57	1	24,4	164,33	1	45,7
80,94	1	6,2	138,57	1	24,5	164,33	3	46,1
82,29	1	6,3	138,90	1	24,6	164,67	1	46,2
83,99	1	6,5	139,24	1	24,8	165,35	1	46,3
84,33	1	6,6	139,58	2	25,0	165,35	5	47,0
84,33	2	6,8	139,92	1	25,1	166,02	5	47,6
84,67	1	7,0	140,26	2	25,4	166,02	1	47,7
86,02	3	7,3	140,26	1	25,5	166,03	2	47,9
86,36	1	7,4	140,60	1	25,6	166,36	1	48,0
88,05	2	7,7	140,94	2	25,9	166,70	8	49,0
88,73	1	7,8	141,28	1	26,0	166,70	1	49,1
89,41	1	7,9	141,28	1	26,1	167,04	3	49,5
90,43	1	8,0	141,62	1	26,2	167,38	1	49,6
92,46	1	8,2	141,62	1	26,3	167,72	13	51,2
92,80	2	8,4	142,30	1	26,5	167,72	6	52,0
94,16	3	8,8	143,31	1	26,6	168,06	1	52,1
94,50	1	8,9	143,65	1	26,7	168,06	1	52,2
94,84	1	9,0	143,99	3	27,1	169,08	5	52,8
95,17	3	9,4	144,33	1	27,2	169,75	4	53,3
95,51	1	9,5	144,33	2	27,4	169,75	2	53,5
96,53	1	9,6	145,01	4	27,9	170,09	1	53,7
98,90	1	9,8	145,35	1	28,0	170,43	11	55,0
99,24	2	10,0	145,68	1	28,2	170,77	27	58,3
99,92	1	10,1	145,69	2	28,4	171,11	1	58,4
100,94	1	10,2	146,36	1	28,5	171,45	3	58,8
103,31	3	10,6	146,70	1	28,7	171,79	8	59,8
103,65	1	10,7	147,38	2	28,9	172,13	1	59,9
103,65	2	11,0	148,06	1	29,0	173,14	40	64,8
103,99	1	11,1	148,40	2	29,3	173,48	12	66,2
104,33	1	11,2	148,40	1	29,4	173,82	2	66,5
106,70	3	11,6	149,41	1	29,5	174,16	29	70,0
107,04	2	11,8	149,41	3	29,9	175,18	40	74,9
108,06	4	12,3	149,75	1	30,0	176,19	1	75,0
108,73	1	12,4	150,09	3	30,4	176,87	76	84,3
109,07	3	12,8	150,43	4	30,9	176,87	30	87,9
109,41	1	12,9	150,77	3	31,2	176,87	1	88,0
110,09	1	13,0	151,11	3	31,6	177,21	98	100,0
112,80	1	13,2	151,11	1	31,7			

Edad prevista	Frecuencia absoluta	Frecuencia acumulada	Edad prevista	Frecuencia absoluta	Frecuencia acumulada	Edad prevista	Frecuencia absoluta	Frecuencia acumulada
113,48	3	13,5	151,79	1	31,8			

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

Tabla 9 – Edad prevista en meses por el método de Nolla

Edad prevista, frecuencias absolutas y frecuencias acumuladas según el método de Nolla.

Edad prevista	Frecuencia absoluta	Frecuencia acumulada	Edad prevista	Frecuencia absoluta	Frecuencia acumulada	Edad prevista	Frecuencia absoluta	Frecuencia acumulada
-51,44	1	,1	78,70	6	7,3	133,65	10	33,7
-22,52	1	,2	81,59	5	7,9	136,54	8	34,7
-19,63	1	,4	84,48	4	8,4	139,43	9	35,8
,62	1	,5	87,38	8	9,4	142,33	8	36,8
9,29	3	,9	90,27	7	10,2	145,22	8	37,8
17,97	1	1,0	91,43	1	10,4	148,11	14	39,5
35,32	1	1,1	93,16	8	11,3	151,00	18	41,7
38,21	4	1,6	96,05	17	13,4	153,89	14	43,4
41,10	2	1,8	98,95	14	15,1	156,79	8	44,3
44,00	3	2,2	101,84	13	16,7	159,68	17	46,4
46,89	1	2,3	104,73	10	17,9	162,57	8	47,4
49,78	1	2,4	107,62	10	19,1	165,46	12	48,8
52,67	7	3,3	110,51	16	21,1	168,35	13	50,4
55,57	5	3,9	113,41	8	22,0	171,24	8	51,4
58,46	1	4,0	116,30	18	24,2	174,14	31	55,2
61,35	2	4,3	119,19	20	26,7	177,03	7	56,0
67,13	5	4,9	122,08	14	28,4	179,92	64	63,8
70,03	6	5,6	124,97	14	30,1	182,81	3	64,2
72,92	1	5,7	127,86	8	31,1	185,71	122	79,0
						191,49	172	100,0

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

ANEXOS DE ARTÍCULOS PUBLICADOS

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

Artículos publicados

Diz P, Limeres J, Salgado AFP, Tomás I, **Delgado LF**, Vázquez E, Feijoo JF (2011). Correlation between dental maturation and chronological age in patients with cerebral palsy, mental retardation, and Down syndrome. *Res DevDisabil*32(2):808-817 [IF (Thomson Reuters) JCR® 2013 2.735, 5 Year IF 2.869].

Tomás LF, Tomás, I, Varela-Patiño P, Salgado AFP, Mónico, LS, & Martin-Biedma, B (2014). Dental age estimation with Nolla method in a Spanish and Portuguese sample.*Sylwan*, *158*(8), 356-372 [IF (Thomson Reuters) JCR® 2013 0.295, 5 Year IF 0.251].

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

Research in Developmental Disabilities 32 (2011) 808–817

Contents lists available at ScienceDirect

Research in Developmental Disabilities

Correlation between dental maturation and chronological age in patients with cerebral palsy, mental retardation, and Down syndrome

P. Diz [a,*], J. Limeres [a], A.F.P. Salgado [a], I. Tomás [a], L.F. Delgado [a], E. Vázquez [b], J.F. Feijoo [a]

[a] Stomatology Department, School of Medicine and Dentistry, Santiago de Compostela University, c/ Entrerríos s/n, 15782 Santiago de Compostela, Spain
[b] Primary Care Health Center of Lérez (SERGAS), c/ Porta do Sol 35, 36005 Pontevedra, Spain

ARTICLE INFO

Article history:
Received 30 September 2010
Received in revised form 15 October 2010
Accepted 25 October 2010
Available online 30 November 2010

Keywords:
Chronological age
Dental age
Cerebral palsy
Mental retardation
Down syndrome

ABSTRACT

Determining a child's chronological age and stage of maturation is particularly important in fields such as paediatrics, orthopaedics, and orthodontics, as well as in forensic and anthropological studies. Some systemic conditions can cause abnormal physiological maturation, and skeletal maturation is usually more delayed than dental maturation. The aim of this study was to determine dental age in a group of patients with the most prevalent congenital or perinatally occurring physical and mental disabilities. The study group comprised 155 white Spanish children aged 3–17 years (35 with cerebral palsy, 83 with mental retardation and no associated syndromes or systemic conditions, and 37 with Down syndrome). The dental maturation indices described by Nolla and Demirjian were used to generate regression lines for the dental age of individuals in a control group (688 white Spanish children aged 3–17 years) and the formulae were then used to determine the dental age of patients in the study group. No significant differences were found between dental and chronological age in boys with cerebral palsy, mental retardation, or Down syndrome. In contrast, dental age (calculated from the linear regression model that included values for the Demirjian index) was significantly delayed compared with chronological age in girls with cerebral palsy or Down syndrome.
© 2010 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

1.1. Determination of chronological age

In the globalized world that we live in, administrative records of chronological age do not always correspond to biological reality in a given individual (Demirjian, Goldstein, & Tanner, 1973). Since age has social, legal, and penal implications, some degree of accuracy is required in its determination. Nevertheless, the number of cases in which a person's exact chronological age is unknown appears, somewhat paradoxically, to have increased in recent years, probably as a result of uncontrolled migration and an increase in the number of adoptions conducted across international borders.

In fields such as paediatrics, orthopaedics, and orthodontics, clinical diagnosis and initiation of the most appropriate treatment for certain diseases require accurate determination of chronological age; similarly, chronological age is a key variable in forensic and anthropological studies, particularly when only immature skeletal remains are available (Demirjian, Buschang, Tanguay, & Patterson, 1958; Green, 1961; Helm, 1990). Chronological age has been calculated using a variety of

* Corresponding author at: Special Needs Unit, School of Medicine and Dentistry, Santiago de Compostela University, R/ Entrerríos s/n, 15782 Santiago de Compostela, Spain. Tel.: +34 981582344; fax: +34 981562226.
E-mail addresses: pedro.diz@usc.es (P. Diz), jacobo.limeres@usc.es (J. Limeres), abelpsalgado@gmail.com (A.F.P. Salgado), inmaculada.tomas@usc.es (I. Tomás), delgadotomaz@gmail.com (L.F. Delgado), emmavazquezg@gmail.com (E. Vázquez), Javier.Fernandez.Feijoo@sergas.es (J.F. Feijoo).

0891-4222/$ – see front matter © 2010 Elsevier Ltd. All rights reserved.
doi:10.1016/j.ridd.2010.10.019

biometric tests in which values are compared with standard curves generated using data from large groups of healthy individuals. Skeletal and dental age, however, are now generally considered the most relevant indicators. It has been suggested that chronological age is more strongly correlated with tooth formation than with body dimensions or skeletal maturation (Lauterstein, 1961; Ubelaker, 1989), probably because skeletal age is more sensitive than dental age to environmental insults (Saunders, Hoppa, & Southern, 1993).

1.2. Dental age and chronological age

The use of teeth as a reference in legal proceedings is not new; in 1836, Thomson (1836) suggested that chronological age could be reliably determined based on the dental emergence profile, and a year later, Saunders (1837) proposed that teeth could be used to determine chronological age in order to unveil attempts by some parents to exploit child labor by falsifying the age of their children.

The chronology and sequence of tooth eruption are subject to large variations and influenced by factors such as caries, premature loss or prolonged retention of deciduous teeth, malposition of teeth, and dental ankylosis (Sierra, 1987). Dental maturation is less variable than dental eruption (Lamons & Gray, 1958) and is progressive, continuous, and cumulative. Consequently, estimation of dental age might prove useful throughout the period of growth of an individual (Prahl-Andersen, Kowalski, & Heyendael, 1979). Various methods have therefore been proposed for the radiographic analysis of chronological age based on mineralization of permanent teeth (Gustafson & Koch, 1974; Haavikko, 1970; Harris & Nortje, 1984; Kullman, Johanson, & Akesson, 1992; Liliequist & Lundberg, 1971); the techniques described by Nolla (1960) and Demirjian et al. (1973), however, have become particularly widespread in recent decades.

1.3. The importance of determining dental age in dentistry

The development of the dentofacial complex is a particularly important indicator for orthodontists and maxillofacial surgeons. Precise estimates of the degree of maturation of a child can help to determine the optimal time to begin orthopaedic treatment involving the application of extraoral force or the use of functional appliances (Athanasiou, Farsaris, & Zarrinnia, 1986; Coutinho, Buschang, & Miranda, 1993) and are also of use in making decisions about the removal of permanent teeth (Grave & Brown, 1976). Determination of bone maturation reveals the extent of agreement with craniofacial growth standards (Fishman, 1987); furthermore, it increases the predictability of the future growth of the facial skeleton, which is essential in order to guarantee success in the treatment of dentofacial deformities (Chertkow & Fatti, 1979). Analysis of dental calcification can be used to establish the ideal point at which to initiate orthodontic treatment, to determine the pace of treatment, to guarantee dental movement, and to assess the prognosis of the remaining teeth. It has been reported that tooth development is not a definitive indicator of peak pubertal development, and in addition to determining dental age, orthodontists must assess skeletal age before designing a treatment plan (Sahin Saglam & Gazilerli, 2002). Certain systemic conditions, however, can lead to abnormal physiological maturation (Coutinho et al., 1993) and it has been shown that skeletal maturation is more acutely delayed than dental maturation in patients with serious systemic diseases (Cardoso, 2007).

1.4. Aims

The literature contains very little information on dental age in patients with severe disabilities and data are unavailable for certain systemic conditions. The aim of this study was, therefore, to evaluate dental age in a group of patients with cerebral palsy, mental retardation, or Down syndrome, 3 of the most prevalent congenital or perinatally occurring physical and mental disabilities.

2. Methods

2.1. Selection of the control group

The control group was comprised of 688 white children and adolescents who attended the Paediatric Dentistry Unit in the Faculty of Medicine and Dentistry at the University of Santiago de Compostela, Spain. Selection was partially stratified to ensure that all age groups and both sexes were adequately represented. Age and sex were recorded for each participant and the following inclusion criteria were applied: chronological age between 3 and 17 years; no congenital syndromes with orofacial involvement; no existing or previous systemic disease that could affect orofacial development or dento-skeletal maturation; no existing or previous disease in which treatment could affect orofacial development or dentoskeletal maturation; no history of severe dental trauma; no history of maxillofacial surgery; no history of orthodontic or maxillary orthopaedic treatment; and availability of a high quality panoramic X-ray obtained on the day of the appointment or within the previous month.

2.2. Selection of the study group

The study group comprised 155 white patients who attended the Special Patients Unit of the Faculty of Medicine and Dentistry at the University of Santiago de Compostela. Age and sex were recorded for each patient and the following

inclusion criteria were applied: chronological age between 3 and 17 years; a confirmed diagnosis of cerebral palsy, mental retardation (not associated with any syndrome or systemic condition), or Down syndrome; no history of severe dental trauma; no history of maxillofacial surgery; no prior orthodontic or maxillary orthopaedic treatment; and availability of a high quality panoramic X-ray obtained on the day of the appointment or within the previous month.

2.3. Radiographic examination and calculation of dental age

2.3.1. Radiography

All panoramic X-rays were obtained with an Orthophos® orthopantomograph (Siemens, Munich, Germany) under similar conditions of brightness, contrast, and magnification (125%) and were printed on photographic paper measuring 15 cm × 30 cm (Kodak, Rochester, NY, USA). The following radiographic exclusion criteria were applied: poor resolution of dental structures due to lack of contrast, movement, or the presence of artifacts; impacted teeth; X-ray-opaque fillings or crowns; periapical disease; root canal treatment; significant dental rotation; and large areas of overlapping enamel between neighbouring teeth. The selected radiographs were photographed using a Canon PowerShot G3® digital camera (Canon, Amadora, Portugal), stored on an Asus Notebook F5 Series® computer (Asus, Lisbon, Portugal), and viewed with Adobe Photoshop CS2 software (version 9.0.2).

2.3.2. Control group

Radiographs were evaluated using the classic methods described by Nolla (1960) and Demirjian et al. (1973). The images from the control group were evaluated by 2 calibrated observers. Fifty X-rays were reviewed on 3 separate occasions at 4-week intervals and the interobserver and intraobserver variation were determined based on the intraclass correlation coefficient (Ferrante & Cameriere, 2009). The agreement was "almost perfect" (>0.8) in all determinations. During calibration, we found that the Nolla method could introduce elements of subjectivity and a slight modification of the originally proposed method was therefore introduced: when the interpretation of the X-ray fell between 2 grades ("between 2 levels of development"), a value of +0.5 was applied, and in no cases were the options of +0.2 ("above a level of development") or +0.7 ("close to the next stage of development") used.

Statistical analysis of the results was done independently for boys and girls using SPSS version 15.0 (SPSS Ibérica, Madrid, Spain). A descriptive analysis (mean, standard deviation [SD], and range) of chronological age and dental age calculated using the Nolla and Demirjian methods was performed. Repeated measures analysis of variance (ANOVA) was done along with pairwise comparisons (with Bonferroni adjustment) to determine whether statistically significant differences ($p < 0.05$) were present between chronological age and estimated dental age (calculated using both methods). When such differences were observed, simple regression models (linear, logarithmic, inverse, quadratic, cubic, S, growth, exponential, and logistic) were explored to calculate dental age (as a dependent variable) as a function of the dental maturation indices of Nolla and Demirjian.

2.3.3. Study group

The results were shown according to sex (male or female) and systemic diagnosis (cerebral palsy, mental retardation, or Down syndrome). The dental ages of all patients included in the study group were calculated with the formulae for the regression lines obtained in the control group using values for the dental maturation indices of Nolla and Demirjian. The numbers of patients whose dental age differed "slightly" (<12 months), "moderately" (12–24 months), or "notably" (>24 months) from their chronological age were expressed as percentages. Repeated measures ANOVA was done along with pairwise comparisons (Bonferroni adjusted) to determine whether there were statistically significant ($p < 0.05$) differences between chronological age and estimates of dental age.

The parents or carers of all participants (control and study groups) provided signed informed consent to the use and dissemination of the data obtained for scientific or educational purposes. The study was approved by the Institutional Review Board of the University of Santiago de Compostela.

3. Results

3.1. Control group

The control group included 356 boys (51.7%) and 332 girls (48.3%), with a mean (±SD) chronological age of 135 ± 35 months (11.3 ± 2.9 years), ranging from 42 to 204 months (3.5–17 years).

In the boys group, the mean chronological age was 132 ± 35 months (range, 54–204 months). The mean dental age was 126 ± 33 months (range, 53–204 months) calculated using the Nolla maturation index and 141 ± 34 months (range, 70–192 months) using the Demirjian maturation index. The differences between the means obtained by pairwise comparisons (with Bonferroni correction) of the chronological age and the estimated dental ages using both indices were statistically significant ($p < 0.001$).

In the girls group, the mean chronological age was 132 ± 35 months (range, 42–204 months). The dental age was 125 ± 34 months (range, 42–192 months) according to the Nolla maturation index and 143 ± 33 months (range, 60–192 months) according to the Demirjian index. The differences between the means obtained by pairwise comparisons (with Bonferroni correction) of the chronological age and the estimated dental ages using both indices were statistically significant ($p < 0.001$).

Table 1
Linear regression models for the calculation of dental age in boys and girls of the control group, incorporating the values obtained for the Nolla index (Nolla age) and Demirjian index (Demirjian age).

	Simple linear regression equation	R^2
♂	$y = 11.642 + 0.954 \times$ Nolla age	0.830
	$y = -0.127 + 0.941 \times$ Demirjian age	0.825
♀	$y = 13.159 + 0.950 \times$ Nolla age	0.834
	$y = -8.495 + 0.978 \times$ Demirjian age	0.834

Since the Nolla and Demirjian indices were not applicable to our control group, regression models that incorporated the values obtained with those indices were assessed. No significant differences were observed between the models applied (based on R^2 values), and the results for the simple linear regression model were therefore used (Table 1).

3.2. Study group

The distribution of the 155 patients included in the study group is shown according to sex and systemic disorder in Table 2. The table also shows the chronological and dental ages for all patients calculated using the regression lines obtained for the control group. The differences observed between dental and chronological age were only statistically significant in girls with cerebral palsy or Down syndrome (Table 2).

3.2.1. Patients with cerebral palsy

Of the 35 patients with cerebral palsy included in the study group, 22 were boys (mean age, 127 ± 33 months; range, 66–180 months) and 13 were girls (mean age, 140 ± 40 months; range, 79–197 months).

The dental age estimated using the linear regression model for the Nolla index differed slightly from the chronological age in 50% of boys and 69.2% of girls, moderately in 31.8% of boys and 23% of girls, and notably in 18.1% of boys and 7.6% of girls. The mean dental age of boys with cerebral palsy calculated using that model was 130 ± 34 months (range, 67–171 months). The values for dental age that differed notably from the chronological age corresponded to 1 boy with a 43-month delay in dental maturation and 3 boys with advanced maturation (26, 28, and 33 months). Overall, however, the differences between dental age and chronological age in male patients with cerebral palsy were not statistically significant. The mean dental age obtained with the model for the Nolla index in girls with cerebral palsy was 134 ± 45 months (range, 60–195 months). The only value for dental age that was notably different from the chronological age corresponded to a girl with a 78-month delay in dental maturation. Overall, the differences between dental age and chronological age in girls with cerebral palsy were not statistically significant.

The dental age estimated with the regression model obtained using values for the Demirjian index was slightly different from chronological age in 50% of boys and 38.4% of girls, moderately different in 36.3% of boys and 30.7% of girls, and notably different in 13.6% of boys and 30.7% of girls. The mean dental age in boys with cerebral palsy calculated using that model was 129 ± 35 months (range, 74–176 months). The values for dental age that differed notably from chronological age corresponded to a boy with a 35-month delay and another with a 36-month delay in dental maturation, and 1 case of advanced maturation (31 months). Overall, however, the differences between dental age and chronological age in male patients with cerebral palsy were not statistically significant. The mean dental age with the model for the Demirjian index in girls was 120 ± 39 months (range, 72–173 months). Dental age was notably delayed compared with chronological age in 4 out of 13 patients (26, 34, 44, and 66 months'

Table 2
Chronological age and dental age (expressed in months) of patients in the study group shown according to systemic disorder and sex.

♂	*N*	Chronological age, mean ± δ (range)	Nolla age,[a] mean ± δ (range)	Demirjian age,[b] mean ± δ (range)
Cerebral palsy	22	127 ± 33 (66–180)	130 ± 34 (67–171)	129 ± 35 (74–176)
Mental retardation	40	129 ± 34 (59–192)	130 ± 53 (70–171)	129 ± 28 (62–176)
Down syndrome	27	127 ± 39 (62–198)	124 ± 33 (62–171)	122 ± 30 (57–165)
♀	*N*	Chronological age, mean ± δ (range)	Nolla age,[a] mean ± δ (range)	Demirjian age,[b] mean ± δ (range)
Cerebral palsy	13	140 ± 40 (79–197)	134 ± 45 (60–195)	120 ± 39[c] (72–173)
Mental retardation	43	128 ± 38 (68–202)	123 ± 36 (68–206)	124 ± 37 (67–179)
Down syndrome	10	148 ± 40 (61–194)	136 ± 34 (56–172)	132 ± 36[d] (43–162)

[a] Nolla age refers to the dental age estimated using a linear regression model that incorporates the Nolla index.
[b] Demirjian age refers to the dental age estimated using a linear regression model that incorporates the Demirjian index.
[c] Statistically significant differences between dental and chronological age ($p = 0.012$).
[d] Statistically significant differences between dental and chronological age ($p = 0.020$).

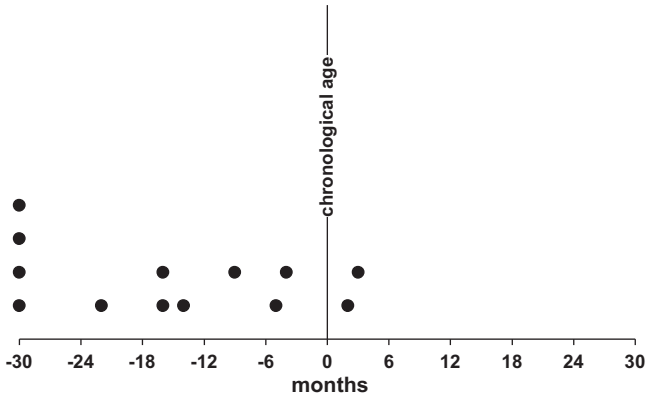


Fig. 1. Differences in months between dental age (estimated using a linear regression model incorporating values for the Demirjian index) and chronological age in girls with cerebral palsy ($n = 13$). Negative values indicate delayed and positive values advanced dental maturation compared with chronological age. All values <-24 and $>+24$ are shown as -30 and +30, respectively.

delay) (Fig. 1). Overall, the differences between dental and chronological age in girls with cerebral palsy were statistically significant ($p = 0.012$).

3.2.2. Patients with mental retardation

Of the 83 patients with mental retardation included in the study group, 40 were boys (mean age, 129 ± 34 months; range, 59–192 months) and 43 were girls (mean age, 128 ± 38 months; range, 68–202 months).

The dental age estimated using the linear regression model obtained with the values for the Nolla index differed slightly from the chronological age in 57.5% of boys and 58.1% of girls, moderately in 27.5% of boys and 16.2% of girls, and notably in 13.6% of boys and 25.6% of girls. The mean dental age of boys with mental retardation calculated using that model was 130 ± 53 months (range, 70–171 months). The values for dental age that differed notably from chronological age corresponded to 4 boys with delayed dental maturation (27, 32, 34, and 40 months) and 2 boys with advanced dental maturation (30 and 43 months). Overall, however, the differences between dental and chronological age in boys with mental retardation were not statistically significant. The mean dental age in girls with mental retardation calculated using the Nolla model was 123 ± 36 months (range, 68–206 months). The values for dental age that differed notably from the chronological age corresponded to 8 girls with delayed dental maturation of between 28 and 41 months and 2 with advanced dental maturation of 40 and 58 months. Overall, the differences between dental and chronological age in girls with mental retardation were not statistically significant.

The dental age estimated using the linear regression model obtained with the values for the Demirjian index differed slightly from chronological age in 60% of boys and 58.1% of girls, moderately in 27.5% of boys and 27.9% of girls, and notably in 12.5% of boys and 14% of girls. The mean dental age calculated using that model in boys with mental retardation was 129 ± 28 months (range, 62–176 months). The values for dental age that were notably different from the chronological age corresponded to 4 boys with delayed dental maturation (26, 27, 34, and 49 months) and 1 with advanced maturation (27 months). Overall, however, the differences between dental age and chronological age in male patients with cerebral palsy were not statistically significant. The mean dental age calculated with the Demirjian model in girls with mental retardation was 124 ± 37 months (range, 67–179 months). In 5 out of 43 patients, dental age was notably delayed (26, 29, 29, 33, and 47 months), whereas only 1 girl had advanced dental maturation (30 months). Overall, the differences between dental and chronological age in girls with mental retardation were not statistically significant.

3.2.3. Patients with Down syndrome

Of the 37 patients with Down syndrome who were included in the study group, 27 were boys (mean age, 127 ± 39 months; range, 62–198 months) and 10 were girls (mean age, 148 ± 40 months; range, 61–194 months).

The dental age estimated using the linear regression model obtained from the values for the Nolla index was slightly different from the chronological age in 66.6% of boys and 40% of girls, moderately different in 29.6% of boys and 50% of girls, and notably different in 3.7% of boys and 10% of girls. The mean dental age of boys with Down syndrome calculated using that model was 124 ± 33 months (range, 62–171 months). Only 1 boy had a dental age that differed notably from his chronological age (26-month delay in dental maturation). Overall, the differences between dental age and chronological age in boys with Down syndrome were not statistically significant. The mean dental age in girls with Down syndrome calculated with that model was 136 ± 34 months (range, 56–172 months). Only 1 girl had a dental age that differed notably from her chronological age (44-month delay in dental maturation). Overall, the differences between dental age and chronological age in girls with Down syndrome were not statistically significant.

The dental age estimated using the linear regression model obtained with the Demirjian index was slightly different from chronological age in 48.1% of boys and 40% of girls, moderately different in 40.8% of boys and 30% of girls, and notably

different in 11.1% of boys and 30% of girls. The mean dental age of boys with Down syndrome calculated using that model was 122 ± 30 months (range, 57–165 months). The cases in which dental age was notably different from chronological age corresponded to 2 boys with delayed dental maturation (26 and 33 months) and 1 boy with advanced dental maturation (27 months). Overall, the differences between dental age and chronological age in boys with Down syndrome were not statistically significant. The mean dental age with that model in girls was 132 ± 36 months (range, 43–162 months). Notably delayed dental maturation compared with chronological age was observed in 3 out of 10 patients (delayed by 26, 30, and 40 months) (Fig. 2). Overall, the differences between dental age and chronological age in girls with Down syndrome were statistically significant ($p = 0.020$).

4. Discussion

4.1. Limitations

Prior knowledge of chronological age by the observers could theoretically have influenced the interpretation of the radiographic findings. Although to our knowledge this potential source of bias has not been reported in the literature, it has been shown that prior knowledge of chronological age does not affect the reproducibility of estimates of skeletal age determined using the Greulich and Pyle method (Berst et al., 2001).

The inclusion of patients with confirmed diagnoses of cerebral palsy, mental retardation, and Down syndrome could be associated with a potential selection bias in the study group. Firstly, selection may have been influenced by patient cooperation, since only those who agreed to have a panoramic X-ray were included. Also, bias could have been introduced as a result of the particular maxillary morphology in patients with these conditions and the high prevalence of dental pathology and certain parafunctions whose impact on the dental maturation process remains unclear.

The Nolla method was slightly modified from the original proposal, such that a score of +0.5 was applied when the interpretation of the X-ray fell between 2 grades (“between 2 levels of development”), without applying other smaller fractions (+0.2 or +0.7) in any cases. It was reported as early as 1963 that, in order to determine the dental age of children, estimates should be performed for periods of 0.5 years, since the interindividual and intraindividual correlations for a given tooth over prolonged periods of time are not sufficiently significant to justify estimations over shorter time frames (Wagner, Cohen, & Hunt, 1963).

Although various regression models have been used to calculate dental age according to the dental maturation indices of Nolla and Demirjian, as in this study, many authors obtained a good fit with the linear regression model (Bagherpour, Imanimoghaddam, Bagherpour, & Einolghozati, 2010; Rózylo-Kalinowska, Kolasa-Raczka, & Kalinowski, 2010). It has been suggested, however, that models generated with other polynomial functions, such as cubic regression, may be more predictive (Teivens & Mörnstad, 2001), and some have included another novel factor, namely the consideration of chronological age as a function of the degree of dental maturation (probably because in forensics the chronological age is usually unknown) (Cruz-Landeira et al., 2010).

Consideration of dental age as “slightly”, “moderately”, or “notably” different from chronological age is an arbitrary classification used previously by other authors who considered a difference of ±3 months between dental and chronological age to be “normal” (Leonelli de Moraes et al., 2007).

4.2. Control group

The images from the control group were evaluated by 2 calibrated observers. It has been suggested that the interobserver variability can be significant when certain techniques for determining dental age are used (Reventlid, Mörnstad, & Teivens, 1996), making it essential to calibrate the examiners prior to the study (Levesque & Demirjian, 1980). Nevertheless, the

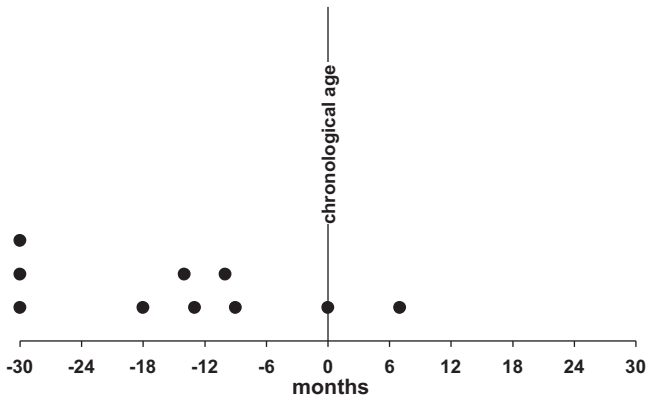


Fig. 2. Differences in months between dental age (estimated using a linear regression model incorporating values for the Demirjian index) and chronological age in girls with Down syndrome ($n = 10$). Negative values indicate delayed and positive values advanced dental maturation compared with chronological age. All values <-24 and $>+24$ are shown as -30 and +30, respectively.

techniques used in this study were highly reproducible (the intraclass correlation coefficient in this study was greater than 95%, both between examiners and in the same examiner), as has been described previously (Cruz-Landeira et al., 2010; Ferrante & Cameriere, 2009).

The differences between chronological age and dental age estimated with the Nolla index were statistically significant, and as a result, we cannot recommend the use of this method in its original form (Nolla, 1960) to estimate the dental age of individuals from our setting. Other authors have reported that the Nolla index tends to underestimate dental age, especially in girls (Bolaños Carmona, Manrique Morá, & Bolaños Carmona, 1999; Briffa & Dougall, 2005). Although this method was extensively used in the past in paediatric dentistry and orthodontics, it has now been replaced by the Demirjian index in most studies. It should be remembered, however, that this index was originally designed to analyze the development of permanent teeth and in this way assess possible growth defects rather than as a method with which to estimate age.

The Demirjian method has now been used to estimate age in children from various populations, including Finnish (Nyström et al., 1986), Chinese (Davis & Hägg, 1994), Norwegian (Nykänen, Espeland, Kvaal, & Krogstad, 1998), Indian (Koshy & Tandon, 1998; Prabhakar, Panda, & Raju, 2002), English (Liversidge, Speechly, & Hector, 1999), Australian (Farah, Booth, & Knott, 1999), Belgian (Chaillet, Willems, & Demirjian, 2004; Hegde & Sood, 2002; Willems, Van Olmen, Spiessens, & Carels, 2001), Brazilian (Eid, Simi, Friggi, & Fisberg, 2002), Dutch (Leurs, Wattel, Aartman, Etty, & Prahl-Andersen, 2005), Hungarian (Nyarady, Mornstad, Olasz, & Szabo, 2005), Italian (Cameriere, Ferrante, Liversidge, Prieto, & Brkic, 2008), Turkish (Tunc & Koyuturk, 2008), Saudi Arabian (Al-Emran, 2008), Moari (TeoMoananui, Kieser, Herbison, & Liversidge, 2008), Korean (Lee, Lee, Lee, Park, & Kim, 2008), and Polish (Rózylo-Kalinowska et al., 2010). Although some authors report that the Demirjian index could underestimate age (Eid et al., 2002; Leurs et al., 2005; Tunc & Koyuturk, 2008), most agree that the technique has a tendency towards overestimation (Cameriere et al., 2008; McKenna, James, Taylor, & Townsend, 2002; Nykänen et al., 1998; Nyström et al., 1986; Prabhakar et al., 2002; Willems et al., 2001). One of the arguments that have been put forward to explain this finding is that dental development has accelerated in recent decades (Holtgrave, Kretschmer, & Müller, 1997; Nadler, 1998). In Spain, Cruz-Landeira et al. (2010) recently evaluated dental age in 308 white children living in Galicia (the same region as for the members of the control group in this study) and found that, in general, their dental development was advanced compared with the group of French Canadian individuals included in the original study by Demirjian. The mean overestimation was between 0.21 and 0.88 years, and the authors speculated that, in addition to the variations observed between the study populations over the course of almost 4 decades, differences might be explained by the fact that the participants were all white, whereas the study by Demirjian et al. (1973) also included Amerindians.

In our study, the differences between the chronological age and the dental age estimated with the Demirjian index were statistically significant, and as a result we cannot recommend the use of the method in its original form (Demirjian et al., 1973) to estimate dental age in individuals from our setting. Other authors have reported similar findings (Koshy & Tandon, 1998; Liversidge et al., 1999; McKenna et al., 2002; Rózylo-Kalinowska et al., 2010; Tunc & Koyuturk, 2008). Thus, it seems clear that in order to estimate dental age in a given group it is important to have access to specific reference values from within the same community and to include correction factors for the original Demirjian index, as used in the regression models from most published studies (Bagherpour et al., 2010; Cruz-Landeira et al., 2010; Rózylo-Kalinowska et al., 2010; Teivens & Mörnstad, 2001).

4.3. Study group

The literature contains few reports on dental age in patients with disabilities, and it is therefore difficult to compare our findings with those of other authors.

4.3.1. Patients with cerebral palsy

Rodrigues dos Santos, Masiero, Novo, and Simionato (2003) carried out conventional intraoral examination in a group of 62 children with cerebral palsy in the metropolitan area of Sao Paulo in Brazil and concluded that there was a strong tendency towards delayed eruption of the permanent molars in those patients.

Although there have been isolated reports on dental age in patients with cerebral palsy (Megyesi, Tubbs, & Saber, 2009; Raducanu, Cristea, & Feraru, 2008; Staufer, Hamadeh, & Gesch, 2009), the only series that has been reported to date in which radiographic techniques were used was published in 1980 by Ozerovic (1980). That study assessed the correlation between chronological, skeletal, and dental age in a group of 109 Yugoslav children with athetoid and spastic cerebral palsy. The dental and chronological ages differed by between 1 and 7 months and skeletal and chronological age differed by between 4 and 11 months. That author concluded that cerebral palsy alters dental and skeletal development. One of the most interesting findings, however, was that there was a strong correlation between dental and skeletal age in spastic but not athetoid cerebral palsy. In our study, the differences between dental age – estimated using a linear regression model that included values for the Nolla index – and the chronological age of girls with cerebral palsy were not statistically significant. However, the results of Ozerovic (1980) may have been influenced by important methodological issues. Firstly, the Nolla index was used directly to determine the dental age of the patients, whereas in our study it was found not to be currently applicable. Also, the results may have been seriously affected by the consideration of boys and girls together in that study, since sex differences in the rate of dental maturation make it essential to differentiate between the sexes when determining dental age.

Using a linear regression model that included the values for the Demirjian index, the dental age of girls with cerebral palsy was significantly delayed based on chronological age; however, to our knowledge, no data have been published in the literature with which to compare this finding.

4.3.2. Patients with mental retardation

To our knowledge, there are no reports in the literature assessing dental age in patients with mental retardation. The heterogeneity of this group means that the etiology of mental retardation must be taken into account in the selection of the study group, since it is reasonable to speculate that, as occurs with skeletal development, dental age may be delayed in patients with substantial physical limitations. To minimize the potential impact of this variable, in our study, the absence of systemic syndromes, systemic complications, or severe functional limitation was considered an inclusion criterion. This may explain why dental age coincided with chronological age in our patients with mental retardation. Nevertheless, advances in cytogenetic diagnostic techniques may in the future allow etiological diagnosis of many patients with mental retardation for whom the etiology is currently unclear.

4.3.3. Patients with Down syndrome

It has been suggested that the eruption of the deciduous teeth is delayed in patients with Down syndrome. However, this delay has only been quantified in a small number of studies (Müssig, Hickel, & Zschiesche, 1990; Ondarza, Jara, Muñoz, & Blanco, 1997).

We have only found 2 studies reported in the literature to date in which dental maturation was assessed in patients with Down syndrome (Carlstedt, Annerén, Huggare, Modéer, & Dahllöf, 1999; Leonelli de Moraes et al., 2007). Carlstedt et al. (1999) studied a group of 26 children with Down syndrome. In that study, 10 of the children received growth hormone for 3 years and the 16 remaining children made up the control group. The authors concluded that there was no significant difference between the dental and chronological age of children in the 2 groups, but they found that the dental age of the 7 children aged less than 8 years was notably lower than their chronological age. This finding is difficult to interpret as a result of the small sample size, which was insufficient to allow analysis of the different age groups. Furthermore, sex was not incorporated as a variable, and this could have led the administration of growth hormone to act as a confounding factor. Finally, the study was limited by the failure to include a control group of healthy individuals from the same geographic region.

A few years later, the second study, undertaken in the Brazilian state of Sao Paulo, was published by Leonelli de Moraes et al. (2007). The authors selected 103 children aged between 3 and 16 years and estimated their dental age using the 8-stage method proposed by Nicodemo, de Moraes, and Médici Filho (1974). One of the most important observations in that study was that in approximately two thirds of the study group (72% of boys and 66% of girls) the differences between dental age and chronological age were less than 12 months. In our study, the percentage of patients who met this criterion was 48% and 66% of boys and 40% and 50% of girls (using the linear regression models obtained from the values for the Demirjian and Nolla indices, respectively). Another conclusion of that study was that there was a predominance of patients with advanced dental maturation (70% of boys and 61% of girls). In our study, only 33% of boys and 10% of girls had advanced dental maturation according to chronological age (irrespective of the regression model applied). In contrast, we found that there was a predominance of patients with delayed dental maturation, especially among women. Although this result may have been influenced by the small sample size, it is noteworthy that in 8 out of 10 patients the dental age was lower than the chronological age (irrespective of whether the estimates were based on linear regression models that included values for the Nolla or Demirjian index). When we consider those patients with a dental age that deviated notably from normal reference values, Leonelli de Moraes et al. (2007) reported differences between dental and chronological age of more than 24 months in 18% of boys and 10% of girls, whereas we found 3% in boys and 10% in girls using the Nolla index and 11% in boys and 30% in girls using the Demirjian index. Nevertheless, our results are difficult to compare with those of Leonelli de Moraes et al. (2007), since their study contains important methodological differences that should be taken into consideration. For instance, those authors used an index for dental mineralization that has not been adequately validated in European populations and has been suggested to display a tendency towards underestimation (Kurita, Menezes, Casanova, & Haiter-Neto, 2007). Furthermore, they did not include a control group, arguing that chronological standards were already available for mineralization of permanent teeth, despite the authors recognizing that they used values obtained almost 30 years ago by Nicodemo et al. (1974).

5. Conclusions

The importance of determining dental age centres on its usefulness in anthropology, forensics, medico-legal studies, and dentistry. The original dental maturation indices of Nolla and Demirjian are not directly applicable to white children and adolescents in our setting; when included in a linear regression model, however, they display a high goodness of fit. No significant differences were found between dental and chronological age in boys with cerebral palsy, mental retardation, or Down syndrome. In contrast, dental age (calculated from the linear regression model that included values for the Demirjian index) was significantly delayed compared with chronological age in girls with cerebral palsy or Down syndrome.

References

Al-Emran, S. (2008). Dental age assessment of 8.5 to 17 year-old Saudi children using Demirjian's method. *Journal of Contemporary Dental Practice, 9*, 1–10.
Athanasiou, A. E., Farsaris, N., & Zarrinnia, K. (1986). Hand-wrist radiograph as supplementary diagnostic aid in orthodontics. *Contemporary Dentistry, 1*, 17–26.

Bagherpour, A., Imanimoghaddam, M., Bagherpour, M. R., & Einolghozati, M. (2010). Dental age assessment among Iranian children aged 6–13 years using the Demirjian method. *Forensic Science International, 197*, 121–124.
Berst, M. J., Dolan, L., Bogdanowicz, M. M., Stevens, M. A., Chow, S., & Brandser, E. A. (2001). Effect of knowledge of chronologic age on the variability of pediatric bone age determined using the Greulich and Pyle standards. *American Journal of Roentgenology, 176*, 507–510.
Bolaños Carmona, M. V., Manrique Morá, M. C., & Bolaños Carmona, M. J. (1999). Aplicabilidad del método de Nolla a nuestros pacientes odontopediátricos. *Odontología Pediátrica, 7*, 13–25.
Briffa, K., & Dougall, N. (2005). Chronologic and dental age of Maltese school children – A pilot study. *Malta Medical Journal, 17*, 31–35.
Cameriere, R., Ferrante, L., Liversidge, H. M., Prieto, J. L., & Brkic, H. (2008). Accuracy of age estimation in children using radiograph of developing teeth. *Forensic Science International, 176*, 173–177.
Cardoso, H. (2007). Differential sensitivity in growth and development of dental and skeletal tissue to environmental quality. *Arquivos de Medicina, 21*, 19–23.
Carlstedt, K., Annerén, G., Huggare, J., Modéer, T., & Dahllöf, G. (1999). The effect of growth hormone therapy on craniofacial growth and dental maturity in children with Down syndrome. *Journal of Craniofacial Genetics and Developmental Biology, 19*, 20–23.
Chaillet, N., Willems, G., & Demirjian, A. (2004). Dental maturity in Belgian children using Demirjian's method and polynomial functions: New standard curves for forensic and clinical use. *Journal of Forensic Odontostomatology, 22*, 18–27.
Chertkow, S., & Fatti, P. (1979). The relationship between tooth mineralization and early evidence of the ulnar sesamoid. *The Angle Orthodontist, 49*, 282–288.
Coutinho, S., Buschang, P. H., & Miranda, F. (1993). Relationships between mandibular canine calcification stages and skeletal maturity. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 104*, 262–268.
Cruz-Landeira, A., Linares-Argote, J., Martínez-Rodríguez, M., Rodríguez-Cabo, M. S., Otero, J. L., & Concheiro, L. (2010). Dental age estimation in Spanish and Venezuelan children. Comparison of Demirjian and Chaillet's scores. *International Journal of Legal Medicine, 124*, 105–112.
Davis, P. J., & Hägg, U. (1994). The accuracy and precision of the "Demirjian System" when used for age determination in Chinese children. *Swedish Dental Journal, 18*, 113–116.
Demirjian, A., Buschang, P. H., Tanguay, R., & Patterson, D. K. (1958). Interrelationships among measures of somatic, skeletal, dental and sexual maturity. *American Journal of Orthodontics, 88*, 433–438.
Demirjian, A., Goldstein, H., & Tanner, J. M. (1973). A new system of dental age assessment. *Human Biology, 45*, 211–227.
Eid, R. M. R., Simi, R., Friggi, M. N. P., & Fisberg, M. (2002). Assessment of dental maturity of Brazilian children aged 6 to 14 years using Demirjian's method. *International Journal of Paediatric Dentistry, 12*, 423–428.
Farah, C. S., Booth, D. R., & Knott, S. C. (1999). Dental maturity of children in Perth, Western Australia, and its application in forensic age estimation. *Journal of Clinical Forensic Medicine, 6*, 14–18.
Ferrante, L., & Cameriere, R. (2009). Statistical methods to assess the reliability of measurements in the procedures for forensic age estimation. *International Journal of Legal Medicine, 123*, 277–283.
Fishman, LS.. (1987). Maturational patterns and prediction during adolescence. *The Angle Orthodontist, 57*, 178–193.
Grave, K. C., & Brown, T. (1976). Skeletal ossification and the adolescent growth spurt. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 69*, 611–619.
Green, L. J. (1961). The interrelationship among height, weight and chronological, dental and skeletal ages. *The Angle Orthodontist, 31*, 189–193.
Gustafson, G., & Koch, G. (1974). Age estimation up to 16 years of age based on dental development. *Odontologisk Revy, 25*, 297–306.
Harris, M. J. P., & Nortje, C. J. (1984). The mesial root of the third mandibular molar. A possible indicator of age. *Journal of Forensic Odontostomatology, 2*, 39–43.
Hegde, R. J., & Sood, P. B. (2002). Dental maturity as an indicator of chronological age: Radiographic evaluation of dental age in 6 to 13 years children of Belgium using Demirjian methods. *Journal of the Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry, 20*, 132–138.
Haavikko, K. (1970). The formation and the alveolar and clinical eruption of the permanent teeth. An orthopantomographic study. *Suomen Hammaslaakariseuran Toimituksia, 66*, 103–170.
Helm, S. (1990). Relationship between dental and skeletal maturation in Danish schoolchildren. *Scandinavian Journal of Dental Research, 98*, 313–317.
Holtgrave, E. A., Kretschmer, R., & Müller, R. (1997). Acceleration in dental development: Fact or fiction. *European Journal of Orthodontics, 19*, 703–710.
Koshy, S., & Tandon, S. N. (1998). Dental age assessment: The applicability of Demirjian's method in South Indian children. *Forensic Science International, 94*, 73–85.
Kullman, L., Johanson, G., & Akesson, L. (1992). Root development of the lower third molar and its relation to chronological age. *Swedish Dental Journal, 16*, 161–167.
Kurita, L. M., Menezes, A. V., Casanova, M. S., & Haiter-Neto, F. (2007). Dental maturity as an indicator of chronological age: Radiographic assessment of dental age in a Brazilian population. *Journal of Applied Oral Science, 15*, 99–104.
Lamons, F. F., & Gray, S. W. (1958). A study of the relationship between tooth eruption age, skeletal development age and chronological age in sixty one Atlanta Children. *American Journal of Orthodontics, 44*, 687–691.
Lauterstein, A. M. (1961). A cross-sectional study in dental development and skeletal age. *The Journal of the American Dental Association, 62*, 161–167.
Lee, S. E., Lee, S. H., Lee, J. Y., Park, H. K., & Kim, Y. K. (2008). Age estimation of Korean children based on dental maturity. *Forensic Science International, 178*, 125–131.
Leonelli de Moraes, M. E., Silva Bastos, M., De Araujo dos Santos, L. R., De Melo Castillo, J. C., De Moraes, L. C., & Medici Filho, E. (2007). Dental age in patients with Down syndrome. *Brazilian Oral Research, 21*, 259–264.
Leurs, I. H., Wattel, E., Aartman, I. H. A., Etty, E., & Prahl-Andersen, B. (2005). Dental age in Dutch children. *European Journal of Orthodontics, 27*, 309–314.
Levesque, G. Y., & Demirjian, A. (1980). The inter-examiner variation in rating dental formation from radiographs. *Journal of Dental Research, 59*, 1123–1126.
Liliequist, B., & Lundberg, M. (1971). Skeletal and tooth development: A methodologic investigation. *Acta Radiologica, 11*, 97–112.
Liversidge, H. M., Speechly, T., & Hector, M. P. (1999). Dental maturation in British children: Are Demirjian standards applicable? *International Journal of Pediatric Dentistry, 9*, 263–269.
McKenna, C. J., James, H., Taylor, J. A., & Townsend, GC. (2002). Tooth development standards for South Australia. *Australian Dental Journal, 47*, 223–227.
Megyesi, M. S., Tubbs, R. M., & Saber, N. J. (2009). An analysis of human skeletal remains with cerebral palsy: Associated skeletal age delay and dental pathologies. *Journal of Forensic Sciences, 54*, 270–274.
Müssig, D., Hickel, R., & Zschiesche, S. (1990). The eruption of deciduous teeth in children with various forms of Down's syndrome and congenital heart defects. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift, 45*, 157–159.
Nadler, G. L. (1998). Earlier dental maturation: Fact or fiction? *The Angle Orthodontist, 68*, 535–538.
Nicodemo, R. A., de Moraes, L. C., & Médici Filho, E. (1974). Table of the chronological mineralization of permanent teeth among Brazilians. *Revista de Faculdade de Odontolgia de Sao Jose Dos Campos, 3*, 55–56.
Nolla, C. M. (1960). The development of the permanent teeth. *Journal of Dentistry for Children, 27*, 254–263.
Nyarady, Z., Mornstad, H., Olasz, L., & Szabo, G. (2005). Age estimation of children in south-western Hungary using the modified Demirjian method. *Fogorvosi Szemle, 98*, 193–198.
Nykänen, R., Espeland, L., Kvaal, S. I., & Krogstad, O. (1998). Validity of the Demirjian method for dental age estimation when applied to Norwegian children. *Acta Odontologica Scandinavica, 56*, 238–244.
Nyström, M., Haataja, J., Kataja, M., Evälahti, M., Peck, L., & Kleemola-Kujala, E. (1986). Dental maturity in Finnish children, estimated from the development of seven permanent mandibular teeth. *Acta Odontologica Scandinavica, 44*, 193–198.
Ondarza, A., Jara, L., Muñoz, P., & Blanco, R. (1997). Sequence of eruption of deciduous dentition in a Chilean sample with Down's syndrome. *Archives of Oral Biology, 42*, 401–406.
Ozerovic, B. (1980). Correlation of dental and skeletal age in children with cerebral palsy. *European Journal of Orthodontics, 2*, 193–195.
Prabhakar, A. R., Panda, A. K., & Raju, O. S. (2002). Applicability of Demirjian's method of age assessment in children of Davangere. *Journal of the Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry, 20*, 54–62.
Prahl-Andersen, B., Kowalski, C. J., & Heyendael, P. H. J. M. (1979). *A mixed-longitudinal, interdisciplinary study of growth and development*. New York: Academic Press.

Raducanu, M. A., Cristea, I., & Feraru, V. I. (2008). Oral manifestations of cerebral palsy—The spastic tetraparesis type: A literature review and clinical cases. *Timisoara Medical Journal, 58*, 91–97.
Reventlid, M., Mörnstad, H., & Teivens, A. A. (1996). Intra- and inter-examiner variations in four dental methods for age estimation of children. *Swedish Dental Journal, 20*, 133–139.
Rodrigues dos Santos, M. T., Masiero, D., Novo, N. F., & Simionato, M. R. (2003). Oral conditions in children with cerebral palsy. *Journal of Dentistry for Children, 70*, 40–46.
Rózylo-Kalinowska, I., Kolasa-Raczka, A., & Kalinowski, P. (2010). Relationship between dental age according to Demirjian and cervical vertebrae maturity in Polish children. *European Journal of Orthodontics (Epub ahead of print)*.
Sahin Saglam, A. M., & Gazilerli, U. (2002). The relationship between dental and skeletal maturity. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie, 63*, 454–462.
Saunders, E. (1837). *The teeth a test of age, considered with referente to the factory children. Addressed to the Members of both Houses of Parliament*. London: Renshaw H. (356 Strand: 76).
Saunders, S. R., Hoppa, R., & Southern, R. (1993). Diaphyseal growth in a nineteenth century skeletal sample of subadults from St Thomas' Church, Belleville, Ontario. *International Journal of Osteoarchaeology, 3*, 265–281.
Sierra, A. M. (1987). Assessment of dental and skeletal maturity. A new approach. *The Angle Orthodontist, 57*, 194–208.
Staufer, K., Hamadeh, S., & Gesch, D. (2009). Failure of tooth eruption in two patients with cerebral palsy and bruxism—A 10 year follow-up: A case report. *Special Care in Dentistry, 29*, 169–174.
Teivens, A., & Mörnstad, H. (2001). A modification of the Demirjian method for age estimation in children. *Journal of Forensic Odontostomatology, 19*, 26–30.
TeoMoananui, R., Kieser, J. A., Herbison, G. P., & Liversidge, H. M. (2008). Estimating age in Maori, Pacific Island, and European children from New Zealand. *Journal of Forensic Sciences, 53*, 401–404.
Thomson, A. T. (1836). Lectures on medical jurisprudence, now in course of delivery at the University of London. *Lancet (Lecture), 7*, 281–286.
Tunc, E. S., & Koyuturk, A. E. (2008). Dental age assessment using Demirjian's method on northern Turkish children. *Forensic Science International, 175*, 23–26.
Ubelaker, D. H. (1989). The estimation of age at death from immature human bone. In M. Y. Iscan (Ed.), *Age markers in the human skeleton* (pp. 55–70). Springfield, Illinois: Thomas, Ch.
Wagner, R., Cohen, M. M., & Hunt, E. E., Jr. (1963). Dental Development in Idiopathic Sexual Precocity congenital adrenocortical hyperplasia, and adrenogenic virilism. *Journal of Pediatrics, 63*, 566–576.
Willems, G., Van Olmen, A., Spiessens, B., & Carels, C. (2001). Dental age estimation in Belgian children: Demirjian's technique revisited. *Journal of Forensic Sciences, 46*, 893–895.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Dental age estimation with Nolla method in a Spanish and Portuguese sample

L.F. Tomás (1), I. Tomás (1), P. Varela-Patiño (1), A.F.P. Salgado (1), L.S. Mónico (2), B. Martin-Biedma (1)

(1) School of Medicine and Dentistry. University of Santiago de Compostela. Spain.

(2) Faculty of Psychology and Education Sciences. University of Coimbra. Portugal

Corresponding author: Luis Tomas
Mailing address: luistomas.md@gmail.com
Telephone number: +34 881 812 343
Fax number: +34 881 812 460
Rua Entrerrios s/n. Faculdade de Odontoloxia
Santiago de Compostela, 15782 Spain

Abstract

Dental age estimation is important for odontopediatric and orthodontic, forensic, and anthropological reasons. The Nolla method has been reported as accurate for this purpose. However, in comparison with other methods of age estimation, the Nolla method has been little researched.

The present study aims to test the accuracy of the Nolla method taking into consideration factors such as tooth-by-tooth development stage, age and gender. The sample was composed of 821 subjects from 4 to 34 years old (M = 12.56, SD = 4.53 years, 409 males and 412 females) in Spain (Galicia) and the north of Portugal. Orthopantomographs were examined of seven mandibular teeth staged according to the dental maturity scale of the Nolla method.

The accuracy of the Nolla method in estimating chronological age varied between the sexes and age groups. The method was found to be more precise with males (R = .831, p < .001) than with females (R = .783, p < .001) and with greater predictive power up to 10 years of age (R = .849, p < .001), becoming progressively less accurate as the age of the sample advances. For 16 to 19-year-old males, the method showed low precision, although significant (R = .289, p = 0.047), unlike with females of the same age, where the method was not predictive (p = 0.156). Considering the age and gender of participants, we created Nolla formulas adapted to this sample as a function of sex and age-group.

Keywords: Nolla method; Dental age; Age estimation; Chronological age.

1. Introduction

Dental age estimation is valuable for odontopediatric and orthodontic, forensic, and anthropological reasons, in monitoring children's development stages, as an indicator of a child's chronological age (Baghepour, Imanimoghaddam, Bagherpour, & Einolghozati, 2010; Miloglu, Celikoglu, Dane, Cantekin, & Yilmaz, 2011; Kirzioglu & Ceyhan, 2012; Djukic, Zelic, Milenkovic, Nedeljovic, & Djuric, 2013; Birch & Dean, 2014). It has the great advantage of being less likely to suffer alterations due to nutritional, hormonal and/or pathological causes (Jayaraman, Wong, King, & Roberts, 2013; Nik-Hussein, Kee, & Gan, 2011; Flood, Franklin, Turlach, & McGeachie, 2013; Birch & Dean, 2014).

Over the years, various biological ages have been used, in combination or not, to estimate chronological age (Feijoo, Barberia, De Nova, & Prieto, 2012). In assessing a child's development and growth, dental maturity has been shown by various methods to be more effective in determining chronological age than bone development and growth, which is greatly influenced by hormonal and environmental factors (Miloglu et al., 2011; Blekin & Taylor, 2012; Kirzioglu & Ceyhen, 2012; Djukic, Zelic, Milenkovic, Nedelijovic, & Djuric, 2013; Khorate, Dinkar, & Ahmed, 2014).

Several methods have been proposed for estimating chronological age by means of dental maturity, through radiography (Moradi, Sirous, & Morovatti, 2012). Despite its effectiveness, the Nolla (1960) method has been one of the least frequently used and tested across populations in order to verify its accuracy. No study has assessed the reliability of the Nolla method in Portuguese children and in Spanish and Portuguese individuals over 15, and only the following studies used this method.

Haavikko (1974), Staff, Mörnstad, and Welander (1991), and Bolanos, Manrique, Bolaños, and Briones (2000) applied the Nolla method to Swedish, Finnish and Andalusian children between 3 and 15, respectively, arriving at a high correlation through application of a limited number of teeth, concluding that teeth 21, 46 and 43

for boys and 21, 47 and 46 for girls under 10 years of age, are the ones forming a more reliable correlation between estimated dental age and chronological age.

Holtgrave, Kretschmer, and Müller (1997) did not find significant differences with the Nolla method between dental age and chronological age in girls, although for boys the method overestimated chronological age. Caro and Contreras (2001) found greater reliability in the Nolla method compared to three other methods, in determining dental age in permanent teeth.

Maber, Liversidge, and Hector (2006) applied the method to a sample of children of Bangladeshi and British Caucasian origin between 3 and 17 years of age. The authors found underestimation for all age groups, although more pronounced for girls and increasing with age, especially after 10 years old (where the difference was more than one year).

Miloglu et al. (2011) investigated the reliability of the Nolla method with a sample of Turkish children between 6 and 18 years old. In both sexes, underestimation of chronological age was obtained, although more pronounced in girls as it was only found in boys between 7 and 9. The authors concluded on the accuracy of the method only in boys.

More recently, Kirzioglu and Ceyhan (2012) compared the methods of Nolla (1960), Havikko (1970) and Demirjian et al. (1973) with a sample of healthy Turkish children between 7 and 13 years old, from the same socio-economic class and the same ethnic group. Underestimation of dental age was found with the Nolla method, being more accurate for chronological age between 9 and 11 years in both sexes and in the group of 13-year-old girls. Kirzioglu and Ceyhan (2012) concluded that, despite the Nolla method being more accurate than those of Havikko and Demirjian, these three methods are not completely adjusted, it being necessary to define specific tables for that population.

Other methods applied in various geographical locations, ethnic groups, climates, nutrition types and socio-economic conditions, as well as increasingly early sexual maturity, led to different results in relation to the initial populations which

originated the respective methods (Bagherpour, Imanimoghaddam, Bagherpour, & Einolghozati, 2010; Chen, Guo, Zhou, Liu, Chen, & Zou, 2010, Lee, Byuin, Park, Choi, Yoon, & Shin, 2010, Nik-Hussein et al. 2011, Feijoo et al. 2012, Kirzioglu & Ceyhan 2012, Kirzioglu & Ceyhan 2012, Djukic et al. 2013, Flood et al. 2013, Galic et al. 2013, Sarkar, Kailasam, & Kumar, 2013, Khorate et al. 2014). Estimating chronological age by means of dental maturation is not a straightforward analysis, and some factors may influence the accuracy of methods, namely age group and gender. Our aim is to assess the accuracy of the Nolla (1960) method in a Spanish and Portuguese sample composed by children, adolescents, and adults.

2. Method

2.1. Sample

The sample comprises 821 orthopantomographs from Spanish and Portuguese individuals, 409 male and 412 female, from Galicia (Spain) and the North of Portugal. Age is between 4 and 34 years, the mean (M) being 12.56 years and the standard deviation (SD) 4.53 years. For males, ages range from 4.5 to 34 years, with M = 12.22 years and SD = 4.2 years. The age of females is between 4 and 28.6 years, with M = 12.91years and SD = 4.8 years. The great majority is found between 10 and 15 years of age (n = 334; 40.7%), followed by 7 to 10 year olds (n = 204; 24.8%). We find a lower percentage of younger participants (3 to 7 years, n = 77; 9.4%) and older ones (20 to 35 years, n = 69; 8.4%) in the sample.

2.2. Nolla's method

The Nolla (1960) method allows classification of dental development in ten stages, observable through radiography, and corresponding respectively to the initial stage, with the presence of crypt (stage one – no sign of calcification), and complete formation of the root with the closed apex (stage ten – apical end completed). In practice, we assess in the radiography each tooth individually, comparing it with the

stage of the Nolla (1960) table which is most similar to it. If radiological observation reveals the root is between two stages, 0.5 is added to the previous stage. In the case of slightly passing one stage, 0.2 should be added and if almost reaching the next stage, 0.7 will be added. The dental age calculated corresponds to the sum of the Nolla scores. This method requires very consistent discrimination by the observer in assessing dental maturity through radiography (Miloglu et al., 2011). In our sample, teeth of the 3rd quadrant were assessed.

2.3. Procedures and statistical analysis

The research process guaranteed respect for all ethical suppositions. Informed consent was obtained, and for minors, this was asked for from their parents/guardians.

Orthopantomograms (OPGs) were used where the following radiological criteria of exclusion were applied: lack of clarity of dental structures due to problems of contrast, movement or artefacts; impacted teeth; radiopaque obturations or crowns; periapical lesions; endodontic treatment teeth; crowns bridging neigbouring teeth.

All statistical analyses were performed using the Statistical Package for Social Sciences (SPSS, version 20.0; SPSS Inc., Chicago, IL).

In determining the inter-observer consistency index, we calculated the intra-class correlation coefficient (ICC), by the two-way mixed absolute agreement method, for the set of seven teeth estimated by the Nolla method. To carry out the ICC, we made a partial examination of the codified data, asking 4 specialists to codify 72 individuals selected in a stratified and random way from those making up the sample. The ICC1 values (7 separated teeth) for the Nolla method indicated a mean of M = 0.82 (SD = 0.03), showing there is clear convergence regarding the categorization decisions taken, since it is current practice to accept that values above 0.80 are indicators of good agreement. The internal consistency of teeth assessment was also high, obtaining $\alpha = 0.95$, where 1 indicates complete reliability.

3. Results

Analysis of the simple regression, when we take the sum of the seven teeth as the predictor and chronological age (measured in months) as dependent variable, was found to be statistically significant (see Table 1). We obtained a predictive capacity of 64.4% of total variance of chronological age of participants.

Table1 – Analysis of the simple regression, of chronological age (dependent variable) forecast from the Nolla score (predictor)

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	-213.391	9.519		-22.418	.000
Nolla's score	5.784	0.150	.803	38.527	.000

$R = .803$, $R^2 = .644$, $F(1,819) = 1484.29$, $p < 0.001$

Nolla's formula (global score): Chronological age = -213.391+ 5.784x Nolla's score

Table 2 – Multiple regression analysis of chronological age (dependent variable) forecast from the teeth (predictors in the model) assessed by the Nolla method

Predictors in the model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	5.589	1.640		3.407	.001
Central Incisor	-0.663	0.229	-.083	-2.892	.004
Canine	0.631	0.235	.166	2.689	.007
First Premolar	-0.941	0.231	-.310	-4.081	.000
Second Premolar	1.274	0.208	.473	6.135	.000
First Molar	-1.048	0.244	-.166	-4.297	.000
Second Molar	1.936	0.144	.724	13.480	.000

$R_{multiple} = .863$, $R^2 = .745$, $F(6,814) = 396.68$, $p < 0.001$

Nolla's formula (6 significant teeth): Predicted chronological age (months) = 5.59 - 0.66xCentral Incisor + 0.63xCanine - 0.94xFirst Premolar + 1.27xSecond Premolar – 1.05xFirst Molar + 1.94xSecond Molar

Table 2 presents the result of the multiple regression taking as predictors the individual values of the seven teeth used in calculating the Nolla score and maintaining the criterion variable of chronological age. We find that the seven teeth are able to predict around 74.5% of total variance of chronological age. However, the Lateral Incisor does not predict chronological age (t = 0.213, p = .831). Excluding this tooth, predictive capacity of R^2 = 74.5% is maintained, with Table 2 presenting Nolla's formula for the six significant teeth.

The regression equations differentiated by gender show that estimation of chronological age by the Nolla method is more accurate for men than for women (see Table 3). The method predicts 69% of total variance of chronological age for men and 61.4% for women.

Table 3 – Linear regression analysis of chronological age forecast by the Nolla method for males and females

Gender		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1) Male	Constant	-186.276	11.137		-16.726	.000
	Nolla's score	5.362	0.178	.831	30.125	.000
R = .831, R^2 = .690, F(1,407) = 907.54, p < 0.001						
2) Female	Constant	-248.359	15.894		-15.626	.000
	Nolla's score	6.319	0.248	.783	25.526	.000
R = .783, R^2 = .614, F(1,410) = 651.59, p < 0.001						

1 - Nolla's formula (male): Chronological age = -186.276+ 5.362x Nolla's score

2 - Nolla's formula (female): Chronological age = -248.359+ 6.319x Nolla's score

Aiming to sub-divide the simple in age groups as a function of subjects' proximity in terms of accuracy of age estimation, we perform a Cluster Hierarchy Analysis (Ward method). The dendrogram indicated the existence of two main clusters (cluster 1 – from 4 to 10 years, and cluster 2 – from 11 to 34 years), the second cluster being sub-divided in another two: from 16 to 19 years and from 20 to 34 years. Table 4 presents the results of estimating chronological age for the four age-groups defined from the cluster analysis. Each cluster has a similar configuration in terms of estimation of chronological age from the Nolla scores.

Table 4 – Regression analysis of chronological age predicted by the Nolla method for four age-groups

Age-group		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.
1 - (4 to 10 years)	Constant	54.854	1.691		32.438	.000
	Nolla's score	0.426	0.015	.846	28.428	.000
$R_{multiple}$ = .846, R^2 = .715, F(1,322) = 808.14, p < 0.001						
2 - (11 to 15 years)	Constant	53.152	6.750		7.875	.000
	Nolla's score	0.591	0.039	.654	15.223	.000
$R_{multiple}$ = .654, R^2 = .428, F(1,310) = 231.75, p < 0.001						
3 - (16 to 19 years)	Constant	59.680	59.441		1.004	.318
	Nolla's score	0.775	0.315	.237	2.460	.016
$R_{multiple}$ = .237, R^2 = .056, F(1,102) = 6.05, p = 0.016						
4 - (20 to 34 years)	(Constant)	-214.810	362.659		-0.592	.555
	Nolla's score	2.501	1.898	.147	1.318	.191
$R_{multiple}$ = .147, R^2 = .022, F(1,79) = 1.74, p = .191						
1 - Nolla's formula (4 to 10 years): Chronological age = 54.854 + 0.426x Nolla's score						
2 - Nolla's formula (11 to 15 years): Chronological age = 53.152 + 0.591x Nolla's score						
3 - Nolla's formula (16 to 19 years): Chronological age = 59.680+ 0.775x Nolla's score						

We find that the Nolla method progressively loses predictive capacity as the age-group rises. Therefore, we obtain greater prediction of chronological age from 4 to 10 years (71.5% of total variance of chronological age), gradually diminishing from 11 to 15 (42.6%), from 16 to 19 (only 4.7%) and is not significant beyond 20 years (p = .191).

Table 4 indicates the Nolla formulas for the three age-groups where the method was found to be significant. Tables 5 and 6 present the regression analysis for the three age-groups, for men and women. We find that up to 15 years of age, the method is a more accurate predictor of chronological age for males. It is also observed that for 16 to 19 year-old males (age-group 3), the method showed low accuracy, although significant, while for females of the same age the method had no predictive value (see Table 6).

Table 5 – Regression analysis of chronological age predicted by the Nolla method for three age-groups for males

Age-group	Males					
		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.
1 - (4 to 10 years)	Constant	-3.109	.563		-5.519	.000
	Nolla's score	0.210	.010	.849	20.291	.000
	R = .849, R^2 = .721, F(1,159) = 411.73, p < 0.001					
2 - (11 to 15 years)	Constant	-4.537	1.383		-3.280	.001
	Nolla's score	0.265	0.021	.698	12.693	.000
	R = .698, R^2 = .487, F(1,170) = 161.11, p < 0.001					
3 - (16 to 19 years)	Constant	-12.893	14.678		-0.878	.384
	Nolla's score	0.432	0.211	.289	2.044	.047
	R = .289, R^2 = .083, F(1,46) = 4.18, p = 0.047					

1 - Nolla's formula (4 to 10 years): Chronological age = -3.109+ 0.210xNolla's score

2 - Nolla's formula (11 to 15 years): Chronological age = -4.537+ 0.265x Nolla's score

3 - Nolla's formula (16 to 19 years): Chronological age = -12.893+ 0.432x Nolla's score

Table 6 – Regression analysis of chronological age predicted by the Nolla method for three age-groups for females

Age-group	Females					
		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.
1 - (4 to 10 years)	Constant	-3.492	0.583		-5.985	.000
	Nolla's score	0.211	0.010	.852	20.659	.000
$R_{multiple}$ = .852, R^2 = .726, F(1,161) = 426.78, p < 0.001						
2 - (11 to 15 years)	Constant	-14.176	2.422		-5.852	.000
	Nolla's score	0.401	0.036	.689	11.178	.000
$R_{multiple}$ = .689, R^2 = .475, F(1,138) = 124.95, p < 0.001						
3 - (16 to 19 years)	-4.847	15.333		-.316	-.316	.753
	.317	0.221	0.192	1.438	1.438	.156
$R_{multiple}$ = .192, R^2 = .037, F(1,54) = 2.07, p = 0.156						

1 - Nolla's formula (4 to 10 years): Chronological age = -3.492+ 0.211xNolla's score

2 - Nolla's formula (11 to 15 years): Chronological age = -14.176+ 0.401x Nolla's score

3 - Nolla's formula (16 to 19 years): Chronological age = -4.847+ 0.317xNolla's score

4. Discussion

Chronological age estimation is important for several reasons, namely for paediatric dentistry, orthodontics, to make a true diagnosis and treatment planning, and in anthropology and forensic odontology to identify cases. Our objective was to test the accuracy of the Nolla (1960) method with a Spanish and Portuguese sample. Through global dental maturity, we found the method accounted for 64.4% of total variance of chronological age. The prediction using the Central Incisor, Canine, First Premolar, Second Premolar, First Molar and Second Molar teeth of the 3rd quadrant

explained 74.5% of the total variance of chronological age. The Lateral Incisor of the same quadrant was not shown to be a significant predictor in our sample.

The study by Bolanos et al. (2000) tested various combinations of teeth to determine which was most effective in estimating dental age. The authors found more accurate results with teeth 43, 44, 46 and 47 (R^2 = 82.2%) for boys and with teeth 43, 44 and 47 (R^2 = 82.4%) for girls. These differences in the proportion of variance explained in relation to our study may be due to the characteristics of the two samples, namely age differences, since the study by Bolanos et al. (2000) was carried out with a sample of 3 to 15 year olds whereas our study also included individuals aged over 15. Indeed, in our sample, the Nolla method was not shown to be significant beyond 20 years and only predicted 4.7% of chronological age of 16 to 19 year olds. Nevertheless, up to 10 years of age, the method was quite accurate (R^2 = 71.5%), and between 11 and 15 years it explained 42.6% of the total variability of chronological age.

We set out from the principle, and our results give empirical support, that the variables of individual tooth development, age group patterns and gender influence the accuracy of the Nolla method. It was therefore demonstrated with a Spanish and Portuguese sample that the Nolla (1960) method loses predictive capacity on progressing through the age-groups, a result agreeing with the literature that already tested this method (Bolanos et al., 2000; Maber et al., 2006; Miloglu et al., 2011; Kirzioglu & Ceyhan, 2012). In the study by Bolanos et al. (2000), the method was more accurate for children up to 10 years old. Maber et al. (2006) found underestimation in all age-groups, although above 10 years old the underestimation increased by more than one year. In the study by Miloglu et al. (2011), differences between chronological age and age estimated by the Nolla method were less in younger children, namely between 7 (minimum age in the sample) and 10. Kirzioglu and Ceyhan (2012) also found the method was only a significant predictor of chronological age in children up to 12 years old. The results obtained with our sample are in agreement with the results of these studies.

We also found that estimation of chronological age by the Nolla method was more accurate for men than for women (69% of total variance for men and 61.4% for women). Up to 15 years of age, the method was seen to be a more accurate predictor of chronological age for males. For 16 to 19-year-old males, the method showed low accuracy, although significant, unlike for girls of the same age, where the method was not able to predict chronological age. A possible explanation for the lower reliability and accuracy with girls may be pre-pubertal or pubertal growth changes. In general, studies conclude that methods lose effectiveness from puberty/adolescence onwards (Nik-Hussein et al., 2011; Feijóo et al., 2012; Kirzioglu & Ceyhan, 2012; Djukic et al., 2013).

Our results support that dental maturity development curves are explicitly different between males and females, being in agreement with other studies made with the Nolla method (Holtgrave et al., 1997, Bolanos et al., 2000, Maber et al., 2006, Miloglu et al., 2011, Kirzioglu & Ceyhan, 2012).

5. Conclusion

The Nolla method can be applied to children and teenagers in the north of Portugal and Galicia (Spain). However, when using Nolla standards for this population, special caution is recommended when the estimated age is above 10 years old, since the method was quite accurate up to that age but gradually lost accuracy as the age of the sample increased.

Besides age, the method should consider participants' gender. We therefore created Nolla formulas adapted for this sample as a function of age-group and sex.

We conclude that accurate estimation of chronological age via the Nolla method is not a straightforward process. Future research with multi-ethnic samples will be needed to confirm the applicability of Nolla's method to other populations.

References

Bagherpour A, Imanimoghaddam M, Bagherpour MR, Einolghozati M (2010). Dental age assessment among Iranian children aged 6-13 years using the Demirjian method. *Forensic Sci Int* 197: 121.e1-121.e4.

Birch W, Dean MC (2014). A method of calculating human deciduous formation times and of estimating the chronological ages of stressful events occurring during deciduous enamel formation. *J Forensic and Legal Medicine* 22: 127-144.

Blenkin M, Taylor J (2012). Age estimation charts for a modern Australian population. *Forensic Sci Int* 221: 106-112.

Bolaños MV, Manrique MV, Bolaños MJ, Briones MT (2000). Approaches to chronological age assessment based on dental calcification. *Forensic Sci Int* 110: 97-106.

Caro AC, & Contreras IC (2001). Analisis y comparacion de cuatro metodos radiograficos para determiner la edad dental (maduracion dental) en dientes permanents. *Int J Dental Anthropol* 2: 9-15.

Chen JW, Guo J, Zhou J, Liu RK, Chen TT, Zou SJ (2010). Assessment of dental maturity of western Chinese children using Dermijian's method. *Forensic Sci Int* 197: 119.e1-119.e4.

Demirijian A, Goldstein H, Tanner JM (1973). A new system of dental age assessment. *Human biology 45*: 211-227.

Djukic K, Zelic K, Milenkovic P, Nedeljovic N, Djuric M (2013). Dental age assessment validity of radiographic methods on Serbian children population. *Forensic Antrop Pop Data* 231: 398.e1-398.e5.

Djukic K, Zelic K, Milenkovic P, Nedeljovic N, Djuric M (2013). Dental age assessment validity of radiographic methods on Serbian children population. *Forensic Antrop Pop Data* 231: 398.e1-398.e5.

Feijoo G, Barberia A, De Nova J, Prieto JL (2012). Dental age estimation in Spanhish children. *Forensic Sci Int* 223: 371.e1-371.e5.

Flood SJ, Franklin D, Turlach BA, McGeachie J (2013). A comparison of Demirjian's four dental development methods for forensic age estimation in South Australian sub-aduls. *J Forensic Legal Med* 20: 875-883.

Galic I., Vodanovic M, Jankovic, Mihanovic F, Nakas E, Prohic S, Galic E, & Brkic H (2013). Dental age estimation on Bosnian-Herzegovinian children aged 6-16 years: Evaluation of Chaillet's international maturity standards. *J Forensic Legal Med* 20: 40-45.

Haavikko K (1974). Tooth formation age estimated on a few selected teeth: A simple method for clinical use. *Proc Finn Dent Soc* 70: 15-19.

Havikko K. (1970). The formation and the alveolar and clinical eruption of the permanent teeth: An orthopantomographic study. *Proc Finn Dent Soc* 66: 103-170.

Holtgrave EA, Kretschmer R, Müller R (1997). Acceleration in dental development: Fact or fiction. *Eur J Orthod* 20: 703-710.

Jayaraman J, Wong HM, King NM, Roberts GJ (2013). The French-Canadian data set of Demirjian for dental age estimation: A systematic review and meta-analysis. *Forensic Sci Int* 20: 373-381.

Khorate MM, Dinkar AD, Ahmed J (2014). Accuracy of age estimation methods from orthopantomograph in forensic odontology: A comparative study. *Forensic Sci Int* 234: 184.e1-184.e8.

Kirzioglu Z, Ceyhan D (2012). Accuracy of different dental age estimation methods on Turkish children. *Forensic Sci Int* 216: 61-67.

Lee SS, Byuin YS, Park MJ, Choi JH, Yoon CL, Shin KJ (2010). The chronology of second and third molar mineralization in Koreans and its application to forensic age estimation. *Int J Legal Med* 124: 659-665.

Maber M, Liversidge HM, Hector MP (2006). Accuracy of age estimation of radiographic methods using developing teeth. *Forensic Sci Int* 159S: 68-73.

Miloglu O., Celikoglu M., Dane A., Cantekin K., & Yilmaz AB (2011). Is the assessment of dental age by the Nolla Method valid for Eastern Turkish children? *J Forensic Sci* 56(4): 1025-1028.

Moradi M, Sirous M, Morovatti P (2012). The reliability of skeletal age determination in an Iranian sample using Grelich and Pyle method. *Forensic Sci Int 223*(1): 372.e1-372.e4.

Nik-Hussein NN, Kee KM, Gan P (2011). Validity of Femirjian and Willems methods for dental age estimation for Malaysian children aged 5-15 years old. *Forensic Sci Int* 204: 208e.1-2086.6.

Nolla CM (1960). The development of the permanent teeth. *J Dent Child* 27: 254-266.

Sarkar SS, Kailasam SB, Kumar PM (2013). Accuracy of estimation of dental age in comparison with chrnological age in Indian population: A comparative analysis of two formulas. *J of Forensic and Legal Medicine* 20: 230-233.

Staaf V, Mörnstad H, Welander U (1991). Age estimation based on tooth development: A test of reliability and validity. *Scand J Dent Res* 99: 281-286.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA