

Universidad Católica de Santa María

Escuela de Postgrado

Maestría en Odontoestomatología



RELACIÓN ENTRE LA EDAD DENTAL SEGÚN DEMIRJIAN EN BASE A CUATRO DIENTES Y LA EDAD CRONOLÓGICA EN RADIOGRAFÍAS PANORÁMICAS DE NIÑOS DE 7 A 11 AÑOS EN CENTRO DIAGNOSTICO MAXILOFACIAL DIAGNO CENTER TACNA, 2016

Tesis presentada por el Bachiller:

Loayza Lupaca, Antonio Carlos

para optar el Grado Académico de

Maestro en Odontoestomatología

Asesor:

Dr. Rosado Linares, Martín Larry

Arequipa-Perú

2018

**BOLETA DE NOMBRAMIENTO DE JURADO DICTAMINADOR N° 111:
BORRADOR DE TESIS PARA EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO**

Arequipa 26 de julio del 2018

Sr. Dr. Hugo Tejada Pradell.

Director de la Escuela de Postgrado de la UCSM.

De mi consideración:

En concordancia al Reglamento de Graduación de Maestro de la EPG-UCSM. Cumplo con emitir dictamen favorable al Borrador de Tesis titulada: "RELACIÓN ENTRE LA EDAD DENTAL SEGÚN DERMIRJIAN EN BASE A CUATRO DIENTES Y LA EDAD CRONOLÓGICA EN RADIOGRAFÍAS PANORÁMICAS DE NIÑOS DE 7 A 11 AÑOS EN DIAGNOSTICO MAXILOFACIAL DIAGNOCENTER TACNA, 2016" Presentado por la Bachiller:

LOAYZA LUPACA, Antonio Carlos.

Expediente Nro. 20180000022429

Para optar el Grado Académico de MAESTRO EN ODONTOESTOMATOLOGIA.

Atentamente



Dr. Hugo Tejada Pradell

Docente-Dictaminador

DICTAMEN DE BORRADOR DE TESIS

Arequipa, 22 de mayo del 2018.

Señor
Dr. HUGO TEJADA PRADELL
Director de la Escuela de Postgrado de la UCSM
Presente.-

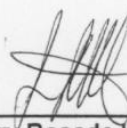
Asunto: Dictamen del Borrador de Tesis titulado: RELACIÓN ENTRE LA EDAD DENTAL SEGÚN DEMIRJIAN EN BASE A CUATRO DIENTES Y LA EDAD CRONOLOGICA EN RADIOGRAFÍAS PANORÁMICAS DE NIÑOS DE 7 A 11 AÑOS EN DIAGNÓSTICO MAXILOFACIAL DIAGNO CENTER. TACNA, 2016

Maestría: LOAYZA LUPACA, ANTONIO CARLOS

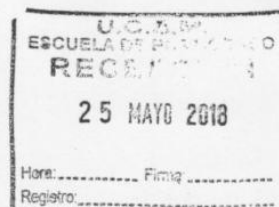
Habiendo revisado dicho Borrador de Tesis, me permito sugerir la corrección de las siguientes páginas: índice de tablas (tabla 1), índice de gráficas, 2, 3, 8, (tabla 4), 9 (gráfica 4), 18, 22, 41 y 103.

Subsanadas estas indicaciones el presente borrador de tesis cuenta con mi **OPINIÓN FAVORABLE.**

Atentamente.



Dr. Larry Rosado Linares
Jurado Dictaminador



Arequipa, 11 de julio del 2018

Doctor Hugo Tejada Pradell

Director de la Escuela de Postgrado

Habiendo revisado el borrador de tesis titulado: **“RELACIÓN ENTRE LA EDAD DENTAL SEGÚN DEMIRJIAN EN BASE A CUATRO DIENTES Y LA EDAD CRONOLÓGICA EN RADIOGRAFÍAS PANORÁMICAS DE NIÑOS DE 7 A 11 AÑOS EN CENTRO DIAGNÓSTICO MAXILOFACIAL DIAGNO CENTER, TACNA, 2016”**.

Presentado por el bachiller: **LOAYZA LUPACA, Antonio Carlos**, para optar el grado de **MAESTRO EN ODONTOESTOMATOLOGÍA**.

Doy Dictamen Favorable al presente borrador.

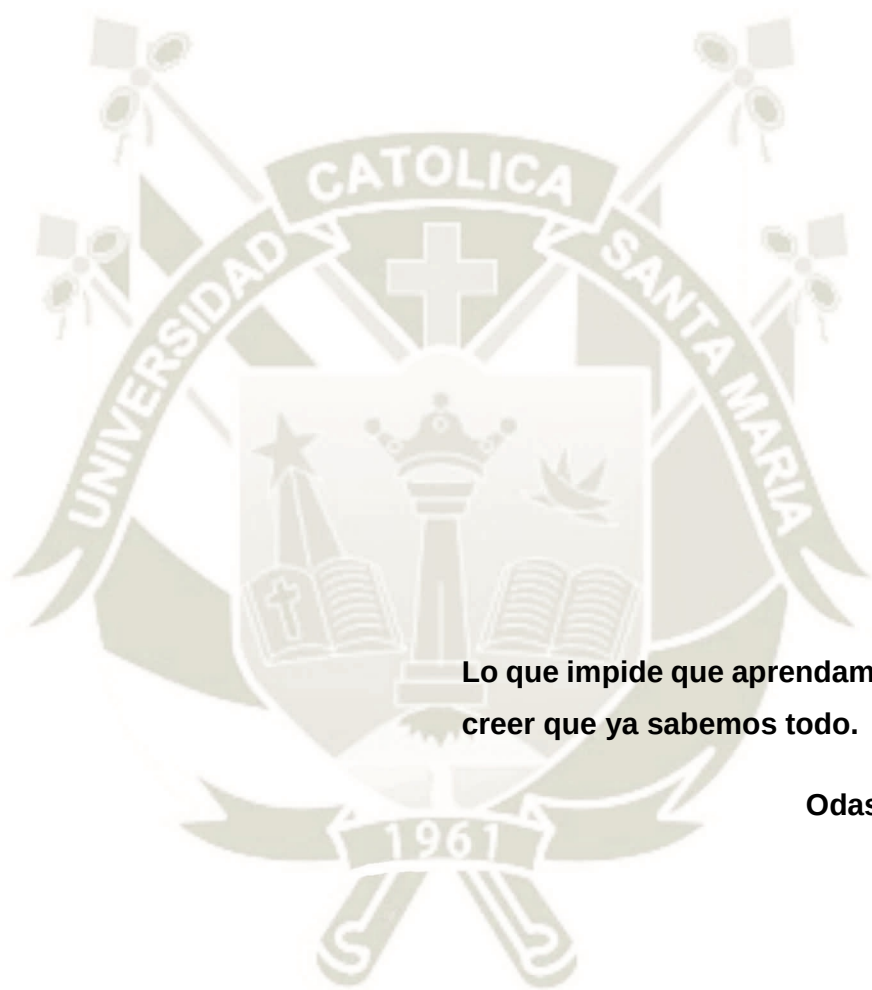
Atte.



Doctora Elsa Vásquez Huerta.

A mis padres, Carlos y Dora, que con su amor, trabajo y sacrificio; hicieron posible mi más anhelada profesión.

A mi esposa Rosa, por su estímulo. A mis hijas Sandra Ximena y Rosa Alejandra, por su amor, apoyo y comprensión.



**Lo que impide que aprendamos más, es
creer que ya sabemos todo.**

Odasor Seranil.

INTRODUCCIÓN

La edad dental constituye resultado de un proceso continuo de maduración de las estructuras dentarias durante su formación calcificación, emergencia y erupción en la cavidad bucal.

En el caso de la presente investigación, la edad dental es determinada por el método de Demirjian que compara el estado de desarrollo radiológico de los dientes con un sistema de valoración o escala de maduración, asignando a cada diente una puntuación de acuerdo a su estadio de desarrollo.

La suma de los diferentes puntos genera el valor de madurez el cual es transformado en la edad dental con la ayuda de unas tablas convencionales. En el caso del presente estudio se han tomado 4 piezas dentarias primero y segundo premolar inferior izquierdo; primero y segundo premolar inferior izquierdo; primero y segundo molar del mismo lado. Cuanto mejor es la suma de puntos, menor es la edad dental. Este método es bastante preciso, pues el análisis que plantea se basa en la valoración de los cambios morfológicos del diente y no en proporciones o distancias, asimismo es reproducible y facilita la comparación con otros estudios, y tiene muy en cuenta el grado de mineralización de cada diente y el género del paciente.

La edad cronológica se refiere más a la edad biológica del paciente que permite valorar el grado de desarrollo y de maduración somática del paciente.

La presente investigación busca evaluar la relación entre la edad dental y la edad cronológica en niños de 7 a 11 años, empleando el método de Demirjian.

La tesis consta medularmente de capítulo único referido a los resultados de la investigación, en los que se procesa y analiza estadísticamente la información obtenida de las variables, en respuesta a las interrogantes, objetivos e hipótesis, a través de tablas y gráficas. Luego se presenta la discusión, las conclusiones y las recomendaciones.

Finalmente, se incluye la Bibliografía, la Hemerografía y los Anexos correspondientes donde el Proyecto de Investigación asume rol prioritario.

RESUMEN

La presente investigación tiene por objeto evaluar la relación entre la edad dental y la edad cronológica empleando el método de Demirjian sobre 4 piezas dentarias en radiografías panorámicas de niños de 7 a 11 años en el Centro Diagnóstico Maxilofacial “Diagno Center” de la ciudad de Tacna.

Es un estudio observacional, transversal, retrospectivo, descriptivo, documental y de nivel relacional, en el que la edad dental ha sido evaluada mediante observación radiográfica panorámica a través del método de Demirjian en 4 dientes: primer y segundo premolar inferiores izquierdo; primer y segundo molar análogos del mismo lado, considerando la tabla valorativa de Demirjian en relación a los diferentes estadios de desarrollo dentario, según las categorías: A, B, C, D, E, F, G y H. La edad cronológica ha sido investigada por observación documental. Ambas variables, por ser cuantitativas, han requerido de medias, desviación estándar, valores máximo y mínimo, el rango y la Rho de Pearson para evaluar la correlación entre dichas variables.

La edad dental promedio obtenida fue de 8.7 años; la edad cronológica media, fue de 9.24 años, estableciéndose una correlación significativa directa o positiva media tendencia a considerable en niños y relativa en niñas, acorde a los valores de Rho respectivos de 0.6 y 0.3. Consecuentemente se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, con un nivel de significación de 0.05.

Palabras claves

- Edad dental
- Edad cronológica

ABSTRACT

This research has the aim to evaluate the relationship between dental age and chronologic age using Demirjian's method on 4 teeth through panoramic radiographies of children from 7 to 11 yers old in Maxilofacial Diagnostic Center "Diagno Center" at Tacna city.

It is an observational, sectional, prospective, descriptive and documental study of relational level, in which dental age has been evaluated through panoramic radiographic observation with Demirjian method's on 4 teeth: first and second mandibular left premolars and molar; first and second analogue molars of the same side, considering the Demirjian's valorative table about different stadios od dental development through, the categories: A, B, C, D, F, G and it. The chronologic age has been researched through documental observation. Due to its cuantitativo indol, the variables have been required means, standard desviation, maximum and minimun values, rank and Pearson's Rho to evaluate the relationship between mentioned variables.

The dental promedium obtained age was 8.7 years; the medial chronologic age was 9.24 years old, stablishing a significative direct and positive relationship middle tending considerable for boys, and relative for girls, accord to Rho values of 0.6 and 0.3, each other. So null hypothesis is refused and alternative hypothesis is accepted, with a significance level of 0.05.

Key words:

- Dental age
- Chronologic age

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN

RESUMEN

ABSTRACT

CAPÍTULO ÚNICO RESULTADOS	1
PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS	2
DISCUSIÓN	26
CONCLUSIONES.....	29
RECOMENDACIONES	30
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
ANEXOS	34
ANEXO N° 1 PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	35
ANEXO N° 2 MATRIZ DE SISTEMATIZACIÓN	118
ANEXO N° 3 CÁLCULOS ESTADÍSTICOS	125
ANEXO N° 4 SECUENCIA FOTOGRÁFICA.....	127

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1	Distribución del género en la población estudiada en el Centro de Diagnóstico Maxilofacial “Diagno Center”	2
TABLA N° 2	Estadísticos de la edad en niños.....	4
TABLA N° 3	Estadísticos de la edad dental en niñas	6
TABLA N° 4	Edad dental según género	8
TABLA N° 5	Estadísticos de la edad cronológica en niños	10
TABLA N° 6	Estadísticos de la edad cronológica en niñas	12
TABLA N° 7	Edad cronológica según género.....	14
TABLA N° 8	Relación matemática entre la edad dental y la edad cronológica en niños	16
TABLA N° 9	Correlación estadística entre la edad dental y la edad cronológica en niños	18
TABLA N° 10	Relación matemática entre la edad dental y la edad cronológica en niñas	20
TABLA N° 11	Correlación estadística entre la edad dental y la edad cronológica en niñas	22
TABLA N° 12	Correlación estadística entre la edad dental y la edad cronológica según género	24

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N° 1	Distribución del género en la población estudiada en el Centro de Diagnóstico Maxilofacial “Diagno Center”	3
GRÁFICO N° 2	Estadísticos de la edad en niños	5
GRÁFICO N° 3	Estadísticos de la edad dental en niñas.....	7
GRÁFICO N° 4	Edad dental según género.....	9
GRÁFICO N° 5	Estadísticos de la edad cronológica en niños	11
GRÁFICO N° 6	Estadísticos de la edad cronológica en niñas	13
GRÁFICO N° 7	Edad cronológica según género	15
GRÁFICO N° 8	Relación matemática entre la edad dental y la edad cronológica en niños	17
GRÁFICO N° 9	Correlación estadística entre la edad dental y la edad cronológica en niños.....	19
GRÁFICO N° 10	Relación matemática entre la edad dental y la edad cronológica en niñas	21
GRÁFICO N° 11	Correlación estadística entre la edad dental y la edad cronológica en niñas.....	23
GRÁFICO N° 12	Correlación estadística entre la edad dental y la edad cronológica según género.....	25



CAPÍTULO ÚNICO

RESULTADOS

PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

TABLA N° 1

Distribución del género en la población estudiada en el Centro de Diagnóstico Maxilofacial “Diagno Center”

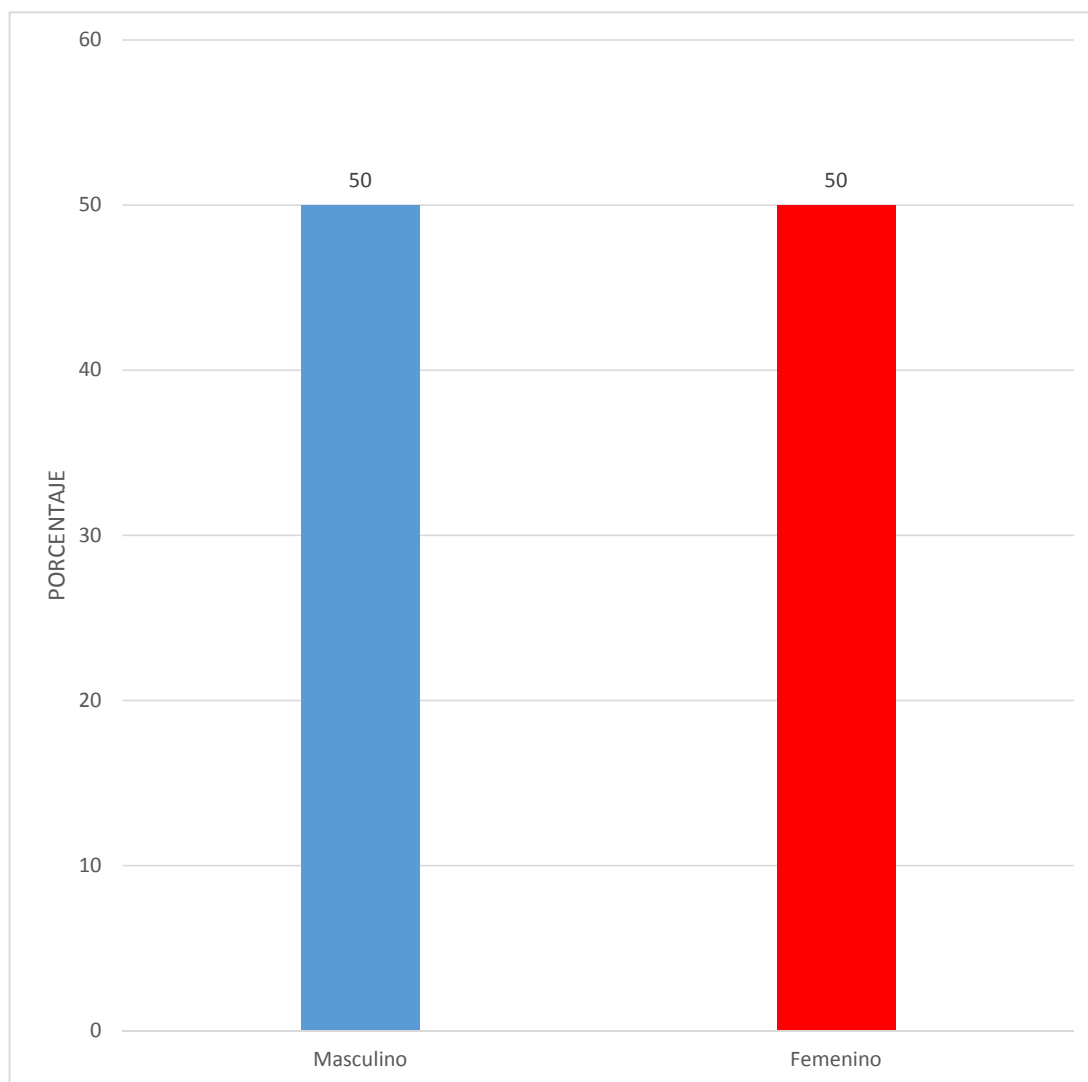
GÉNERO	N°	%
Masculino	23	50.00
Femenino	23	50.00
TOTAL	46	100.00

Fuente: Elaboración personal (Matriz de sistematización)

En el Centro de Diagnóstico Maxilofacial “Diagno Center” de la ciudad de Tacna se han investigado 23 radiografías panorámicas para cada género que representan el 50% de un total de 46.

GRÁFICO N° 1

Distribución del género en la población estudiada en el Centro de
Diagnóstico Maxilofacial “Diagno Center”



Fuente: Elaboración personal (Matriz de sistematización)

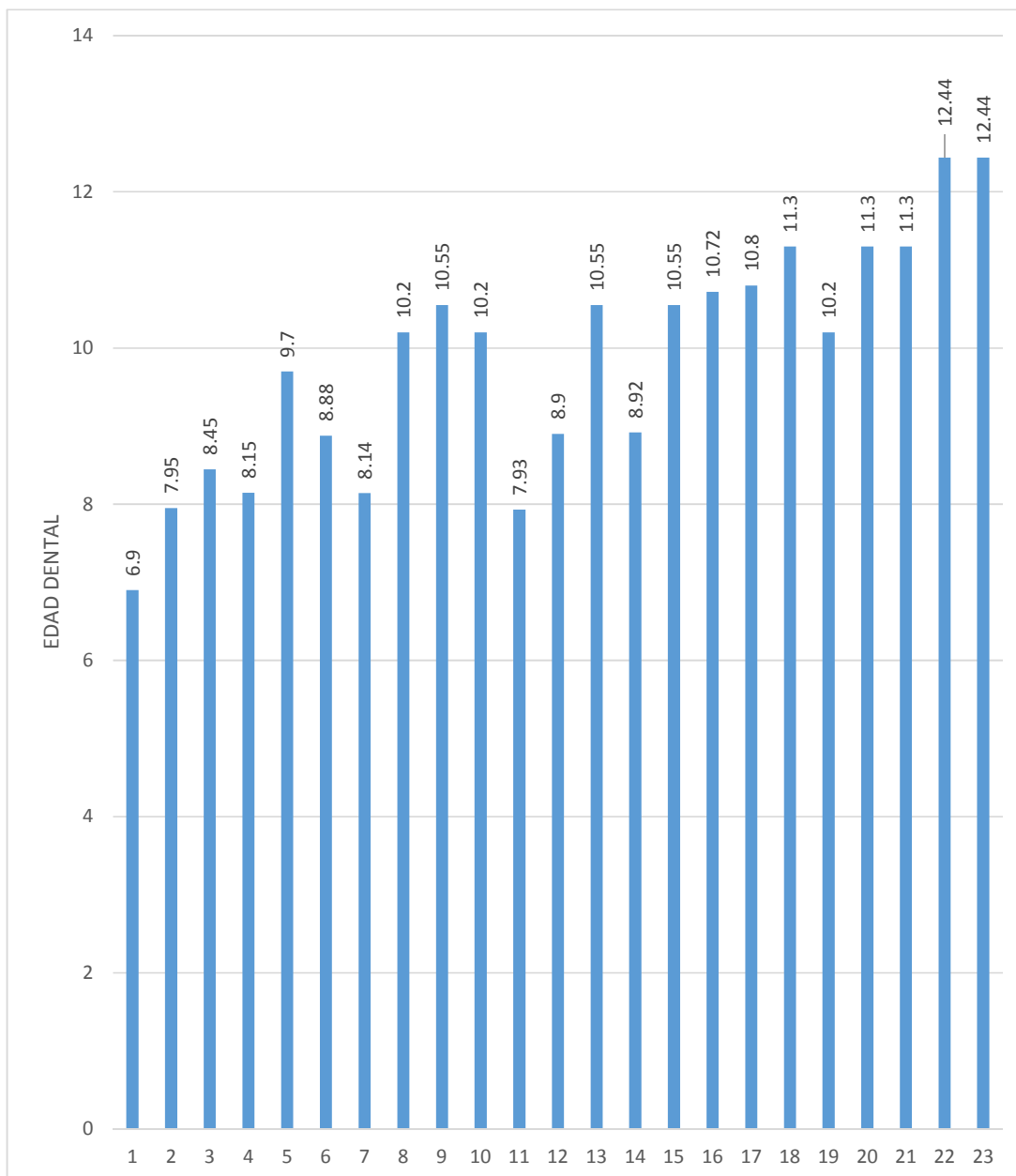
TABLA N° 2
Estadísticos de la edad en niños

UNIDADES DE ANÁLISIS		EDAD DENTAL
1.		6.90
2.		7.95
3.		8.45
4.		8.15
5.		9.70
6.		8.88
7.		8.14
8.		10.20
9.		10.55
10.		10.20
11.		7.93
12.		8.90
13.		10.55
14.		8.92
15.		10.55
16.		10.72
17.		10.80
18.		11.30
19.		10.20
20.		11.30
21.		11.30
22.		12.44
23.		12.44
ESTADÍSTICOS		8.95
	Desviación estándar	2.33
	$X_{\text{máx}}$	12.44
	$X_{\text{mín}}$	6.90
	Rango	5.54
	N	23.00

Fuente: Elaboración personal (Matriz de sistematización)

En niños del mencionado centro se ha registrado una edad dental promedio de 8.95 años, la misma que ha oscilado en un rango de 5.54 años entre 12.44 y 6.90 años, para los valores máximo y mínimo respectivamente. La desviación estándar de 2.33 refleja una relativa heterogeneidad de los datos.

GRÁFICO N° 2
Estadísticos de la edad en niños



Fuente: Elaboración personal (Matriz de sistematización)

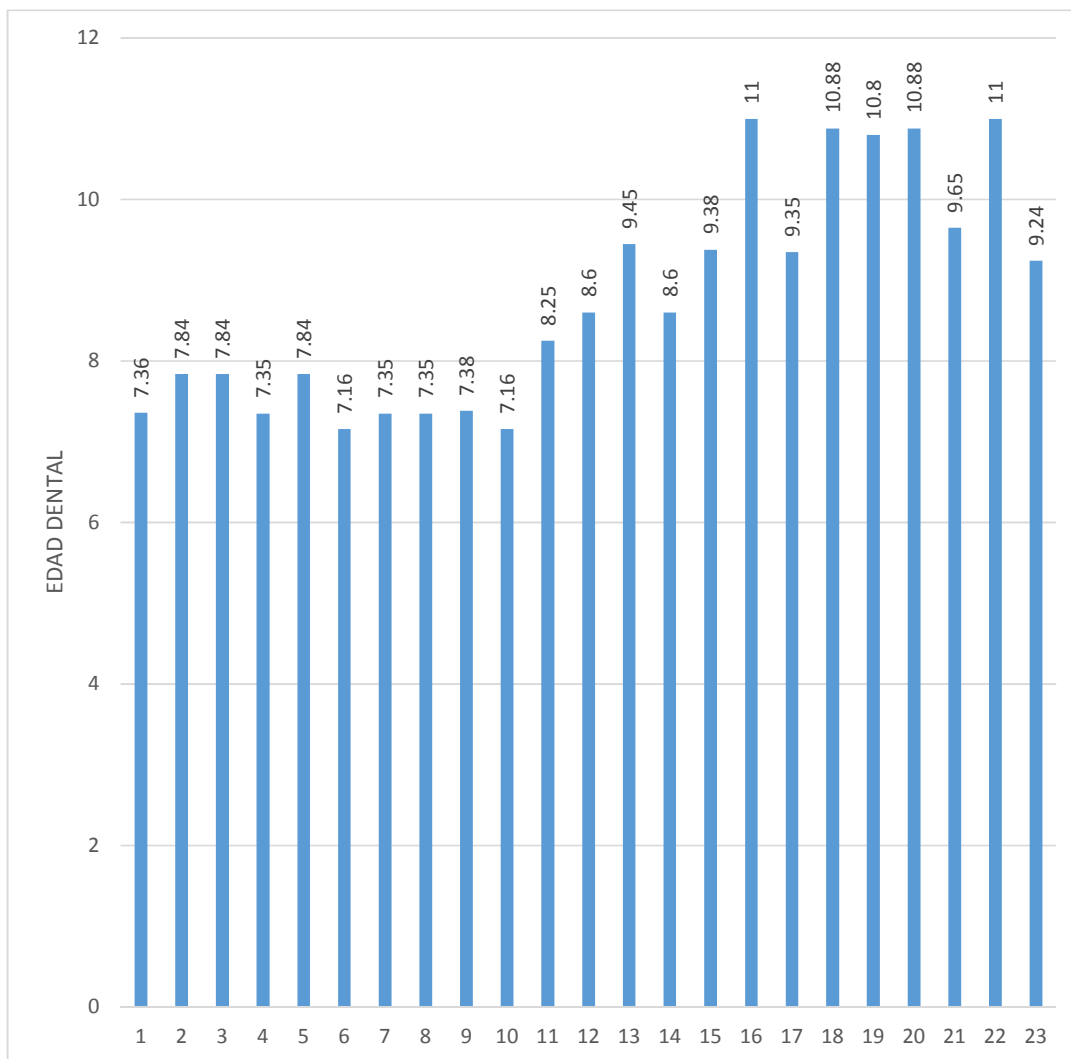
TABLA N° 3
Estadísticos de la edad dental en niñas

UNIDADES DE ESTUDIOS		EDAD DENTAL
1.		7.36
2.		7.84
3.		7.84
4.		7.35
5.		7.84
6.		7.16
7.		7.35
8.		7.35
9.		7.38
10.		7.16
11.		8.25
12.		8.60
13.		9.45
14.		8.60
15.		9.38
16.		11.00
17.		9.35
18.		10.88
19.		10.80
20.		10.88
21.		9.65
22.		11.00
23.		9.24
ESTADÍSTICOS	$\bar{X}$	8.45
	Desviación estándar	1.64
	$X_{\text{máx}}$	11.00
	$X_{\text{mín}}$	7.16
	Rango	3.84
	N	23

Fuente: Elaboración personal (Matriz de sistematización)

En niñas, la edad dental promedio fue de 8.45 años, el cual fluctuó entre 11 y 7.16 años, configurando un rango diferencial de 3.84 y una desviación estándar de 1.64, indicativa de una distribución de relativa homogeneidad.

GRÁFICO N° 3
Estadísticos de la edad dental en niñas



Fuente: Elaboración personal (Matriz de sistematización)

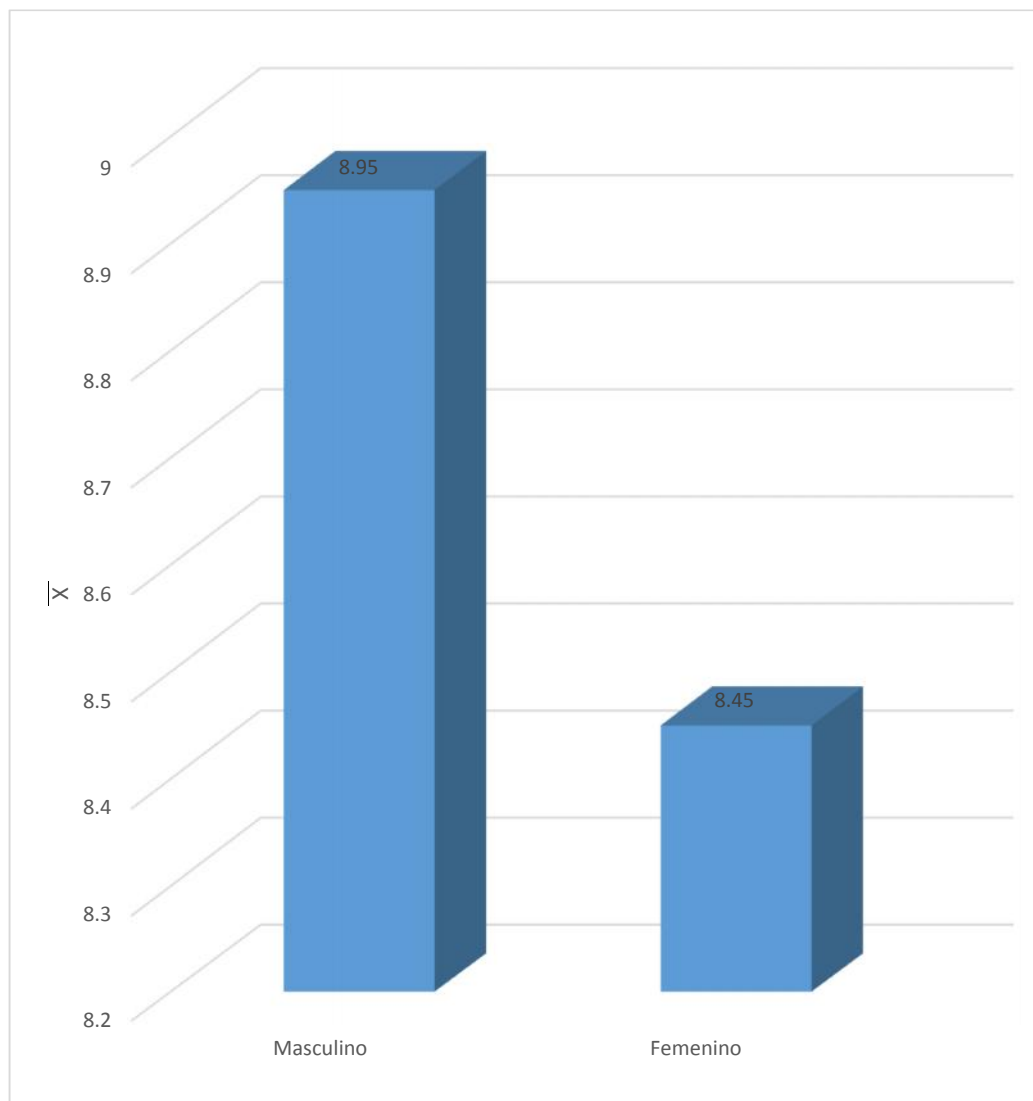
TABLA N° 4
Edad dental según género

GÉNERO	N°	EDAD DENTAL				
		$\bar{x}$	S	Xmáx	Xmin	R
Masculino	23	8.95	2.33	12.44	6.90	5.54
Femenino	23	8.45	1.64	11.00	7.16	3.84
		$\bar{x}_1 - \bar{x}_2$	0.5			
		$\bar{x}_T$	8.7			

Fuente: Elaboración personal (Matriz de sistematización)

Los niños han mostrado dentro de la exigua diferencia un mayor promedio en la edad dental que las niñas, a juzgar por los promedios etéreos respectivos de 8.95 y 8.45 años, configurando una mínima diferencia entre medias de 0.5, y un promedio global de 8.7 años. La variabilidad etérea es ligeramente mayor en niños, en consideración a las desviaciones estándar y rangos.

GRÁFICO N° 4
Edad dental según género



Fuente: Elaboración personal (Matriz de sistematización)

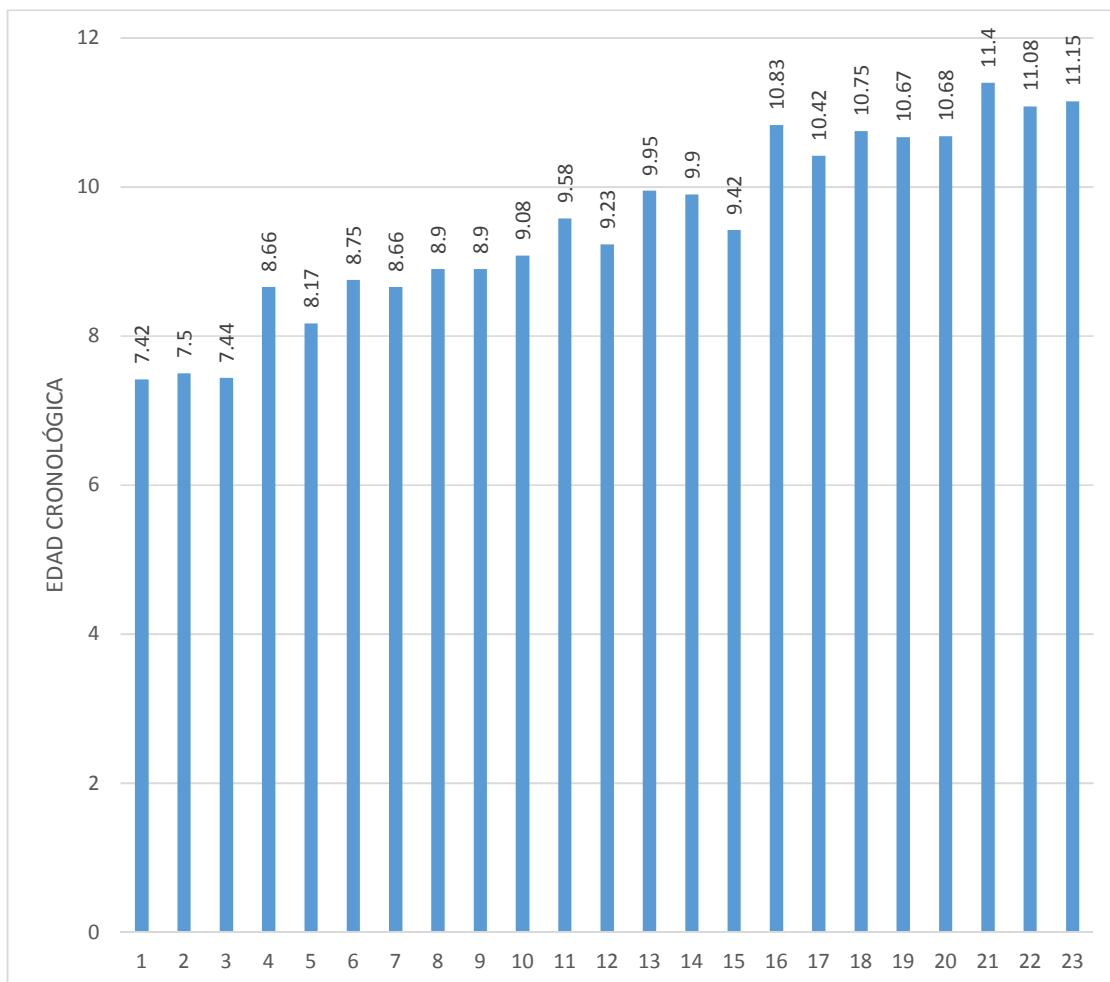
TABLA N° 5
Estadísticos de la edad cronológica en niños

UNIDADES DE ESTUDIOS		EDAD CRONOLÓGICA
1.		7.42
2.		7.50
3.		7.44
4.		8.66
5.		8.17
6.		8.75
7.		8.66
8.		8.90
9.		8.90
10.		9.08
11.		9.58
12.		9.23
13.		9.95
14.		9.90
15.		9.42
16.		10.83
17.		10.42
18.		10.75
19.		10.67
20.		10.68
21.		11.40
22.		11.08
23.		11.15
ESTADÍSTICOS	$\bar{X}$	9.04
	Desviación estándar	1.81
	$X_{\text{máx}}$	11.40
	$X_{\text{mín}}$	7.42
	Rango	3.98
	N	23

Fuente: Elaboración personal (Matriz de sistematización)

En niños, la edad cronológica promedio estimada fue de 9.04 años, medida fluctuante entre un valor máximo de 11.40 y un valor mínimo de 7.42, determinando un rango inferible de 3.98. Respecto a la dispersión, a juzgar por el valor de desviación estándar, se observa una escasa variabilidad en los puntajes etéreos.

GRÁFICO N° 5
Estadísticos de la edad cronológica en niños



Fuente: Elaboración personal (Matriz de sistematización)

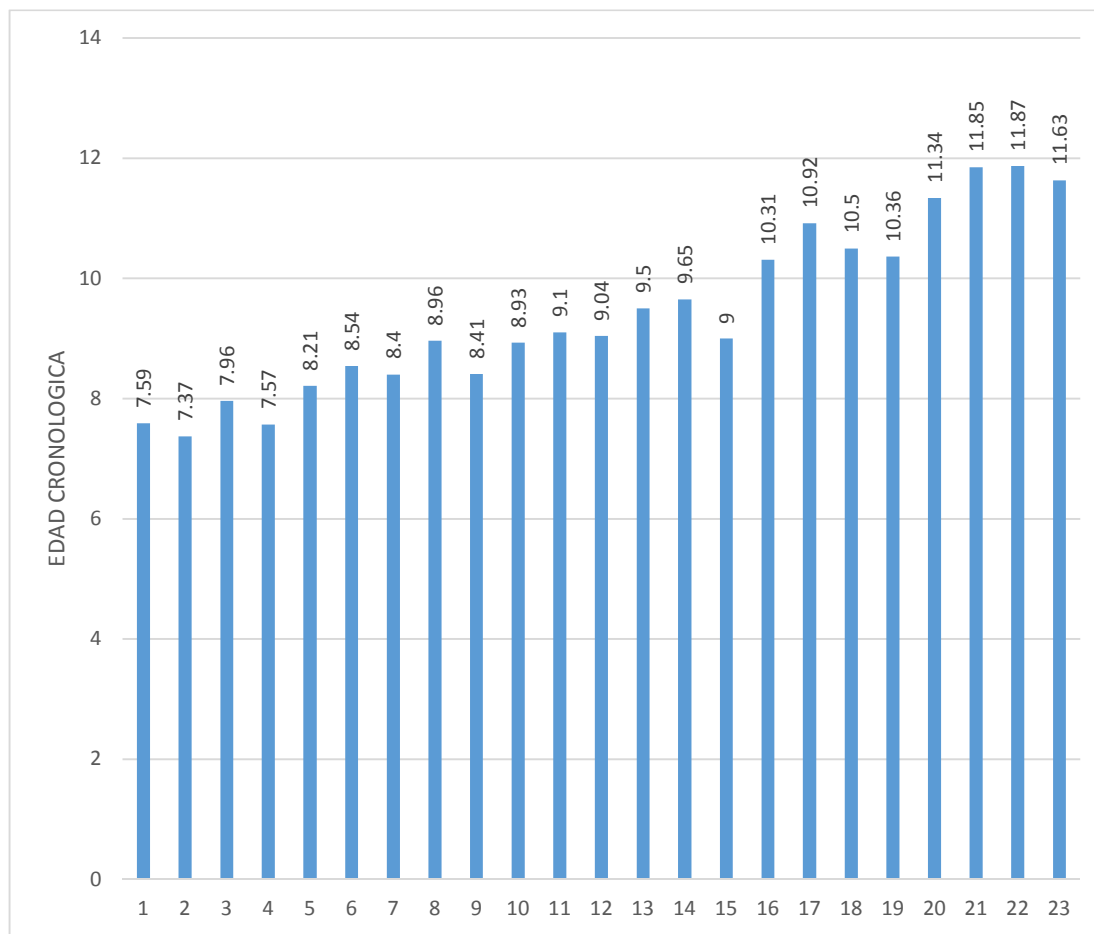
TABLA N° 6
Estadísticos de la edad cronológica en niñas

UNIDADES DE ESTUDIOS		EDAD CRONOLÓGICA
1.		7.59
2.		7.37
3.		7.96
4.		7.57
5.		8.21
6.		8.54
7.		8.40
8.		8.96
9.		8.41
10.		8.93
11.		9.10
12.		9.04
13.		9.50
14.		9.65
15.		9.00
16.		10.31
17.		10.92
18.		10.50
19.		10.36
20.		11.34
21.		11.85
22.		11.87
23.		11.63
ESTADÍSTICOS		9.44
	Desviación estándar	2.01
	X _{máx}	11.87
	X _{mín}	7.37
	Rango	4.50
	N	23

Fuente: Elaboración personal (Matriz de sistematización)

En niñas, la edad cronológica promedio fue de 9.44 años, determinada entre 11.87 como valor máximo y 7.37 como valor mínimo, determinando un rango de 4.50 y una desviación estándar de 2.01 indicativa de una relativa heterogeneidad en los datos.

GRÁFICO N° 6
Estadísticos de la edad cronológica en niñas



Fuente: Elaboración personal (Matriz de sistematización)

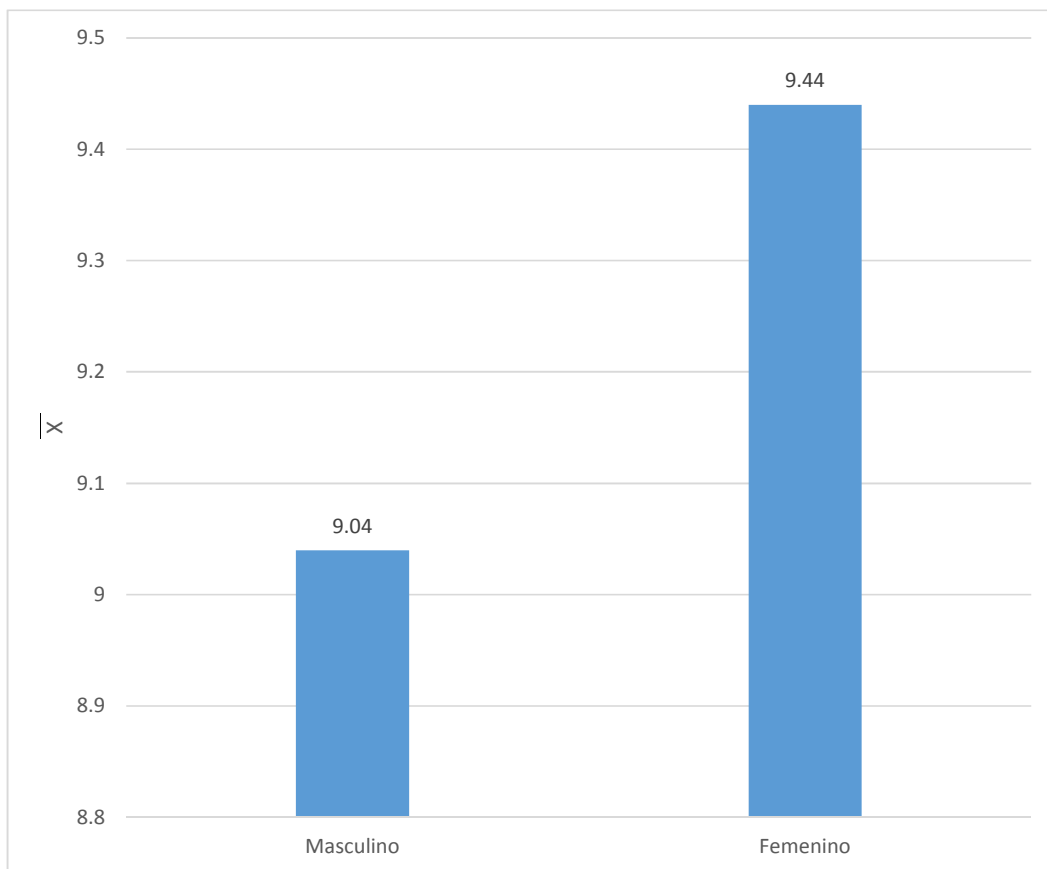
TABLA N° 7
Edad cronológica según género

GÉNERO	N°	EDAD CRONOLÓGICA				
		$\bar{x}$	S	Xmáx	Xmin	R
Masculino	23	9.04	1.81	11.40	7.42	3.98
Femenino	23	9.44	2.01	11.87	7.37	4.50
		$\bar{x}_1 - \bar{x}_2$	-0.40			
		$\bar{x}_T$	9.24			

Fuente: Elaboración personal (Matriz de sistematización)

La edad cronológica promedio fue muy similar entre niños y niñas, en consideración a los registros respectivos de 9.04 y 9.44 años. La dispersión fue también similar en ambos géneros a juzgar por las desviaciones estándar de 1.81 y 2.01.

GRÁFICO N° 7
Edad cronológica según género



Fuente: Elaboración personal (Matriz de sistematización)

TABLA N° 8
Relación matemática entre la edad dental y la edad cronológica en niños

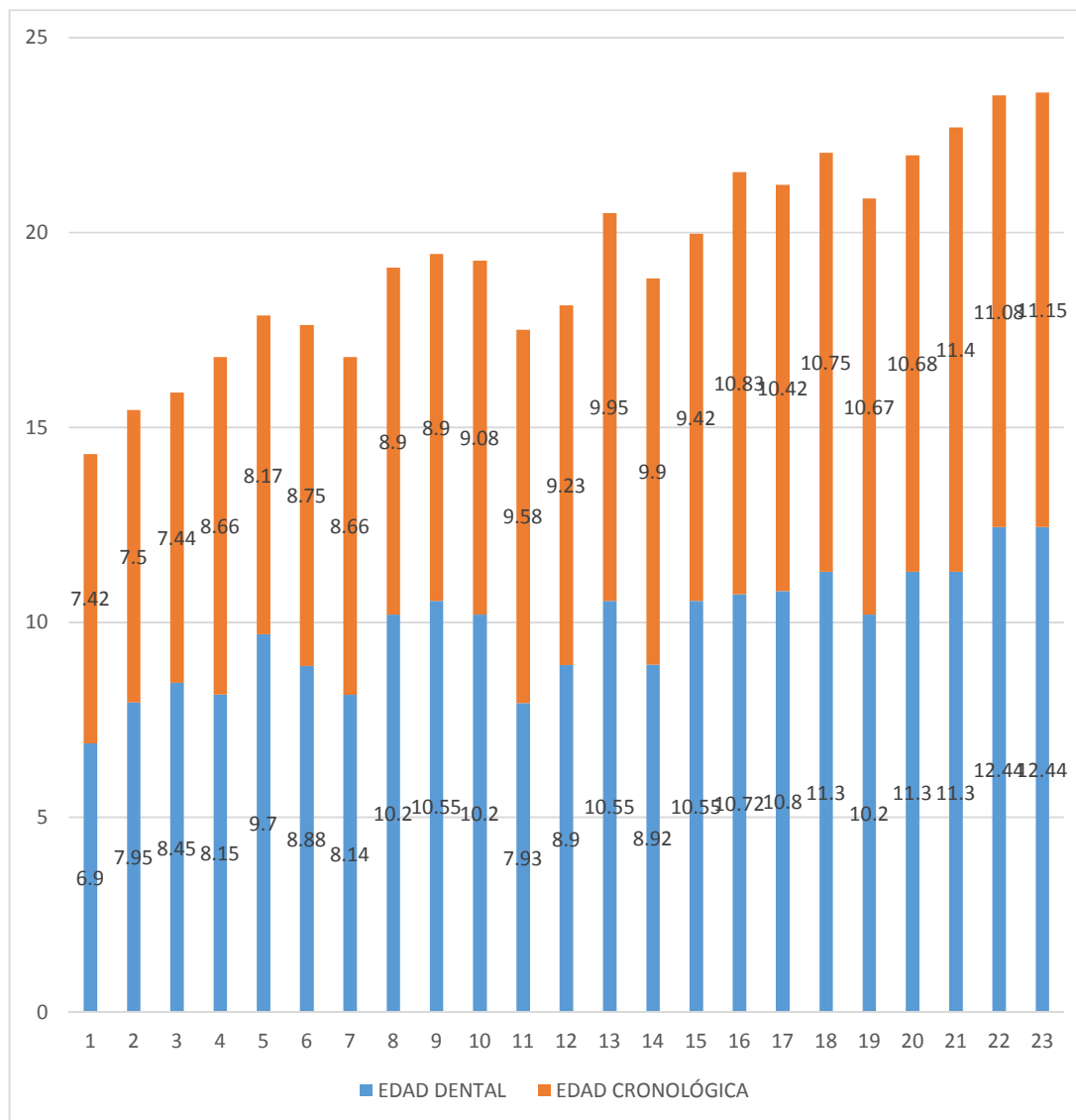
UNIDADES DE ANÁLISIS		EDAD DENTAL	$(x - \bar{x})$	EDAD CRONOLÓGICA	$(y - \bar{y})$
1.		6.90	-9.16	7.42	-1.62
2.		7.95	-1.90	7.50	-1.54
3.		8.45	-1.40	7.44	-1.60
4.		8.15	-1.70	8.66	-0.38
5.		9.70	-0.15	8.17	-0.87
6.		8.88	-0.97	8.75	-0.29
7.		8.14	-1.71	8.66	-0.38
8.		10.20	0.35	8.90	-0.14
9.		10.55	0.71	8.90	-0.14
10.		10.20	0.35	9.08	0.04
11.		7.93	-1.92	9.58	0.54
12.		8.90	-0.95	9.23	0.19
13.		10.55	0.71	9.95	0.91
14.		8.92	-0.93	9.90	0.86
15.		10.55	0.71	9.42	0.38
16.		10.72	0.87	10.83	1.79
17.		10.80	0.95	10.42	1.38
18.		11.30	1.45	10.75	1.81
19.		10.20	0.35	10.67	1.63
20.		11.30	1.45	10.68	1.64
21.		11.30	1.45	11.40	2.36
22.		12.44	2.59	11.08	2.04
23.		12.44	2.59	11.15	2.11
ESTADÍSTICOS		9.85	$\Sigma: 14.53$	9.04	$\Sigma: 17.68$
	Desviación Estándar	3.33		2.91	
	X _{máx}	12.44		11.40	
	X _{mín}	6.90		7.42	
	Rango	5.54		3.98	
	N	23		23	

Fuente: Elaboración personal (Matriz de sistematización)

En niños, para una edad dental promedio de 9.85 años le corresponde una edad cronológica de 9.04 años, por lo que, desde el punto de vista numérico o matemático habría algún correlato.

GRÁFICO N° 8

Relación matemática entre la edad dental y la edad cronológica en niños



Fuente: Elaboración personal (Matriz de sistematización)

TABLA N° 9
Correlación estadística entre la edad dental y la edad cronológica en niños

NIÑOS	N°	EDAD DENTAL	EDAD CRONOLÓGICA	$\bar{X}1 - \bar{X}2$
		$\bar{X}1$	$\bar{X}2$	
	23	9.85	9.04	0.81

$$r = 0.6$$

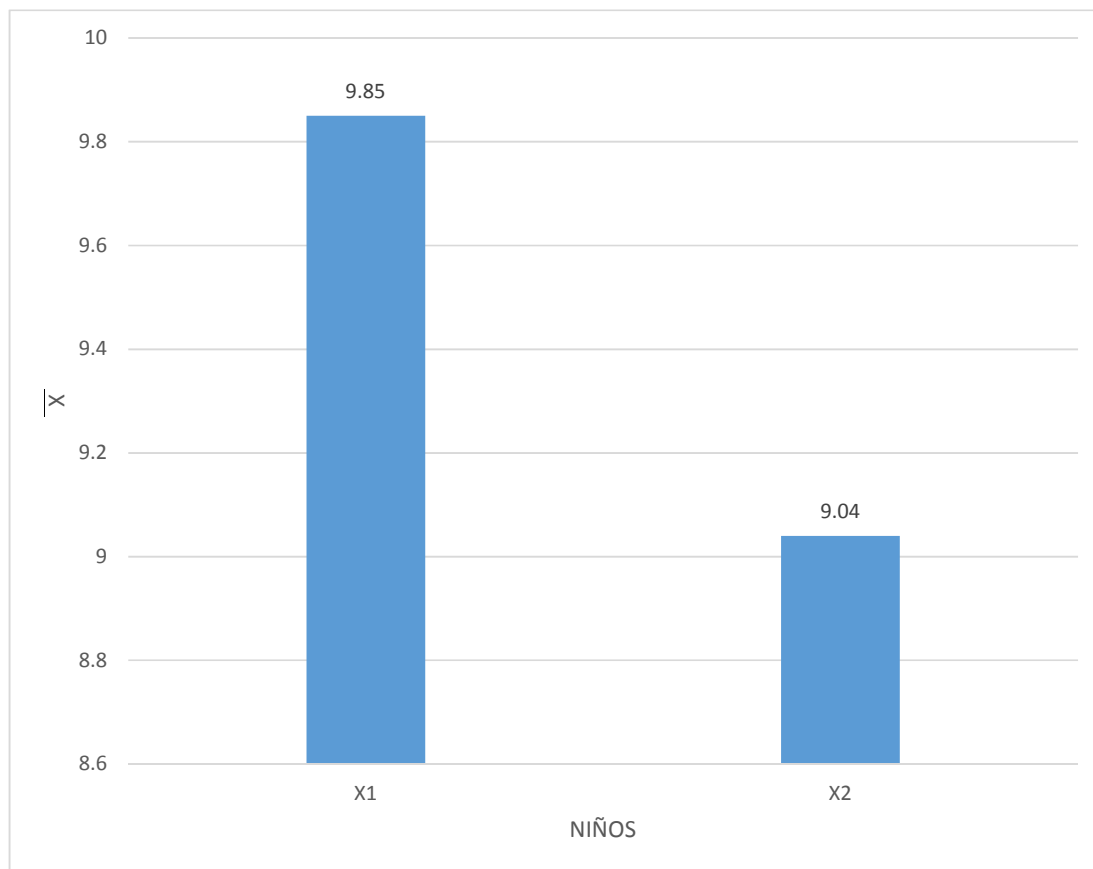
Fuente: Elaboración personal (Matriz de sistematización)

En consideración a la exigua diferencia de 0.81, niños habría una correlación matemática entre la edad dental de 9.85 y la edad cronológica de 9.04 años.

Según el coeficiente de correlación de Pearson existe una relación estadística significativa entre edad dental y edad cronológica en niños. Indicar el grado de relación en función a $r = 0.6$.

GRÁFICO N° 9

Correlación estadística entre la edad dental y la edad cronológica en niños



Fuente: Elaboración personal (Matriz de sistematización)

TABLA N° 10

Relación matemática entre la edad dental y la edad cronológica en niñas

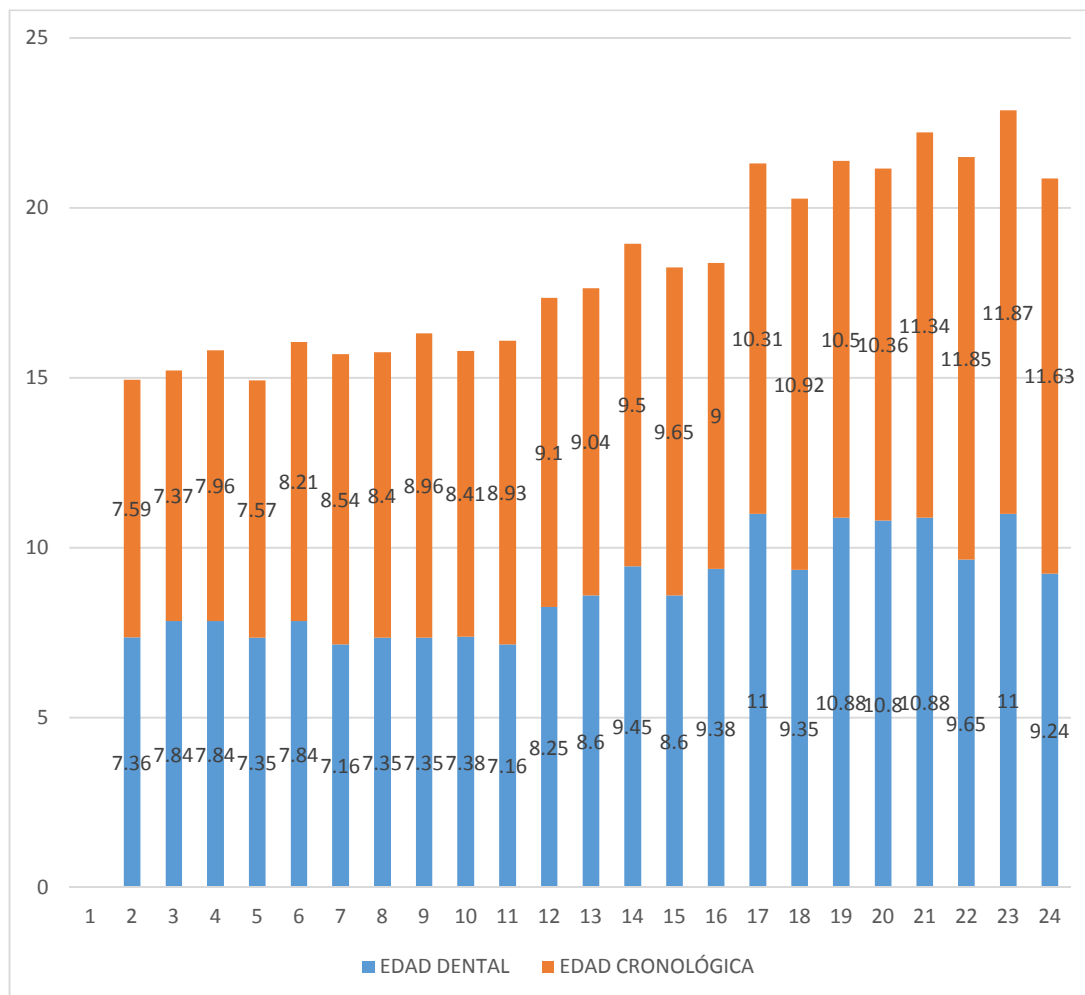
UNIDADES DE ANÁLISIS		EDAD DENTAL	$\left(\frac{x_i - \bar{x}}{s} \right)$	EDAD CRONOLÓGICA	$\left(\frac{y_i - \bar{y}}{s} \right)$
1.		7.36	-1.09	7.59	-1.85
2.		7.84	-0.61	7.37	-2.07
3.		7.84	-0.61	7.96	-1.48
4.		7.35	-1.10	7.57	-1.87
5.		7.84	-0.61	8.21	-1.23
6.		7.16	-1.29	8.54	-0.90
7.		7.35	-1.10	8.40	-1.04
8.		7.35	-1.10	8.96	-0.48
9.		7.38	-1.07	8.41	-1.03
10.		7.16	-1.29	8.93	-0.51
11.		8.25	-0.20	9.10	-0.34
12.		8.60	0.15	9.04	-0.40
13.		9.45	1.00	9.50	0.06
14.		8.60	0.15	9.65	0.21
15.		9.38	0.93	9.00	-0.44
16.		11.00	2.55	10.31	0.87
17.		9.35	0.90	10.92	1.48
18.		10.88	2.43	10.50	1.06
19.		10.80	2.43	10.36	0.92
20.		10.88	2.43	11.34	1.90
21.		9.65	1.20	11.85	2.41
22.		11.00	2.55	11.87	2.43
23.		9.24	0.79	11.63	2.19
ESTADÍSTICOS		8.45	$\Sigma: -7.44$	9.44	$\Sigma: 27.17$
	Desviación Estándar	1.64		2.01	
	X _{máx}	11.00		11.87	
	X _{mín}	7.16		7.37	
	Rango	3.84		4.50	
	N	23		23	

Fuente: Elaboración personal (Matriz de sistematización)

En niñas, una edad dental de 8.45 años corresponde a una edad cronológica de 9.44, advirtiéndose una exigua diferencia matemática, por lo que matemáticamente habría algún correlato.

GRÁFICO N° 10

Relación matemática entre la edad dental y la edad cronológica en niñas



Fuente: Elaboración personal (Matriz de sistematización)

TABLA N° 11

Correlación estadística entre la edad dental y la edad cronológica en niñas

NIÑAS	N°	EDAD DENTAL	EDAD CRONOLÓGICA	$\bar{X}1 - \bar{X}2$
		$\bar{X}1$	$\bar{X}2$	
	23	8.45	9.44	-0.99

$$r = 0.3$$

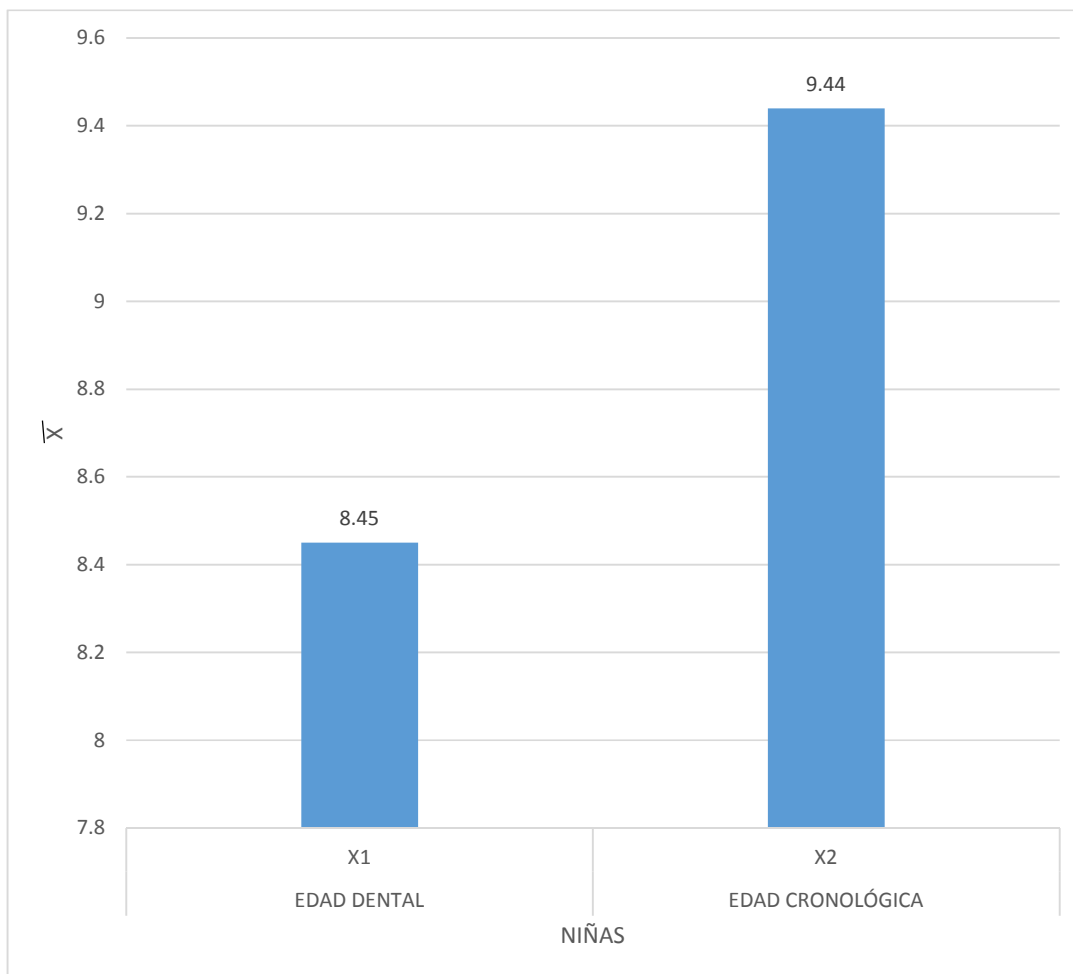
Fuente: Elaboración personal (Matriz de sistematización)

En niñas matemáticamente es colegible algún grado de correlación numérica entre la edad dental de 8.45 años y la edad cronológica de 9.44, y por la mínima diferencia entre medias de -0.99.

El coeficiente de correlación de Pearson indica una relación estadística significativa entre edad dental y edad cronológica en niñas, correlación calificada como relativa.

GRÁFICO N° 11

Correlación estadística entre la edad dental y la edad cronológica en niñas



Fuente: Elaboración personal (Matriz de sistematización)

TABLA N° 12

Correlación estadística entre la edad dental y la edad cronológica según género

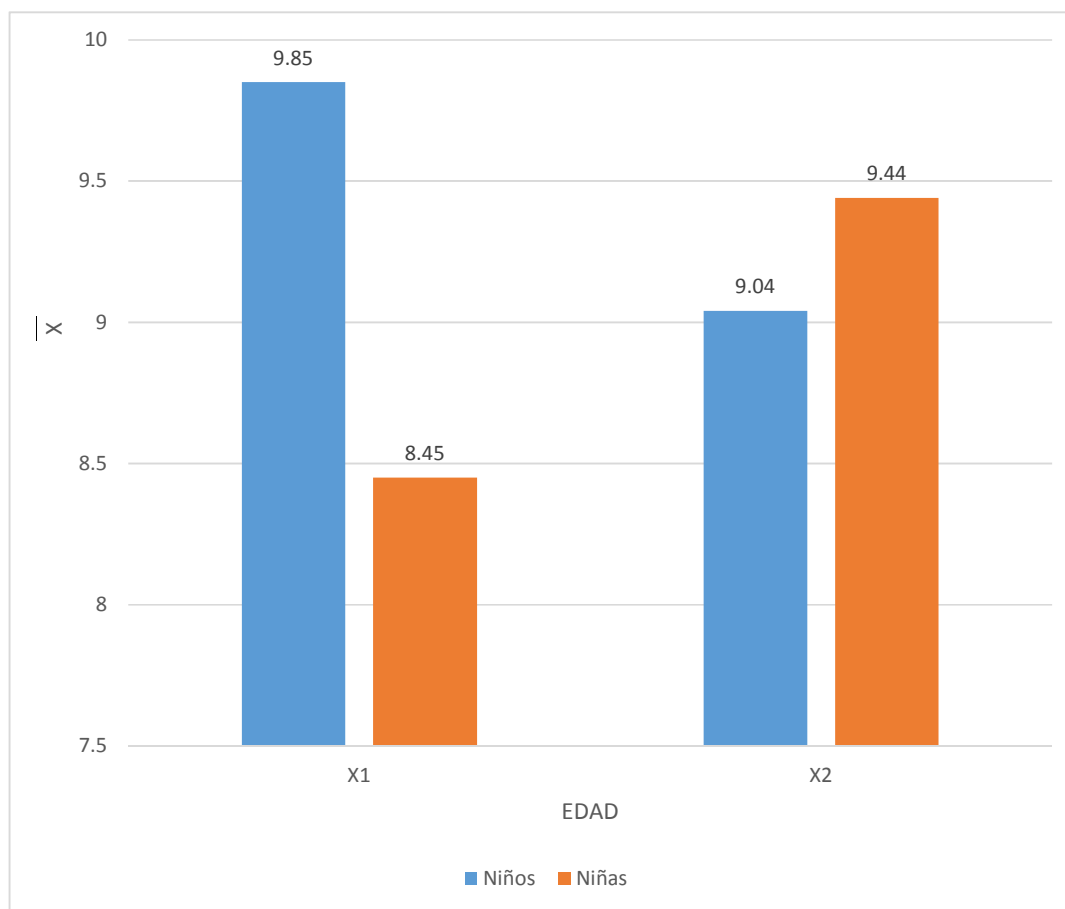
GÉNERO	N°	Edad Dental	Edad Cronológica	$\bar{X}_1 - \bar{X}_2$	Significación
		$\bar{X}_1$	$\bar{X}_2$		
Niños	23	9.85	9.04	0.81	$p < 0.05$ $r = 0.6$
Niñas	23	8.45	9.44	-0.99	$p < 0.05$ $r = 0.3$
Niños y Niñas	46	1.40	-0.40	-0.18	

Fuente: Elaboración personal (Matriz de sistematización)

Existe una correlación estadística positiva significativa entre edad dental y edad cronológica, tanto en niños como en niñas, categorizada como **Media Tendente a Considerable**, y una **correlación Relativa** respectivamente.

GRÁFICO N° 12

Correlación estadística entre la edad dental y la edad cronológica según
género



Fuente: Elaboración personal (Matriz de sistematización)

DISCUSIÓN

En lo que concierne a los resultados de la presente investigación, los niños han registrado una edad dental promedio de 9.85 años concordante con una edad cronológica de 9.04 años. Por su parte las niñas han acusado una edad dental promedio de 8.45 vinculable con una edad cronológica de 9.44, coligiéndose en el primer caso una diferencia de 0.81; y, de -0.99, en el segundo.

El coeficiente de Pearson indica una correlación estadística significativa entre edad dental y edad cronológica, tanto en niños como en niñas, categorizada como media tendente a considerable y relativa, respectivamente.

Comparando con resultados de los antecedentes investigativos de Acevedo (2008) quien evaluó dos métodos para la estimación de la edad dental de Moorrees y de Demirjian en 142 niños peruanos entre 8 y 11 años, encontrando una correlación entre la edad obtenida a partir de los métodos obtenidos y la edad cronológica, no existiendo diferencia estadísticamente significativa entre las edades halladas. Sin embargo, al comparar entre los métodos, el de Demirjian resultó más preciso.

Peña (2011) quien evaluó 321 radiografías panorámicas. La edad dental y la edad cronológica fueron comparadas usando la prueba T pareada. En la mayoría de grupos de edades, la edad dental fue sobrestimada y se presentó una diferencia significativa. Se construyeron nuevos estándares usando una curva logística con una ecuación de regresión, ya que los estándares propuestos por Demirjian no fueron apropiados para la población peruana.

Willeams (2001) quien evaluó la exactitud del método Demirjian en una población de niños belgas, y adaptar el sistema de puntuación en caso que haya sobreestimación significativa de la edad. Se seleccionaron 2523 ortopantomografías 1265 niños y 1258 niñas. Tras la evaluación se confirmó la sobreestimación de la edad cronológica. Se creó un nuevo sistema de puntuación de mayor exactitud/para la población belga 23.

Eid R. y cols. (2002) quienes revisaron retrospectivamente ortopantomogramas, altura y peso de 689 niños sanos. Las curvas de madurez dental de los hombres y las mujeres fueron construidas. En comparación con la muestra franco-canadiense de Demirjian, los hombres de Brasil y las mujeres fueron 0.681 años y 0.616 años, respectivamente, más avanzada en madurez dental. No hubo correlación significativa entre la madurez dental y el índice de masa corporal.

Leurs (2005) quien promedio los niños fueron 0.46 años y las niñas 0.6 años más avanzados que los niños franco - canadienses analizados por Demirjian, por lo que sus estándares no son considerados apropiados para los niños holandeses, para lo cual se establece una ecuación de regresión para esta población específica.

Baltwant Rai (2008) quien observó que la edad dental fue evaluada en los 7 dientes de la hemiarcada inferior izquierda por dos examinadores. Ambos, niños y niñas, en grupos de edad de 8 hasta 16 años presentaron una edad dental avanzada comparada con su edad cronológica la cual fue estadísticamente significativa. Los niños estuvieron 0.5 años y las niñas 0.4 años adelantadas, según el análisis por el método de Demirjian. Las tablas fueron producidas para convertir esos puntajes de madurez, calculados por el método de Demirjian, para la edad dental de niños indios.

Qudeimat Muawia (2005) quien encontró diferencias estadísticamente significativas en la media de la maduración dental entre Kuwait y los niños franco-canadienses. Niños kuwaitíes estuvieron retrasados accidentalmente, en comparación a las normas canadienses (diferencia media de maduración dental de 0.69 años). El retraso medio en las niñas fue de 0,67 años. Utilizando un modelo de regresión no lineal, las fórmulas se desarrollaron para las niñas y los niños kuwaitíes. Se concluye que las normas de la maduración dental descrito por Demirjian y Goldstein (1976) no puede ser adecuados para niños kuwaitíes.

Peiris (2009) quien observó los pacientes australianos mostraron también tener un significativo retraso de 0,82 años en su edad dental en comparación a los pacientes del Reino Unido. Estos resultados indican la necesidad de desarrollar una referencia conjunta de datos de la población australiana para la edad dental.

Galiclvan (2010) quien obtuvo como resultado que la diferencia entre la edad dental y cronológica fue variando de 0.60 a 2.17 años en niñas y 0,63 a 2,60 para los varones. También se indica la sobrevaloración de la edad dental en comparación con las normas Demirjian en 1976. Se concluyó que las normas de Demirjian no son adecuadas para niños de Bosnia y Herzegovina. Se dio como recomendación seguir estudiando en una muestra mayor y determinar las normas específicas para determinar la edad dental de los niños de Bosnia-Herzegovina.

Cameriere (2007) quien estimó la edad del individuo por los métodos Cameriere y Demirjian, y evaluaron su exactitud. Para cada edad, la distribución de NO, S y DS en las dos sub-poblaciones de Perú; los niños desnutridos y bien alimentados, no fueron estadísticamente significativas. El error promedio (ME) en la estimación de edad fue de 0,75 años y 1,31 para Cameriere y Demirjian, respectivamente. Se concluyó que la nutrición no parece afectar el proceso de crecimiento del diente. En cuanto a la exactitud de la estimación de la edad, el método Cameriere produjo estimaciones más precisas que el método de Demirjian.

Cukovic Bagic (2008) quien obtuvo como conclusión que ambos métodos, por la alta correlación obtenida entre la edad dental y la edad cronológica, son de suma importancia para su aplicación en la odontología forense y la, determinación de, la edad, a partir de un examen odontológico.

Manishani (2008) quien obtuvo como resultado que el método de Demirjian sobreestimó la edad en un 0,75 y 0,61 años, mientras que el método Willems sobreestimo la edad en 0,55 y 0,41 años entre los niños y niñas, respectivamente. En los niños, el índice de masa corporal se correlacionó significativamente a la diferencia de edad con el método de Willems. Se concluyó que el uso de cualquiera de los métodos está indicado para la estimación de la edad dental en la población malaya.

CONCLUSIONES

PRIMERA

Según Demirjian, en base a la valoración radiográfica de 4 dientes, la población infantil de Diagno Center, reveló una **edad dental promedio** de 8.7 años, siendo ligeramente mayor en niños (8.95) que en niñas (8.45).

SEGUNDA

La **edad cronológica promedio** estimada en dicha población fue de 9.24 años, decreciendo muy ligeramente hasta 9.04 en niños, y acrecentándose mínimamente hasta 9.44 en niñas.

TERCERA

El **coeficiente de correlación de Pearson** en niños indica una **correlación estadística positiva significativa** categorizada como **Media Tendente a Considerable** ($r = 0.6$). El coeficiente análogo en niñas muestra una correlación **estadística positiva significativa**, categorizada como **Relativa** ($r = 0.3$).

CUARTA

Consecuentemente, **se rechaza la hipótesis nula** y se acepta la **hipótesis alterna con un nivel de significación de 0.05**.

RECOMENDACIONES

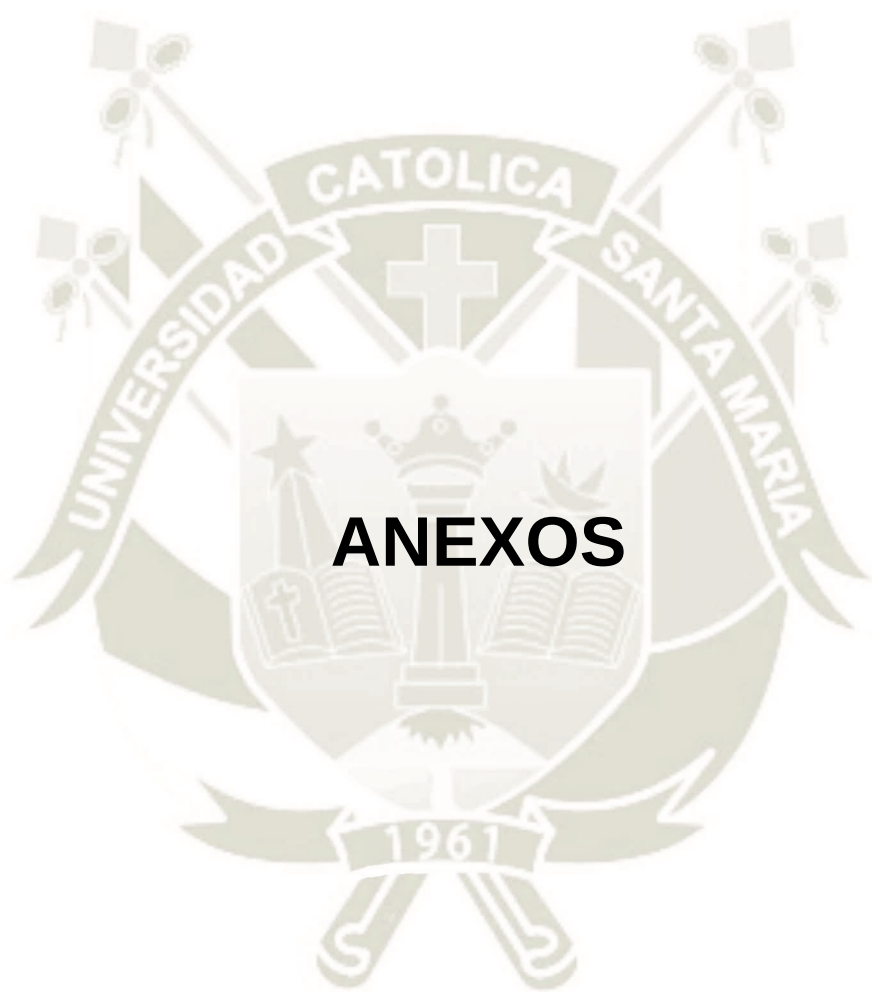
1. Se recomienda a nuevos tesis de Postgrado, investigar la relación entre las edades dental y cronológica empleando el método de Demirjian, pero en base a 7 piezas dentarias, a fin de establecer similitudes o diferencias con el método análogo sobre 4 dientes.
2. Corresponde asimismo establecer analogías o diferencias en los estadios de calcificación dentaria según los métodos de Demirjian y Nolla, a objeto de establecer qué sistema es más seguro, confiable, eficaz y válido en la determinación de la edad dental y su correlato posible con la edad cronológica.
3. Se sugiere también tomar otros 4 dientes, diferentes por cierto a los tomados en la presente investigación, a fin de poder establecer la relación entre la edad dental y la edad cronológica.
4. Convendría asimismo comparar la eficacia de los métodos de Demirjian con 4 dientes inferiores, 4 superiores y 7 piezas dentarias en la estimación de la edad dental y su correlato con la edad cronológica.

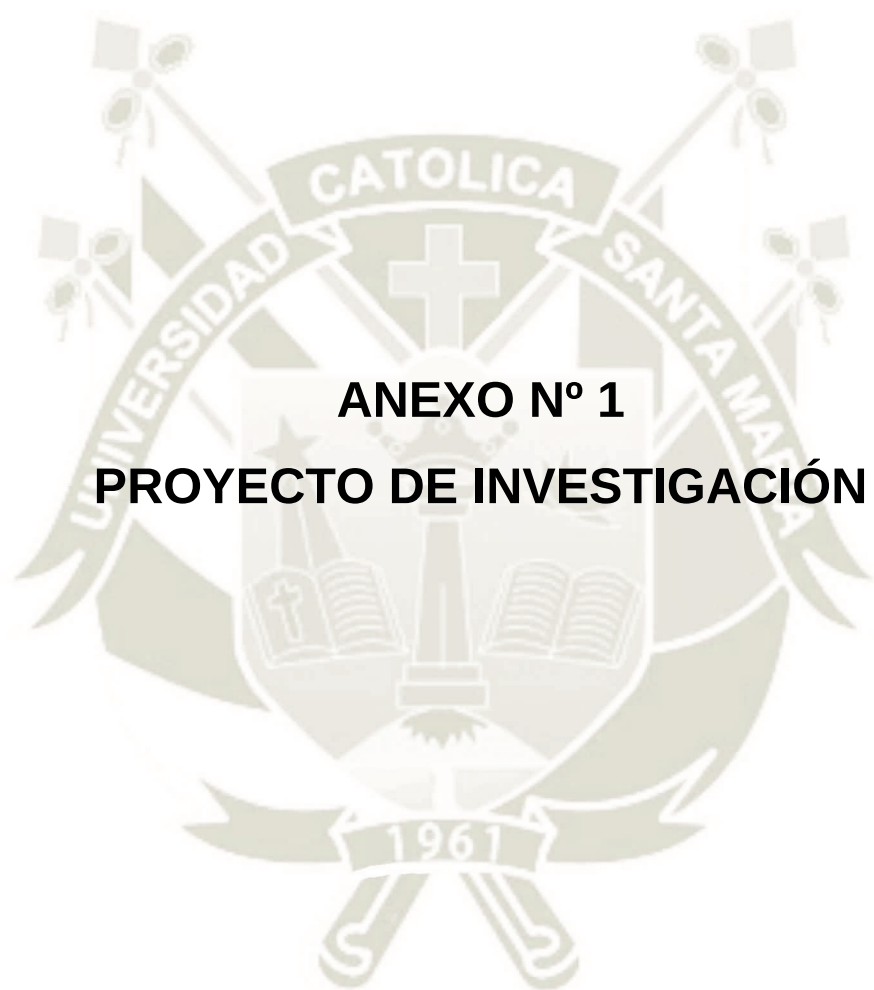
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gómez de Ferraris ME, Campos Muñoz A. Histología, Embriología e Ingeniería Tisular Bucodental. tercera ed. España: Medica Panamericana; 2009.
2. D' Escriban L.. Ortodoncia en dentición mixta. tercera ed. Caracas: Amolca; 2007.
3. Gron A. J Dent Res. [Online]: J Dent Res.; 1962. Acceso 2 de marzo de 2017. Disponible en: <https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2009/art-27/>.
4. Allup A, Alvarez Y, Bonilla A, Carrera R, Chevallier B, Guercio E, et al. Compendio de crecimiento y desarrollo craneofacial Venezuela: Universidad Central de Venezuela; 2006.
5. Garn SM, STSNN. Economic impact on postnatal ossification. Am. J. Phys. Anthropol.. 1973; 12(1).
6. FAINI E. Indicadores de maduración esquelética. Edad ósea, dental y morfológica Argentina: Instituto Odontológico Interdisciplinario de Rosario; 2003.
7. Demirjian A. A new system of dental age assessment. Human Biology. 1973; 45(2).
8. Allup A, Alvarez Y, Bonilla A, Carrera R, y otros. Compendio de crecimiento y desarrollo craneofacial.. [Online]; 1996. Acceso 1 de marzo de 2017. Disponible en: <https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2009/art-27/>.
9. Burstone CJ. Process of maturation and growth prediction. Am J Orthod. 2003. Am J Orthod. 2003; 49(2).
10. Moorrees C, Kent RL Jr.. Patterns of dental maturation. In The Biology of occlusal development Argentina: Craniofacial growth series. Monograph; 1977.

11. Centro Revidox. Centro Revidox. [Online]; 2006. Acceso 1 de marzo de 2017.
Disponible en: <http://centrorevidox.com/que-es-la-edad-biologica/>.
12. Demirjian A. New systems for dental maturity based on seven and four teeth.
Annals of Human Biology. 1976; 3(5).
13. Cameriere R, Flores-Mir C, Franco M, Ferrante L. Relación entre el estado
nutricional, género y mineralización dentaria Perú; 2007.
14. Maber M, Liversidge H. Accuracy of age estimation of radiographic methods
using developing teeth. Forensic Sci Int. 2006; 23(3).
15. Figun M, Garino R. Anatomía Odontológica funcional y aplicada. primera ed.
Madrid: El Ateneo; 1978.
16. Acevedo E. Estimación de la edad dental según los métodos de Demirjian y de
Moorrees en niños peruanos. Tesis. Lima-Perú: UNFV.
17. Peña. Correlato entre la edad dental según el método de Demirjian y la edad
cronológica en niños peruanos de 5.5 a 13.5 años. Tesis. Perú.
18. Willeams, G.; Van Olmen, A.; Spiessens, B.; Carels. Exactitud del método de
Demirjian en la estimación de la edad en niños belgas. Tesis. Belga.
19. Eid, R.; Simi, R; Friggi, M.. Correlación entre la madurez dental según
Demirjian y el índice de masa corporal en niños brasileños de 6 a 14 años.
2002. International Journal of Pediatric Dentistry. 2002; 12(2).
20. Leurs, H.; Wattel, E.; Aartman, I.; Etty, E.. Estimación de la edad dental con el
método de Demirjian en niños holandeses. Eur J Orthod. 2005; 27(3).
21. Baltwant, R.. Estimación de la edad dental en niños indios empleando el
método de Demirjian. 2008. Advances in Medical and dental sciences. 2008;
2(3).

22. Qudeimat, M.; Behbehani, F.. Valor de los métodos de Demirjian y Goldstein en la maduración dental en niños kuwaitíes. *Annals of Human Biology*. 2005; 36(6).
23. Peiris, T.; Roberts, G.; Prabhu, N.. Evaluación de la edad dental mediante el método de Demirjian en radiografías panorámicas de sujetos del Reyno Unido y sujetos análogos australianos. *International Journal of Pediatric Dentistry*. 2009; 19(1).
24. Galic, I.; Nakas. E.; Prohic, S.; Selimovic, E.. Utilización del método de Demirjian en niños bosnianos y herzegovianos. *ActaStomatol Croat*. 2010; 44(1).
25. Ivana Cukovic Bagic, Nina Sever, Hrvoje Brkic. Análisis ortopantomográfico para la determinación de la edad dental empleando los métodos de Demirjian en niños croatas. tesis. Croacia.
26. ManiShani, NaingLin, Jacob J, Abdul S. Aplicabilidad de los métodos de Demirjian y de Willems en una población malaya. Tesis. Malaya.





ANEXO N° 1
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Universidad Católica de Santa María

Escuela de Postgrado

Maestría en Odontoestomatología



RELACIÓN ENTRE LA EDAD DENTAL SEGÚN DEMIRJIAN EN BASE A CUATRO DIENTES Y LA EDAD CRONOLÓGICA EN RADIOGRAFÍAS PANORÁMICAS DE NIÑOS DE 7 A 11 AÑOS EN CENTRO DIAGNOSTICO MAXILOFACIAL DIAGNO CENTER.

TACNA, 2016

Proyecto de Tesis presentado por el Bachiller:

Loayza Lupaca, Antonio Carlos

para optar el Grado Académico de

Maestro en Odontoestomatología

Asesor:

Dr. Rosado Linares, Martín Larry

**Arequipa-Perú
2016**

I.- PREÁMBULO

Parte del problema radica centralmente en que no se sabe con la precisión del caso, en primer término, si el método de Demirjian basado en la evaluación del grado de maduración dentaria de cuatro piezas dentarias, sirve realmente en la determinación de la edad dental, toda vez que, la eficacia del método de Demirjian convencional ya ha sido estudiado, incluso en contraposición a otros métodos.

Parte del problema reside en que si la edad dental estimada mediante el método de Demirjian sobre la valoración de cuatro piezas dentarias tiene o no correlación con la edad cronológica del paciente.

El problema, en realidad, ha sido determinado mediante una diligente revisión y análisis de antecedentes investigativos a fin de no insistir en lo ya investigado, sino más bien cuadrar el tema investigativo dentro del real requerimiento de la línea investigativa, considerando que ésta muestra aspectos específicos de intensa indagación. No obstante, se podría aseverar que la cuestión temática radica in estricta, en el mismo vacío cognitivo de la línea o área problemática.

Naturalmente que además de la revisión de los antecedentes investigativos, se ha considerado, la actitud exploratoria del área problemática, así como la práctica consciente del ejercicio de la profesión en lo que se refiere a este menester, como modos operativos adicionales para delimitar el problema base para el estudio.

II.- PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Enunciado:

“Relación entre la edad dental según Demirjian en base a cuatro dientes y la edad cronológica en radiografías panorámicas de niños de 7 a 11 años en Centro Diagnostico Maxilofacial DiagnoCenter. Tacna. 2016”

1.2 Descripción del problema:

a) Área del Conocimiento

a.1 Área General : Ciencias de la Salud

a.2 Área Específica : Odontología

a.3 Especialidad : Odontopediatría

a.4 Línea Temática : Desarrollo Dentario

b) Operacionalización de Variables:

VARIABLES		INDICADORES
VA1	Edad dental según Demirjian	0 = Ausencia de estructura dentaria calcificada A = Cono o conos no fusionados B = Cúspides fusionadas C = Formación adamantina completa con depósito inicial de dentina D = Formación coronal, inicio de formación radicular E = Longitud radicular es menor que la corona F = Longitud radicular igual o mayor a la corona G = Extremo apical parcialmente abierto H = Extremo apical completamente cerrado
VA2	Edad cronológica	• 7 años • 8 años • 9 años • 10 años • 11 años

c) Interrogantes Básicas:

- c.1. ¿Cuál será la edad dental; según Demirjian en base a 4 dientes en radiografías panorámicas de niños de 7 a 11 años?.
- c.2. ¿Cuál será la edad cronológica de estos niños?.
- c.3. ¿Cómo se relacionaría la edad dental con la edad cronológica, en los niños mencionados?.

d) Taxonomía de la investigación

ABORDAJE	TIPO DE ESTUDIO					DISEÑO	NIVEL
	Por la técnica de recolección	Por el tipo de dato	Por el n° de mediciones de las variables	Por el n° de muestras o poblaciones	Por el ámbito de recolección		
Cuantitativo	Observacional	Retrospectivo	Transversal	Descriptivo	Documental	Retrospectivo Descriptiva	Relacional

1.3 Justificación

Esta investigación realmente meritúa por las siguientes razones:

a. Relevancia

La investigación tiene relevancia científica representada respectivamente por el conjunto de nuevos conocimientos que se podrían derivar de la correlación entre las edades dental y cronológica.

b. Novedad

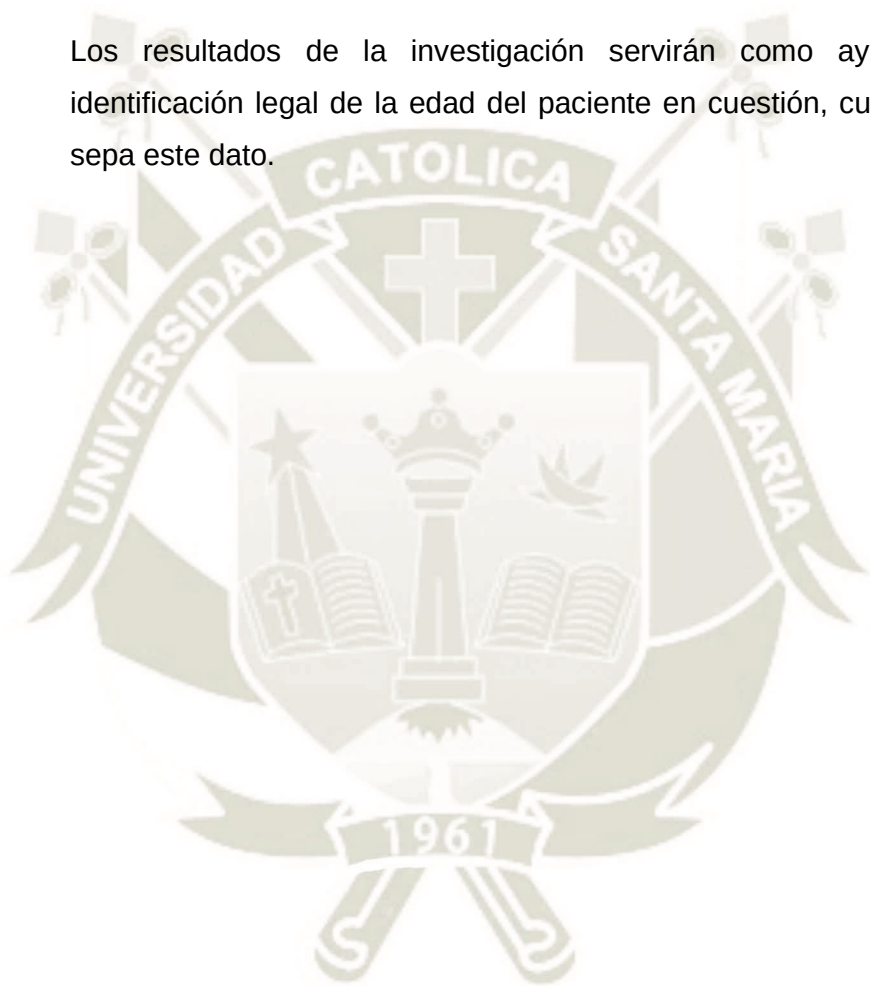
Lo realmente novedoso de la investigación estriba básicamente en la utilización del método de Demirjian a través de la valoración de los estadios de calcificación a partir de cuatro piezas dentarias infero-izquierdas.

c. Viabilidad

La investigación es viable porque se ha previsto la disponibilidad de radiografías con las características requeribles, los recursos, el tiempo, el presupuesto, la metodología, la literatura especializada, etc.

d. Aplicabilidad

Los resultados de la investigación servirán como ayuda en la identificación legal de la edad del paciente en cuestión, cuando no se sepa este dato.



2. MARCO CONCEPTUAL

2.1. Odontogénesis

a. Desarrollo y formación del patrón coronario

El ciclo vital de los órganos dentarios comprende una serie de cambios químicos, morfológicos y funcionales que comienzan en la sexta semana de vida intrauterina (cuarenta y cinco días aproximadamente) y que continúan a lo largo de toda la vida del diente. La primera manifestación consiste en la diferenciación de la lámina dental o listón dentario, a partir del ectodermo que tapiza la cavidad bucal primitiva o estomodeo. El epitelio ectodérmico bucal en este momento está constituido por dos capas: una superficial de células aplanadas y otra basal de células altas, conectadas al tejido conectivo embrionario o mesénquima por medio de la membrana basal (MB). Se postula hoy que la MB constituye un factor importante para la diferenciación celular y organogénesis dental, de acuerdo con los resultados de los trabajos de cultivos celulares sobre inducción epitelio-mesénquima. Inducidas por el ectomesénquima subyacente, las células basales de este epitelio bucal proliferan a todo lo largo del borde libre de los futuros maxilares, dando lugar a dos nuevas estructuras: la lámina vestibular y la lámina dentaria (1).

- **Lámina vestibular:** sus células proliferan dentro del ectomesénquima, se agrandan rápidamente, degeneran y forman una hendidura que constituye el surco vestibular entre el carrillo y la zona dentaria.
- **Lámina dentaria:** merced a una actividad proliferativa intensa y localizada, en la octava semana de vida intrauterina, se forman en lugares específicos 10 crecimientos epiteliales dentro del ectomesénquima de cada maxilar, en los sitios (predeterminados genéticamente) correspondientes a los 20 dientes deciduos. De esta lámina, también se originan los 32 gérmenes de la dentición permanente alrededor del quinto mes de gestación. Los primordios se sitúan por lingual o palatino en relación a los elementos primarios. Los molares se desarrollan por extensión distal de la lámina dental. El indicio del primer molar permanente existe ya en el cuarto mes de

vida intrauterina. Los molares segundo y tercero comienzan su desarrollo después del nacimiento, alrededor de los cuatro o cinco años de edad (1).

Los gérmenes dentarios siguen en su evolución una serie de etapas que, de acuerdo a su morfología, se denominan: estadio de brote macizo (o yema), estadio de casquete, estadio de campana y estadio de folículo dentario, terminal o maduro. Debemos destacar que estos términos son puramente descriptivos de la morfología de los gérmenes dentarios durante el desarrollo, y que no hacen referencia a los profundos cambios funcionales que ocurren en el mismo y que comentaremos en el apartado de histofisiología. También se quiere recalcar que el desarrollo es un proceso continuo al que dividimos en etapas para su mejor estudio e interpretación, pues no es posible establecer distinciones claras entre los estadios de transición, ya que una etapa se transforma paulatinamente en la siguiente (1).

a.1. Estadio de brote o yema dentaria

El período de iniciación y proliferación es breve y casi a la vez aparecen diez yemas o brotes en cada maxilar. Son engrasamientos de aspecto redondeado que surgen como resultado de la división mitótica de algunas células de la capa basal del epitelio en las que asienta el crecimiento potencial del diente. Estos serán los futuros órganos del esmalte que darán lugar al único tejido de naturaleza ectodérmica del diente, el esmalte. La estructura de los brotes es simple, en la periferia se identifican células cilíndricas y en el interior son de aspecto poligonal con espacios intercelulares muy estrechos. Las células del ectomesénquima subyacente se encuentran condensadas por debajo del epitelio de revestimiento y alrededor del brote epitelial (futura papila dentaria). Desde el punto de vista histoquímico, esta etapa se caracteriza por un alto contenido en glucógeno, típico de los epitelios en proliferación. Las granulaciones PAS⁺ son abundantes en las capas intermedias y muy escasas o nula en las células basales. Se destaca nítidamente la PAS positividad de la membrana basal. Aunque las técnicas histoquímicas ponen de relieve la presencia de ARN y de fosfatasa alcalina en las células del estadio en brote, lo hacen en menor proporción e intensidad que en el resto de los estadios que

veremos más adelante. Con la técnica del azul de toluidina (ATO) se detecta una moderada metacromasia del ectomesénquima en esta etapa (1).

a.2. Estadio de casquete

La proliferación desigual del brote (alrededor de la novena semana) a expensas de sus caras laterales o bordes, determina una concavidad en su cara profunda por lo que adquiere el aspecto de un verdadero casquete. Su concavidad central encierra una pequeña porción del ectomesénquima que lo rodea; es la futura papila dentaria, que dará origen al complejo dentinopulpar. Histológicamente podemos distinguir las siguientes estructuras en el órgano del esmalte u órgano dental (1):

- El epitelio externo del órgano del esmalte está constituido por una sola capa de células cuboideas bajas, dispuestas en la convexidad que están unidas a la lámina dental por una porción del epitelio, llamada pedículo epitelial.
- El epitelio interno del órgano del esmalte se encuentra dispuesto en la concavidad y está compuesto por un epitelio simple de células más o menos cilíndricas bajas. Estas células aumentarán en altura, en tanto su diferenciación se vuelve más significativa. Se diferencian en ameloblastos, de ahí que suele denominarse epitelio interno, preameloblástico o epitelio dental interno.

El contenido de ARN y la actividad de las enzimas hidrolíticas y oxidativas, determinados por medios histoquímicos se incrementan en el estadio de casquete a medida que las células preameloblásticas del epitelio interno se alargan.

- Entre ambos epitelios, por aumento del líquido intercelular, se forma una tercera capa: el retículo estrellado, constituido por células de aspecto estrellado cuyas prolongaciones se anastomosan formando un retículo. Las células están unidas mediante desmosomas, conformando una red celular continua (1).

Los espacios intercelulares están ocupados por un líquido de aspecto y consistencia mucoide, por lo que se ha llamado también gelatina del esmalte. Químicamente esta matriz extracelular hidrófila (apetencia por el agua) es rica en glicosaminoglicanos, fundamentalmente en ácido hialurónico. La captación de agua conlleva a la separación de las células y a un aumento del espacio extracelular lo que, por ende, hace que las células tomen una forma estrellada. A esta capa se le asigna función metabólica y morfogenética. El tejido conectivo embrionario o mesénquima que hay en el interior de la concavidad, por influencia del epitelio proliferativo se condensa por división celular y aparición activa de capilares, dando lugar a la papila dentaria; futura formadora del complejo dentinopulpar. Las células mesenquimatosas de la papila dentaria son grandes, de citoplasma moderadamente basófilo y núcleos voluminosos. Existe abundante sustancia fundamental, rica en glicosaminoglicanos, que ofrece un carácter metacromático con azul de toluidina (ATO). La papila se encuentra separada del epitelio interno del órgano del esmalte por una membrana basal, que representa la localización de la futura conexión amelodentinaria. El tejido mesenquimático que se encuentra inmediatamente por fuera del casquete, rodeándolo casi en su totalidad, salvo en el pedículo (que une el órgano del esmalte con el epitelio originario o lámina dental), también se condensa volviéndose fibrilar y forma el saco dentario primitivo o folículo dental. El órgano del esmalte, la papila y el saco constituyen en conjunto el germen dentario. Al finalizar esta etapa comienza a insinuarse, en el epitelio interno del órgano del esmalte, un acumulo de células (nudo) de donde parte una prolongación celular llamada cuerda del esmalte, que termina en una muesca en el del epitelio externo, conocida como el ombligo del esmalte. Estas estructuras son temporales, pues más tarde sufren una regresión o involución. Se las vincula con la morfogénesis coronaria. El nudo del esmalte se considera centro regulador de la morfología dentaria a través de producción de factores que participan en la interrelación epitelio-mesénquima. Según algunos autores estas dos estructuras se visualizan en la etapa final de casquete e inicial de campana (1).

En los dientes molares multicuspídeos existen nudos de esmalte secundarios que regulan la morfogénesis de cada región cuspídea. En resumen, tenemos

en esta etapa de casquete tres estructuras embrionarias fundamentales para el desarrollo dentario:

1. Órgano del esmalte
Origen: ectodermo
 - a) epitelio externo
 - b) retículo estrellado
 - c) epitelio interno o preameloblástico
2. Esbozo de papila dentaria
Origen: ectomesénquima
3. Esbozo de saco dentario
Origen: ectomesénquima

Estas estructuras por cambios morfológicos, químicos y funcionales darán origen a todos los tejidos dentarios y peridentarios, como veremos más adelante (1).

a.3. Estadio de campana

Ocurre sobre las catorce a dieciocho semanas de vida intrauterina. Se acentúa la invaginación del epitelio interno adquiriendo el aspecto típico de una campana. En este estadio es posible observar modificaciones estructurales e histoquímicas en el órgano del esmalte, papila y saco dentario respectivamente. El desarrollo del proceso permite considerar en el estadio de campana una etapa inicial y otra más avanzada, donde se hacen más evidentes los procesos de morfo e histodiferenciación (1).

- **Órgano del esmalte:** en la etapa inicial, el órgano del esmalte presenta una nueva capa: el estrato intermedio, situada entre el retículo estrellado y el epitelio interno. La presencia de esta estructura celular en el órgano del esmalte es un dato muy importante para realizar el diagnóstico histológico diferencial con la etapa anterior de casquete (1).

De manera que en este período embrionario el órgano del esmalte está constituido por:

a) Epitelio externo: las células cúbicas se han vuelto aplanadas tomando el aspecto de un epitelio plano simple. Al final de esta etapa el epitelio presenta pliegues debido a invaginaciones o brotes vasculares provenientes del saco dentario (capa interna), que aseguran la nutrición del órgano del esmalte, que como todo epitelio es avascular. La invasión vascular es más evidente en la fase previa al comienzo de la secreción de esmalte.

b) Retículo estrellado: es notable el aumento de espesor por el incremento del líquido intercelular, pero al avanzar el desarrollo su espesor se reduce a nivel de las cúspides o bordes incisales. En dichas zonas, donde comienzan a depositarse las primeras laminillas de dentina, se corta la fuente de nutrientes del órgano del esmalte proveniente de la papila. Esta reducción del aporte nutricional ocurre en el momento en que las células del epitelio interno están por segregar esmalte, por lo que hay una demanda aumentada de nutrientes. Para satisfacerla, el retículo estrellado se adelgaza permitiendo un mayor flujo de elementos nutricionales desde los vasos sanguíneos del saco dentario hacia las células principales o ameloblastos (epitelio dental interno) que sintetizarán la matriz del esmalte. La apoptosis en las células del retículo estrellado contribuye a la regresión del mismo. Células de naturaleza macrofágica que proceden de los vasos periféricos penetran en la estructura epitelial y fagocitan los restos celulares.

c) Estrato intermedio: entre el epitelio interno y el retículo estrellado, aparecen varias capas de células planas; es el estrato intermedio (1).

Este estrato es más evidente por el mayor número de capas celulares en el sitio que corresponderá a las futuras cúspides o bordes incisales. En general, está formado por cuatro o cinco hileras de células planas con núcleos centrales alargados. Ultraestructuralmente las organelas están poco desarrolladas y no presentan polaridad funcional. Las relaciones intercelulares presentan desmosomas y estructuras de cierre hermético. Se han observado mitosis y debido a este hecho varios investigadores sugieren que algunos de sus elementos celulares pueden transformarse en ameloblastos. Por otra parte, las células del estrato intermedio en el estadio de campana tienen marcada actividad enzimática fosfatasa alcalina positiva, mientras que las ameloblásticas

carecen de esta enzima, por lo que se postula que el estrato intermedio participa indirectamente en la amelogénesis. Las células del estrato intermedio son también ricas en ATPasa dependiente del calcio. Las células planas del estrato intermedio mantienen relaciones intercelulares, a través de desmosomas, tanto con las células del retículo, como con los ameloblastos. Cada célula del estrato intermedio está, al parecer, relacionada con seis ameloblastos (1).

Al finalizar esta etapa de campana, cuando comienza la histogénesis o aposición de los tejidos duros dentarios (dentina, esmalte), el estrato se vincula estrechamente con los vasos sanguíneos provenientes del saco dentario, asegurando no sólo la vitalidad de los ameloblastos, sino controlando el paso del aporte de calcio, del medio extracelular al esmalte en formación. Esto demuestra o sugiere el importante papel del estrato intermedio durante la etapa de secreción y mineralización del esmalte. Ten Cate menciona que el epitelio dental interno y el estrato intermedio deben ser considerados como una sola unidad funcional, responsable de la formación del esmalte. Epitelio interno: las células del epitelio interno o preameloblastos se diferencian en ameloblastos jóvenes, son células cilíndricas bajas y sus organoides no presentan aún en esta fase una orientación definida. Raschkow advirtió en este período morfogénético, una condensación de fibras argirofílicas por debajo y adyacente al epitelio interno del órgano del esmalte (separándolo de la papila dentaria). Esta condensación se denominó membrana preformativa y actualmente recibe el nombre de lámina basal ameloblástica (LBA). Distintos autores coinciden en afirmar que con microscopía electrónica esta membrana, situada debajo del epitelio dental interno (debajo de los propios preameloblastos), es una típica membrana basal a la que se añade un material finamente filamentoso (microfibras aperiódicas), que incrementan su espesor en 1 μ , y por debajo de la cual se localizan algunas fibras colágenas. Desde el punto de vista histoquímico la zona de interfase junto al epitelio interno en el estadio de campana es fuertemente alcianófila con «Alcian Blue» y metacromática con azul de toluidina. En esta interfase, entre los tejidos epiteliales y mesenquimáticos del diente, puede detectarse colágena tipos I, IV y VI -predomina el tipo IV-, glicosaminoglicanos (entre ellos el heparán sulfato), laminina, entactina y fibronectina. In vitro la membrana basal es continua durante la diferenciación

odontoblástica y el colágeno asociado tiene una función importante en el desarrollo dentario, pues la interferencia en su depósito por el agregado de distintos agentes destructores del colágeno al medio de cultivo, inhibe la morfogénesis dental. Heilinho afirma que el colágeno tipo IV es el componente estructural más importante de esta membrana basal y dado que la colagenosa tipo IV está también presente en la membrana basal, se sugiere que la misma participa en la remodelación y degradación de la lámina basal durante la morfogénesis dentaria humana. La lámina basal ameloblástica (LBA) futura conexión amelodentinaria, presenta cambios químicos y ultraestructurales. Al MET se ha demostrado que en gérmenes dentarios humanos y de animales, tanto la LBA, como el material filamentososo adyacente (microfibras aperiódicas) son absorbidas, de acuerdo con Garbasch por los ameloblastos secretores. El mismo autor señala que la predentina temprana se forma en íntima relación con la LBA, ya que presentan sustancias en común tales como laminina, fibronectina y colágeno tipo I. En este período de campana se determina, además, la morfología de la corona por acción o señales específicas del ectomesénquima adyacente o papila dental sobre el epitelio interno del órgano dental. Ello conduce a que esta capa celular se pliegue, dando lugar a la forma, número y distribución de las cúspides, según el tipo de elemento dentario a que dará origen. Es decir, que el modelo o patrón coronario se establece antes de comenzar la aposición y mineralización de los tejidos dentales. Al avanzar en el estado de campana, los ameloblastos jóvenes ejercen su influencia inductora sobre la papila dentaria. Las células superficiales ectomesenquimáticas indiferenciadas (totipotentes) se diferencian en odontoblastos que comenzarán luego a sintetizar dentina (ver Dentinogénesis). En este momento los ameloblastos jóvenes en vías de diferenciación están separados de los odontoblastos por la membrana basal (futura CAD). A través de la membrana pasan los nutrientes desde la papila hacia el epitelio interno o ameloblástico (1).

En la etapa de campana avanzada y antes de que los odontoblastos empiecen a sintetizar y secretar la matriz dentinaria, los ameloblastos jóvenes, que por citodiferenciación han adquirido el aspecto de células cilíndricas, experimentan un cambio de polaridad de sus orgánulos. Microscópicamente lo más evidente es la migración del núcleo de su localización central a la región distal de la célula

próxima al estrato intermedio. Los ameloblastos adquieren todas las características de una célula secretora de proteínas, pero no llevan aún a cabo ninguna función. Permanecen inactivos hasta que los odontoblastos hayan secretado la primera capa de dentina (primer tejido dentario depositado). De manera que al final del estadio de campana, los ameloblastos jóvenes se han transformado por citodiferenciación en ameloblastos secretores o maduros. Los ameloblastos que han experimentado su diferenciación bioquímica terminal son células cilíndricas de aproximadamente 60 μm de altura y de 4 a 5 μm de ancho. La estructura y la ultraestructura del ameloblasto maduro es la de una célula secretora para exportación por el mecanismo de exocitosis. Se caracteriza, además, por presentar en la región proximal, libre o secretora una prolongación cónica llamada proceso de Tomes, que desempeña una función esencial en la síntesis y secreción del esmalte prismático. El proceso de Tomes contiene en su interior además del citoesqueleto, mitocondrias y retículo endoplásmico rugoso, los cuerpos ameloblásticos. Estos cuerpos al MET están rodeados de membrana y contienen un material finamente granular. Son considerados como precursores intracelulares de la futura matriz orgánica extracelular. No se ha determinado aún su composición exacta, aunque se ha identificado proteínas, grupos disulfuros y calcio en forma soluble. En el citoplasma del proceso de Tomes y durante la secreción se ha demostrado la presencia de parvalbúmina, proteína que regula el paso del calcio del medio intracelular al extracelular (ver Amelogénesis) (1).

Como consecuencia del depósito dentinario la nutrición de los ameloblastos se realiza ahora a expensas del estrato intermedio (por aproximación de los vasos sanguíneos provenientes del saco dentario, que se hallan por fuera del epitelio extemo que se pliega) y no de la papila, como ocurría al iniciarse este período, previo a la dentinogénesis. La unión de los ameloblastos con las células del estrato intermedio se realiza mediante desmosomas. También se han observado numerosas uniones de tipo comunicante que favorecerían el paso de iones especialmente de calcio. Se postula que el transporte de iones hacia los ameloblastos se produciría cuando las células del estrato intermedio alcanzan los máximos niveles enzimáticos de fosfatasa alcalina y AT-Pasa, enzimas que participan en el mecanismo de calcificación del esmalte. Por ello

algunos autores consideran al epitelio ameloblástico y al estrato intermedio como un complejo único y necesario para la formación del esmalte. Es necesario recalcar que los ameloblastos sintetizan la matriz del esmalte cuando se han formado las primeras capas de dentina calcificada. Esto es otro ejemplo típico de inducción recíproca. Las principales características citoquímicas de los ameloblastos secretores son las siguientes: los ameloblastos en la etapa de campana ofrecen una marcada basofilia citoplasmática fácilmente evidenciable con azul de toluidina. En estudios previos demostramos la presencia de un alto contenido de ARN en los ameloblastos, al igual que en los odontoblastos mediante microscopía de fluorescencia cuando se utiliza naranja de acridina (que es un fluorocromo específico para la detección de ácidos nucleicos). El ADN fluoresce de amarillo y el ARN de rojo. Con verde metil pironina el ADN se tiñe de verde azulado y de color rojo el ARN citoplasmático (1).

La detección de fosfatasa alcalina y glucógeno en los ameloblastos fue, en cambio, negativa al comenzar la secreción del esmalte. Ten Cate postula que los ameloblastos usarían el glucógeno almacenado para cubrir sus requerimientos metabólicos, como consecuencia del cambio y reducción del aporte nutricional (al invertir su polaridad) sumado a una mayor demanda de nutrientes necesarios para iniciar la amelogénesis. La carencia de glucógeno en el epitelio dental interno y en el mesénquima adyacente en estas etapas iniciales de la morfogénesis ha sido relacionada por otros autores con la intensa actividad de interrelación molecular epitelio-mesénquima que se desarrolla a este nivel. Mediante técnicas inmunohistoquímicas se ha observado que el esmalte contiene fibronectina. Este hallazgo induce a sugerir que los ameloblastos son productores de fibronectina o una sustancia similar a la misma (consultar sustancias elaboradas por ameloblastos en Amelogénesis, p. 258). Yamada, con MET e inmunohistoquímica detectó en la matriz adamantina la presencia de proteoglicanos. Estos hallazgos se asocian a los ameloblastos secretores y se correlacionan con la diferenciación celular ameloblástica y la biosíntesis de la matriz adamantina (1).

- **Papila dentaria:** la diferenciación de los odontoblastos se realiza a partir de las células ectomesenquimáticas de la papila que evolucionan

transformándose primero en preodontoblastos, luego en odontoblastos jóvenes y, por último, en odontoblastos maduros o secretores. Estos adoptan una forma cilíndrica de 40 μm de alto y un diámetro medio de 4 a 8 μm , con un núcleo polarizado hacia la región distal de la célula. En su extremo proximal o libre (futuro polo secretor) se diferencia una prolongación citoplasmática única que queda localizada en plena matriz dentinaria, llamada prolongación principal, proceso odontoblástico o prolongación odontoblástica (1). Los odontoblastos, si bien se encuentran formando una especie de epitelio cilíndrico simple en la periferia de la papila, están separados por espacios intercelulares que a veces contienen fibras reticulares de Von Korff e incluso capilares o nervios (1).

Los odontoblastos presentan las características ultraestructurales de una célula secretora de proteínas para exportación (ver Pulpa Dentaria). Sintetizan las fibrillas colágenas tipo I (con pequeñas cantidades de colágeno tipo III) y los glicosaminoglicanos de la matriz orgánica de la dentina. Cuando se forma dentina, la porción central de la papila se transforma en pulpa dentaria. La zona central de la papila se caracteriza ahora por presentar fibroblastos jóvenes con abundante sustancia fundamental, principalmente ácido hialurónico y condroitín sulfato responsable de su metacromasia. Al MET se han identificado dos tipos de fibras (1):

- a) Fibras oxitalánicas, que carecen de estriación transversal.
- b) Fibras precolágenas estriadas asociadas a la membrana basal.

La inervación se establece en forma precoz. Delgadas prolongaciones nerviosas, dependientes del trigémino, se aproximan en los primeros estadios del desarrollo dentario, pero no penetran en la papila hasta que comienza la dentinogénesis. Existen factores tróficos como el factor de crecimiento nervioso (NGF), el factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF) y el factor neurotrófico derivado de la glia (GDNF) que se relacionan con el comienzo y el desarrollo de la inervación sensorial en la papila dental y con el crecimiento de los axones pulpaes. La inervación inicial es solamente de tipo sensorial, pues los estudios

histoquímicos han demostrado que las fibras nerviosas autónomas están ausentes durante los estadios de brote y casquete (1).

Con respecto a la irrigación, se ha visto que agrupaciones de vasos sanguíneos penetran en la papila en la etapa de casquete. A medida que avanza el desarrollo, los vasos se ubican preferentemente en el lugar donde se formará la raíz o raíces. Se ha sugerido que la presencia de un aumento de capilares y la existencia temprana de filetes nerviosos en la proximidad del ectomesénquima donde se desarrollarán los gérmenes dentarios, está asociada a que ambas estructuras o una de ellas desempeñarían un papel importante en el mecanismo inductivo. Según Ten Cate, es mucho más probable que la vascularización e inervación sean el resultado del desarrollo dentario, y no su causa. Con respecto a las características citoquímicas de los odontoblastos, éstos presentan en el estadio de campana la máxima expresión de ARN (responsable de la basofilia citoplasmática), lo cual indica su relación directa con el metabolismo celular. La actividad fosfatasa alcalina es, asimismo, elevada, mientras que la reacción citoquímica del glucógeno es negativa (PAS⁻). La fosfatasa es también positiva en la zona subodontoblástica la cual presenta, además, metacromasia y alcianofilia (1).

La ausencia de glucógeno cuando los odontoblastos comienzan su actividad dentinogénica, podría deberse a que cesa como material de reserva, siendo aprovechado por estas células en su ciclo de secreción o bien por la fosfatasa en el mecanismo de mineralización. Ten Cate indica que el glucógeno podría ser el precursor químico de los esteres hexosa-fosfato utilizados, luego, por la enzima fosfatasa alcalina. Cita que los hallazgos de Pritchard y Dixon-Perkins, dejan poca duda de que la glucogenólisis fosforilativa contribuye, de algún modo, a la formación de tejidos calcificados y de que el producto final es una hexosa-fosfato. Por otra parte, se ha sugerido que los radicales hexosa-fosfatos derivan de la degradación fosforilativa del glucógeno, y que son aprovechados más tarde para la síntesis de proteoglicanos, componente esencial de los tejidos duros. Esto explicaría la desaparición del polisacárido donde la actividad fosfatásica y el material PAS⁺ coexisten. La presencia de fosfatasa alcalina en los odontoblastos, zona subodontoblástica y estrato intermedio del órgano del

esmalte, nos indicaría su participación directa o indirecta en la elaboración o mineralización de la matriz orgánica del esmalte y dentina. Ten Cate menciona que la actividad extracelular de la enzima próxima a los sitios de mineralización no sólo está asociada con la provisión de iones fosfatos, sino que permite el crecimiento de los cristales de hidroxiapatita (al clivar el pirofosfato depositado en la superficie que inhibe el crecimiento). La fosfatasa alcalina se detecta también histoquímicamente en el endotelio de los capilares (provenientes del saco dentario) próximos al estrato intermedio. Se cree que la enzima, cuando se asocia a las membranas celulares, regula el transporte de iones a través de las mismas. En síntesis, vemos que la fosfatasa alcalina participaría en varios procesos, ya sea en forma directa o indirecta (1).

- **Saco dentario:** en la etapa de campana es cuando más se pone de manifiesto su estructura. Está formado por dos capas: una interna célula-vascular y otra externa o superficial con abundantes fibras colágenas. Las fibras colágenas y precolágenas se disponen en forma circular envolviendo al germen dentario en desarrollo, de ahí proviene la denominación de saco dentario. La colágena presente a este nivel es de tipo I y III (1).

De la capa celular constituida por células mesenquimáticas indiferenciadas derivarán los componentes del periodoncio de inserción: cemento, ligamento periodontal y hueso alveolar. Las células mesenquimatosas que se diferencian hacia hueso alveolar son células ricas en glucógeno, al igual que ocurre en otras ubicaciones en las que el tejido mesenquimatoso evoluciona hacia tejido óseo. Tanto la invasión, como la irrigación presentan dos variedades, una destinada al saco y la otra a la papila, donde los vasos y nervios atraviesan el saco para distribuirse por la misma. También en esta etapa la lámina dentaria prolifera en su borde más profundo, que se transforma en un extremo libre situado por detrás (en posición lingual o palatino) con respecto al órgano del esmalte y forma el esbozo o brote del diente permanente. La conexión epitelial bucal se desintegra por la mesénquima en proliferación. Los restos de la lámina dentaria persisten como restos epiteliales redondeados, conocidos con el nombre de perlas de Serres (1).

a.4. Estadio terminal o de folículo dentario (apositional)

En esta etapa comienza cuando se identifica, en la zona de las futuras cúspides o borde incisal, la presencia del depósito de la matriz del esmalte sobre las capas de la dentina en desarrollo. El crecimiento aposicional del esmalte y dentina se realiza por el depósito de capas sucesivas de una matriz extracelular en forma regular y rítmica. Se alternan períodos de actividad y reposo a intervalos definidos. La elaboración de la matriz orgánica, a cargo de los odontoblastos para la dentina y de los ameloblastos para el esmalte, es inmediatamente seguida por las fases iniciales de su mineralización. El mecanismo de formación de la corona se realiza de la siguiente manera: primero se depositan unas laminillas de dentina y luego se forma una de esmalte. El proceso se inicia en las cúspides o borde incisal y paulatinamente se extiende hacia cervical. En elementos dentarios multicuspídeos, se inicia en cada cúspide de forma independiente y luego se unen entre sí. Esto da como resultado la presencia de surcos en la superficie oclusal de los molares y premolares, determinando su morfología característica, que permite diferenciarlos anatómicamente entre sí. La membrana basal o futura conexión amelodentinaria puede ser lisa o presentar ondulaciones festoneadas, en algunos sitios la MB presenta soluciones de continuidad por donde se extienden algunas prolongaciones de los odontoblastos, que en el esmalte forman los husos adamantinos o los conductillos o túbulos dentinarios remanentes. Si bien la conexión amelodentinaria al MO en preparados de dientes por desgaste es bien nítida (como se observará más adelante al estudiar los tejidos dentarios), a nivel ultraestructural existe una íntima yuxtaposición de cristales, que resulta difícil de deslindar si pertenecen a uno u otro tejido. Este entremezclamiento de cristales de esmalte y dentina podría explicar parcialmente la estructura de la interfase amelo-dentinaria. Una explicación adicional de la adhesión puede estar relacionada con la disposición de las fibras colágenas tipo I en la dentina, perpendiculares al borde amelodentinario en conexión con la fibronectina o sustancia similar a la fibronectina presente en el esmalte inmaduro (consultar sustancias del borde amelodentinario en Amelogénesis). El contacto entre colágeno y fibronectina puede contribuir a la estabilidad entre la dentina y el esmalte, gracias al dominio adhesivo del colágeno sobre la molécula de

fibronectina. De esta manera, la fijación del esmalte a la dentina en el germen dental humano, parece ser no meramente mecánica, sino también química (1).

Una vez formado el patrón coronario y comenzado el proceso de histogénesis dental mediante los mecanismos de dentinogénesis y amelogénesis, de forma centrífuga la primera y centrípeta la segunda, comienza el desarrollo y la formación del patrón radicular. La mineralización de los dientes primarios se inicia entre el quinto y el sexto mes de vida intrauterina; por eso, al nacer existen tejidos dentarios calcificados en todos los dientes primarios y en los primeros molares permanentes. Cuando la corona se ha formado el órgano del esmalte se atrofia y constituye el epitelio dentario reducido, que sigue unido a la superficie del esmalte como una membrana delgada. Cuando el diente hace erupción algunas células del epitelio reducido de las paredes laterales de la corona se unen a la mucosa bucal y forman la fijación epitelial o epitelio de unión. Dicho epitelio de fijación une la encía con la superficie del diente y establece, además, un espacio virtual que se denomina surco gingival (1).

b. Desarrollo y formación del patrón radicular

En la formación de la raíz, la vaina epitelial de Hertwig desempeña un papel fundamental como in-ductora y modeladora de la raíz del diente. La vaina epitelial es una estructura que resulta de la fusión del epitelio interno y externo del órgano del esmalte sin la presencia del retículo estrellado a nivel del asa cervical o borde genético. En este lugar que es la zona de transición entre ambos epitelios, las células mantienen un aspecto cuboide. La vaina prolifera en profundidad en relación con el saco dentario por su parte externa y con la papila dentaria internamente. En este momento las células muestran un alto contenido de ácidos nucleicos, relacionado con la división o mitosis celular. Al proliferar, la vaina induce a la papila para que se diferencien en la superficie de la mesénquima papilar, los odontoblastos radiculares. Cuando se deposita la primera capa de dentina radicular, la vaina de Hertwig pierde su continuidad, es decir, que se fragmenta y forma los restos epiteliales de Malassez, que en el adulto persisten cercanos a la superficie radicular dentro del ligamento periodontal. Se ha sugerido que un factor importante en el proceso de fragmentación de la vaina de Hertwig es la disminución rápida en la expresión

de la molécula P-cadherina, relacionada con la adhesión celular. Si bien los restos de Malassez no poseen ninguna función en la odontogénesis, son la fuente del origen del revestimiento epitelial de los quistes radiculares. En síntesis, la elaboración de dentina por los odontoblastos es seguida por la regresión de la vaina y la diferenciación de los cementoblastos, a partir de las células mesenquimáticas indiferenciadas del ectomesénquima del saco dentario que rodea la vaina. El desplazamiento de las células epiteliales de la vaina hacia la zona periodontal comienza con la formación de dentina. La causa de la fragmentación y desplazamiento de la vaina se debería a la falta de aporte nutritivo que las células recibían desde la papila. Si la velocidad de migración celular es mayor que la del mecanismo de cernentogénesis, les permite retirarse y ocupar un lugar en el ligamento periodontal, pero otras veces, durante su traslado pueden quedar incluidas en el cemento, donde experimentan un proceso degenerativo. La formación del patrón radicular involucra, también, como hemos visto, fenómenos inductivos; el epitelio de la vaina modela además el futuro límite dentinocementario e induce la formación de dentina por dentro y cemento por fuera (1).

En los dientes multirradiculares la vaina emite dos o tres especies de lengüetas epiteliales o diafragmas en el cuello, dirigidas hacia el eje del diente, destinadas a formar, por fusión, el piso de la cámara pulpar, una vez delimitado el piso proliferan en forma individual en cada una de las raíces. Al completarse la formación radicular, la vaina epitelial se curva hacia adentro (en cada lado) para formar el diafragma. Esta estructura marca el límite distal de la raíz y envuelve al agujero apical primario. Por el agujero entran y salen los nervios y vasos sanguíneos de la cámara pulpar. Algunos autores consideran que a partir de este momento la papila se ha transformado en pulpa dental (1).

c. Histogénesis del órgano dentario

La histogénesis consiste en la citodiferenciación que conduce a la formación de los distintos tipos de tejidos dentarios. La histogénesis del esmalte recibe la denominación de amelogénesis (1).

2.2. Dentinogénesis

a. Generalidades

La dentinogénesis es el conjunto de mecanismos mediante los cuales la papila dental elabora por medio de sus células especializadas, los odontoblastos, una matriz orgánica que más tarde se calcifica para formar la dentina. En la dentinogénesis se pueden considerar tres etapas:

- Elaboración de la matriz orgánica, compuesta por una trama fibrilar y un componente fundamental amorfo.
- Maduración de la matriz.
- Precipitación de sales minerales (calcificación o mineralización) (1).

La formación de la dentina comienza en el estadio de campana avanzada. Se inicia en la zona del vértice de la papila dental que corresponde al área de las futuras cúspides o bordes incisales, desde donde continúa en dirección cervical para conformar así la dentina coronaria. El depósito de dentina radicular se produce con posterioridad y en sentido apical bajo inducciones ejercidas por la vaina epitelial de Hertwig (1).

b. Ciclo vital de los odontoblastos

Los odontoblastos se diferencian a partir de las células ectomesenquimáticas de la papila dental, bajo la influencia inductora del epitelio interno del órgano del esmalte.

En su ciclo vital podemos considerar las siguientes etapas:

- a) Células mesenquimáticas indiferenciadas.
- b) Preodontoblastos.
- c) Odontoblastos jóvenes.
- d) Odontoblastos secretores.

Las células mesenquimáticas indiferenciadas de la periferia de la papila dental son pequeñas, de forma estrellada con núcleo grande y un escaso citoplasma con pocos organelas. Estas células se encuentran bastante distanciadas unas

de otras por una matriz extracelular que contiene escasas fibras de colágeno. Entre las células ectomesenquimáticas periféricas y la membrana basal que las conecta con el órgano del esmalte, hay una delgada zona acelular que aparece amorfa al MO y que se caracteriza desde el punto de vista histoquímico por ser alcianófila y metacromática. A la luz de los nuevos resultados obtenidos por métodos inmunohistoquímicos, se ha detectado la presencia de componentes como el heparán sulfato, colágeno tipo W, laminina, entactina y fibronectina en la lámina basal ameloblástica o membrana preformativa que separa los preameloblastos de la predentina de los gérmenes dentarios. Las células del epitelio dental interno (preame-loblasto) se dividen, adaptándose al crecimiento del germen dentario. Se ha visto que algunas de las prolongaciones citoplasmáticas de los preameloblastos atraviesan la MB y la zona acelular, alcanzando las células ectomesenquimáticas de la papila. Antes de comenzar la diferenciación celular, las células ectomesenquimáticas ya sintetizan y segregan en la matriz extracelular colágeno tipos I y III, proteoglicanos, glicosaminoglicanos sulfatados y fibronectina. La diferenciación de las células ectomesenquimáticas es precedida por la maduración de los preameloblastos, en ameloblastos jóvenes. Inmediatamente las células ectomesenquimáticas comienzan a incrementar su volumen, conteniendo progresivamente mayor cantidad de organelas, en especial complejos de Golgi y retículo endoplásmico rugoso (RER). Dichas células adoptan una forma cilíndrica baja y presentan varias prolongaciones citoplasmáticas proximales que llegan a la membrana basal. Estos elementos que se denominan ahora preodontoblastos y cuyo índice nucleocitoplásmico es alto, se ubican próximos unos a otros hasta adquirir un aspecto similar al del epitelio cilíndrico simple. La zona acelular, existente entre estas células y la membrana basal del órgano del esmalte, se reduce y progresivamente desaparece. Los preodontoblastos inician su diferenciación terminal hacia odontoblastos jóvenes, con una última división mitótica que supone la salida definitiva del ciclo celular y, el nacimiento de dos nuevas células hijas. El huso mitótico de esta última división es perpendicular a la membrana basal originando dos células superpuestas. La más próxima a dicha membrana basal se diferenciará en odontoblasto y la subyacente origina las denominadas, por algunos autores, células subodontoblásticas de Hóhl o de reserva (1).

Los odontoblastos jóvenes así formados desarrollan sistemas de unión entre ellos de tipo adherente y comunicante y luego se polarizan. Como resultado de dicha polarización el volumen celular aumenta y la célula se hace cilíndrica y el núcleo se desplaza hacia la zona distal. El RER se dispone paralelo al eje mayor de la célula y se reordena el citoesqueleto de manera que la actina, la vinculina y la vimentina se acumulan en la región proximal de la célula. En el polo proximal de la misma se observa, también una prolongación única y de mayor tamaño que se denomina proceso odontoblástico y que caracteriza al odontoblasto joven. El odontoblasto joven incrementa su volumen y adopta una morfología más cilíndrica. El proceso odontoblástico incrementa asimismo su longitud y se dispone perpendicular a la lámina basal. Inmediatamente el odontoblasto inicia su actividad secretora y se denomina a partir de ese momento odontoblasto secretor. La actividad secretora de esta célula se manifiesta hacia el polo proximal, por el que se segrega la predentina que ocupa el espacio existente entre el órgano del esmalte y los odontoblastos. La predentina elaborada por el odontoblasto secretor está formada por colágeno tipos I, V y VI, proteoglicanos y algunas sustancias no colágenas. El colágeno tipo III deja de sintetizarse. Las metaloproteinasas sintetizadas por los odontoblastos y las células mesenquimáticas pulpareas parecen desempeñar un papel significativo en la organización de la matriz orgánica de la dentina en las etapas previas a la mineralización. Una vez formada la predentina, el odontoblasto contribuye, como describiremos más adelante, a la primera mineralización de la misma y a su transformación en matriz dentinaria calcificada (formación de la dentina del manto). Cuando la prolongación odontoblástica queda alojada en el túbulo dentinario de la matriz de la dentina recién formada el odontoblasto, que se desplaza hacia el interior, recibe la denominación de odontoblasto maduro. Posteriormente este odontoblasto continúa contribuyendo al proceso de síntesis y mineralización (formación de la dentina circumpulpar); más tarde aunque disminuye de volumen contribuye, durante el resto de su vida, que es la del diente, al mantenimiento de la matriz dentinaria (1).

Algunos autores denominan «odontoblastos de transición» a estas células que presentan aspectos involutivos con disminución de su actividad dentinogénica. Esta capacidad retoma, sin embargo, ante la presencia de un

estímulo externo. La evolución y maduración de los odontoblastos se inicia en el vértice de la papila progresando hacia cervical, de ahí que es posible observar en un preparado de germen dentario (en etapa aposicional temprana) los odontoblastos en sus distintos estadios de maduración. En el proceso de diferenciación de los odontoblastos intervienen numerosos factores como se ha demostrado in vivo e in vitro. En dicho proceso, que tiene lugar en cada diente según un patrón espacio-temporal específico, participan el epitelio dental interno, la membrana basal, los componentes de la matriz extracelular existentes en la papila y distintos factores de crecimiento. En este sentido se postula que el TGF-(3 (factor transformador del crecimiento) sintetizado por los preameloblastos o ameloblastos jóvenes y adecuadamente activado en el seno de la membrana basal interactuaría con receptores existentes en la superficie de los preodontoblastos. Entre los receptores presentes en los odontoblastos en diferenciación se han sugerido los receptores IL-6 e IL-10. En estas células la estimulación conduciría a la expresión de los genes *Msx2* y *TGF-(3*. Al parecer el incremento en la expresión de estos compuestos constituye un prerequisite fundamental para la diferenciación terminal del odontoblasto pues intervendrían en la regulación de la síntesis de la predentina (incluida la fibronectina) y en la reorganización del citoesqueleto y, en consecuencia, en la polaridad celular (1).

c. Formación de la dentina del manto

La primera predentina (matriz orgánica) que se forma corresponde a la dentina del manto. Clásicamente se describía como el primer indicio de dentinogénesis la aparición de fibras reticulares entre los cuerpos de los odontoblastos, las cuales a nivel de su extremo se abren en abanico, formando la matriz fibrosa de la primera dentina. Estas fibras, denominadas fibras de Von Korff, parecen originarse a partir de la región subodontoblástica y se caracterizan por ser argirófilas (se ponen en evidencia con impregnación argéntica). Según esta interpretación, la primera matriz dentinaria formada tendría origen en la papila dentaria, y el resto en los odontoblastos. Investigaciones recientes parecen apoyar esta idea, ya que se ha demostrado ultraestructural e inmunohistoquímicamente, la presencia de fibras de colágeno tipo I y tipo III

(fibras reticulares) en los espacios interodontoblasticos, en etapas embrionarias tempranas (el colágeno tipo III se sintetiza por las células mesenquimáticas y cuando éstas se diferencian en odontoblastos deja de sintetizarse). Sin embargo, otros autores afirman que las «fibras de Von Korff» corresponden a la sustancia fundamental amorfa, argirófila por su riqueza en GAG, que aparece entre los odontoblastos y también estrechamente unida a las fibras colágenas que se van segregando a nivel proximal. La matriz extracelular de la dentina del manto consta de gruesas fibras colágenas incluidas en abundante sustancia fundamental amorfa, que se disponen paralelamente entre sí y perpendiculares a la lámina basal (futura conexión amelodentinaria). Cuando la preentina de la dentina del manto alcanza un espesor aproximado de 6 μm comienza la mineralización. Los odontoblastos, una vez que elaboran dicha preentina participan en el proceso de calcificación de la misma 1º) captando y almacenando calcio; 2º) elevando la concentración local de iones fosfatos, mediante la fosfatasa alcalina que se localiza en su superficie y se difunde en la matriz extracelular y 3º) formando las denominadas vesículas matriciales. El calcio puede alcanzar la preentina por vía intercelular, aunque parece que lo hace fundamentalmente a través del odontoblasto. Esta célula posee para ello canales de calcio de tipo L y distintos sistemas de transporte para este elemento (sistema de intercambio $\text{Na}^+/\text{Ca}^{++}$, sistema de ATPasa dependiente del calcio, etc.) que intervienen en la homeostasis intracelular del calcio y, facilitan su acumulación en algunas organelas como las mitocondrias. Las vesículas matriciales, que son la base de la calcificación de esta zona de la dentina, son formaciones esféricas de 100 a 200 nm de diámetro, limitadas por una membrana que se originan por gemación a partir del odontoblasto. En su interior el calcio y el fosfato precipitan al encontrar un micromedio-ambiente adecuado para ello. Para algunos autores la precipitación inicial se produce en la vertiente interna de la membrana de la vesícula en relación con la presencia de una alta fracción de fosfatidilserina ácida y para otros, la precipitación inicial se produce en el seno de macromoléculas intravesiculares, tales como la anexina o la calbindina. Los iones acumulados en las vesículas precipitan como fosfato calcico amorfo, para finalmente transformarse en cristales de hidroxapatita, en general, ricos en magnesio. El proceso de formación de los cristales es muy complejo y no está del todo aclarado. En primer lugar, aparecen partículas de

tamaño nanométrico (dots) que constituyen la primera entidad visible del componente mineral. Con posterioridad estas partículas se disponen unas junto a otras en cadenas arrosariadas en forma de agujas de 1 a 2 nm de espesor. La coalescencia de estas cadenas en dirección lateral da lugar a cristales en forma de placa o cinta. La expansión de estas placas continua hasta alcanzar la geometría final del cristal (1).

Al crecer los cristales terminan por romper las vesículas, esparciéndose en la matriz circundante. Estos núcleos de calcificación se fusionan con otros vecinos, constituyéndose un frente lineal de calcificación. La osteopontina y la sialoproteína dentinaria (DSP) participan en la configuración de estos focos iniciales de calcificación en la dentina del manto en la que la DSP actuaría como agente regulador del proceso. Los cristales siguen una orientación definida con respecto a las fibras colágenas, disponiéndose en su superficie y en su interior. A este respecto es importante señalar que las primeras fibras de colágeno en las que se deposita el componente mineral, son fibras en las que se detecta una presencia significativa de ATPasa dependiente del calcio. Esta enzima que se elabora fundamentalmente en los ameloblastos se difunde al espacio extracelular y se distribuye a lo largo de fibras de colágeno que se sitúan en la proximidad de las vesículas matriciales. La acción enzimática, elimina ATP de la proximidad de las fibras y previene la conocida inhibición que este compuesto ejerce sobre el crecimiento del cristal. La mineralización del resto de las fibras de colágena, es un proceso pasivo que tiene lugar con carácter secundario a la calcificación de estas primeras fibras. Un dato también importante en la formación de la dentina del manto es la no participación en el proceso de mineralización de la fosfoforina dentinaria (DPP) que no se segrega y, por tanto, no se detecta en este lugar. También, una vez comenzado el proceso de mineralización la fibronectina desaparece de la matriz extracelular de la dentina. Simultáneamente con el primer depósito de la dentina del manto, los ameloblastos fagocitan la lámina basal y por ello la interfase dentina-esmalte está constituida por una mezcla de ambos tejidos (1).

d. Formación de la dentina circumpulpar

A medida que se calcifica la dentina del manto, los odontoblastos (que ya son odontoblastos maduros) continúan produciendo matriz orgánica para formar el resto de la dentina primaria, es decir, la dentina circumpulpar. La matriz extracelular de la dentina circumpulpar difiere de la anterior, pues las fibras colágenas son más finas y se disponen irregularmente, formando una red de orientación perpendicular a los túbulos dentinarios. La sustancia amorfa es producida exclusivamente por los odontoblastos. La calcificación de la dentina circumpulpar también es diferente en varios aspectos, en relación a la dentina del manto, no se forman vesículas matriciales, y la mineralización sigue un patrón globular. Esto implica que se produce aposición de cristales de hidroxiapatita en varios puntos a la vez, formándose núcleos de cristalización globulares (calcosferitos) que más tarde se fusionan con sus vecinos. Si esa fusión no se completa, se constituye la dentina interglobular. El proceso inicial de formación de los cristales -partículas, cadenas y placas- es, sin embargo, semejante al descrito en la dentina del manto aunque en este caso se desarrolla en las microfibrillas de colágeno. La secuencia de formación de la dentina circumpulpar consiste en la secreción por el odontoblasto de colágeno y de proteoglicanos en la zona próxima a su cuerpo celular. El colágeno en la región de la predentina configura una red fibrilar y los proteoglicanos desarrollan aquí su actividad metabólica. A través de los procesos odontoblásticos se transportan DPP (se detecta sólo en la dentina circumpulpar), proteínas Gla y una nueva serie de proteoglicanos que son vertidos por exocitosis en el límite existente entre la predentina y la matriz dentinaria previamente mineralizada. A esta región se le denomina frente de mineralización. A dicho nivel y desde el odontoblasto se liberan también iones calcio. Entre los proteoglicanos presentes a este nivel se encuentra la decorina que no se ha identificado en la matriz extracelular de la dentina del manto. Los niveles de decorina disminuyen alrededor de las fibras de colágena en aquellas áreas donde comienza el proceso de mineralización. En el frente de mineralización se forman los calcosferitos. Estos tienen en la región de la corona un diámetro que oscila entre 10 y 20 μm . Hacia apical los calcosferitos disminuyen de tamaño y aparecen formas ovoideas, poligonales y estrelladas. El índice Ca/P de los calcosferitos

de la corona es más alto ($1,63 \pm 0,27$) que en los calcosferitos de la raíz ($1,46 \pm 0,28$); estos últimos presentan más niveles de azufre que los calcosferitos coronarios. La actividad de los odontoblastos y el micromedioambiente de la predentina son los factores condicionantes de la forma, el tamaño y la composición de los calcosferitos. A medida que progresa la mineralización disminuyen los compuestos ricos en azufre presentes en la dentina. Nuestros estudios han puesto de relieve este hecho con microscopía electrónica analítica y la importancia que tiene la mayor o menor presencia de GAG sulfatados en la dentina de las distintas piezas dentarias, para explicar las posibles terapias de remineralización. La afinidad del calcio por macromoléculas ricas en cargas negativas, como ocurre con los GAG sulfatados, explicaría la importancia de estos compuestos en el proceso de mineralización. La dentina circumpulpar madura está más calcificada que la del manto, pero su estructura histológica es similar, ambas tienen matriz calcificada que constituye la dentina intertubular, atravesada por túbulos dentinarios (1).

En el interior de esos túbulos, la actividad secretora de los odontoblastos lleva progresivamente a la formación de la dentina peritubular, que va reduciendo el diámetro de los mismos. La dentina circumpulpar ocupa gran volumen en el diente. La aposición rítmica de la matriz y las distintas etapas de la calcificación quedan registradas, en las líneas incrementales de la dentina. Siempre persiste una capa de dentina no mineralizada (predentina) entre los odontoblastos y el frente de mineralización cuyo espesor oscila entre 10 y $40\mu\text{m}$ de ancho. Cuando se observan cortes descalcificados teñidos con HE, la predentina aparece de tono rosa pálido, mientras que la matriz de la zona calcificada tiene más afinidad por la hematoxilina. En la inter-fase entre ambas (frente de calcificación) pueden distinguirse los calcosferitos. En ciertas patologías, la predentina puede estar ausente y en esos casos el espesor de la dentina se encuentra en gran parte disminuido, como ocurre en la dentinogénesis imperfecta asociada a la osteogénesis imperfecta letal (1).

e. Formación de la dentina radicular

La dentinogénesis de la raíz se inicia una vez que se ha completado la formación del esmalte, y ya se encuentra avanzada la deposición de la dentina

coronaria. Los odontoblastos radicales se diferencian a partir de las células ectomesenquimáticas de la periferia de la papila, bajo la inducción del epitelio interno del órgano del esmalte, que conjuntamente con el epitelio externo han pasado a constituir la vaina de Hertwig, órgano encargado de modelar la raíz. Las etapas de maduración de los odontoblastos y los mecanismos de formación de la dentina del manto y circumpulpar, son básicamente similares a los de la corona. Existen, sin embargo, algunas variantes en la dentina del manto radicular, las gruesas fibras colágenas son paralelas entre sí y paralelas a la interfase dentina-cemento (perpendicular a los tribuios dentinarios). Por otra parte, la aposición de dentina es más lenta en la raíz que en la corona (ver «Líneas de Von Ebner»). El patrón de mineralización es semejante, pero los calcosferitos son más pequeños (1).

f. Clasificación histogenética de la dentina

En los dientes humanos se reconocen desde el punto de vista de su formación tres tipos de dentina: la dentina primaria, la dentina secundaria, que se forman fisiológicamente en todas las piezas dentarias y la dentina terciaria que se produce como respuesta ante una agresión o noxa (1).

f.1. Dentina primaria

La dentina primaria es la que se forma primero y representa la mayor parte de ésta, delimitando la cámara pulpar de los dientes ya formados. Desde el punto de vista funcional se considera dentina primaria la que se deposita desde que comienzan las primeras etapas de la dentinogénesis hasta que el diente entra en oclusión (se pone en contacto con su antagonista). Comprende la dentina del manto y la circumpulpar anteriormente descritas. Cuando el volumen de la pulpa disminuye como consecuencia de la formación de la dentina primaria los odontoblastos modifican su distribución y se organizan en varios estratos en la zona coronaria (1).

f.2. Dentina secundaria

Es la dentina producida después que se ha completado la formación de la raíz del diente. Clásicamente se la describía como sintetizada a partir del momento

en que el diente entra en oclusión, pero se ha demostrado que también se halla presente en dientes que aún no han erupcionado o están retenidos. Esta dentina se deposita mucho más lentamente que la primaria, pero su producción continúa durante toda la vida del diente. Los anatomopatólogos la denominan dentina adventicia, regular o fisiológica. La distribución de los túbulos en la dentina secundaria es ligeramente menos regular que en la dentina primaria. El límite entre ambas se manifiesta por un cambio en la dirección de los túbulos dentinarios, que en los preparados por desgaste puede observarse como una línea oscura de demarcación. La dentina secundaria se forma por dentro de la circumpulpar en toda la periferia de la cámara pulpar, alcanzando mayor espesor en el piso, techo y paredes (en especial en el piso), mientras que es más delgada en los cuernos y los ángulos diedros que los unen. La formación de esta dentina determina una progresiva disminución de la cámara pulpar, más marcada en los dientes monorradiculares, cuya cámara pulpar carece de techo y piso, y en las raíces de los multirradiculares. La disminución del volumen de la pulpa como resultado de la formación de dentina secundaria trae como consecuencia la disminución del número de odontoblastos por un mecanismo de apoptosis. Los cambios en el espesor del tejido dentinario pueden controlarse mediante radiografías. El odontólogo debe tenerlo en cuenta no sólo para el tallado de cavidades (operatoria dental), sino también en el tallado de una prótesis coronaria. En efecto, en un individuo joven el procedimiento odontológico puede interesar algún cuerno pulpar y hacer una exposición pulpar accidental. En cambio en un diente adulto, que ha sufrido reducción del volumen pulpar, se puede trabajar con mayor grado de seguridad (1).

f.3. Dentina terciaria

Esta dentina es conocida por los anatomopatólogos como dentina reparativa, reaccional, irregular o patológica. Es la dentina que se forma más internamente, deformando la cámara, pero sólo en los sitios donde existe una noxa o estímulo localizado. Es decir que esta dentina es producida por odontoblastos directamente implicados por el estímulo nocivo, de manera que sea posible aislar la pulpa de la zona afectada. Algunos autores hacen una distinción entre la dentina reaccional o reactiva, que es la dentina terciaria segregada ante un

estímulo nocivo por los odontoblastos terminales postmitóticos (que se han diferenciado durante el desarrollo del diente) y la dentina reparativa, que es la dentina terciaria elaborada por una nueva generación de odontoblastos originados a partir de células precursoras de la pulpa tras la muerte de éstos como consecuencia del estímulo nocivo. La estimulación de los odontoblastos para la diferenciación y secreción posterior de dentina terciaria tendría su origen en factores de crecimiento tales como el TGF- β que serían solubilizados como consecuencia de la actividad de los ácidos de la placa bacteriana sobre la dentina. La osteopontina, la osteonectina y la sialoproteína dentinaria participan también en distintas fases de este proceso de dentinogénesis. La cantidad y calidad de la dentina terciaria que se produce se halla relacionada con la duración e intensidad del estímulo; cuanto más acentuados sean esos factores, más rápida e irregular será la aposición de dentina reparativa. Por ejemplo, frente a una caries de rápido progreso y gran extensión, la pulpa puede defenderse formando dentina terciaria con un patrón tubular irregular y donde con frecuencia pueden quedar odontoblastos incluidos (osteodentina). En estos casos se llega a depositar hasta 3,5 μ m diarios de dentina. Si por el contrario, la noxa es menos activa, la dentina se deposita más lentamente, siendo su patrón tubular más regular. Si bien la dentina terciaria ofrece una protección pulpar de acuerdo con su espesor, la pulpa subyacente a la dentina terciaria puede inflamarse y su normalización dependerá de la intensidad y la duración del irritante, la extensión del tejido pulpar dañado y el estado previo de la pulpa. Los patólogos consideran a la dentina reparativa dentro de la categoría de la dentina de neoformación, en la cual también estaría incluida la dentina cicatrizal o puente de dentina que se forma bajo la acción de protectores pulpares como el hidróxido de calcio u óxido de zinc. El odontólogo utiliza tales sustancias para estimular la formación de dentina, cuando ha habido extirpación casi total de la dentina (por ejemplo, en el caso de una caries muy proranda), e incluso exposición pulpar o pulpectomía parcial. Los protectores pulpares inducen a la diferenciación de las células ectomesenquimáticas o células madre pulpares cercanas a la zona afectada, las cuales se transforman en odontoblastos y elaboran dentina de cicatrización; la respuesta depende, obviamente, de la vitalidad de la pieza dentaria (1).

2.3. Amelogénesis

a. Generalidades

La amelogénesis es el mecanismo de formación del esmalte. Dicho mecanismo comprende dos grandes etapas: 1º) la elaboración de una matriz orgánica extracelular; y 2º) la mineralización casi inmediata de la misma que involucra: a) formación, nucleación y elongación de los cristales y b) remoción de la matriz orgánica y maduración del cristal. Ambos procesos están íntimamente ligados en el tiempo, pero por razones didácticas serán considerados de forma independiente, luego de describir los ameloblastos que son las células formadoras del esmalte. Los ameloblastos se diferencian a partir del epitelio interno del órgano del esmalte y alcanzan un alto grado de especialización. En el proceso de diferenciación se requiere de la presencia de dentina. Debido a ello, la diferenciación se inicia en la región del futuro extremo cuspídeo del germen dentario, siguiendo la dentina en desarrollo y se propaga en dirección de las asas cervicales hasta que todas las células del epitelio dental interno se transforman en ameloblastos. El extremo del asa cervical del órgano del esmalte, determina la extensión de la aposición del esmalte ya que los ameloblastos del epitelio interno sólo llegan hasta ese nivel. Estructural y ultraestructuralmente, el amelo-blasto constituye la unidad funcional, dado que es la única célula responsable de la secreción de la matriz orgánica del esmalte (1).

b. Ciclo vital de los ameloblastos

Durante el desarrollo del germen dentario los ameloblastos atraviesan una serie sucesiva de etapas, que abarcan todos los cambios que sufren estos elementos desde que las células poseen un carácter absolutamente indiferenciado hasta que, tras diferenciarse y madurar, desaparecen por completo. Cada una de las etapas se caracteriza por presentar cambios estructurales citoquímicos y ultraestructurales que dependen del estado funcional, que poseen las células en relación con los procesos de formación o maduración del esmalte. Las etapas o períodos que constituyen el ciclo vital del ameloblasto, son las siguientes:

1. Etapa morfogénica (preameloblasto).
2. Etapa de organización o diferenciación (ameloblasto joven).
3. Etapa formativa o de secreción (ameloblasto activo, secretor o maduro).
4. Etapa de maduración.
5. Etapa de protección.
6. Etapa desmolítica.

Como se mencionó con anterioridad, el desarrollo de los ameloblastos progresa desde los bordes incisales o cuspídeos hacia el asa cervical, por lo cual, en un solo corte histológico de la etapa aposicional pueden observarse la mayoría de las características histológicas del ciclo vital de los ameloblastos (1).

1. Etapa morfogénica: las células del epitelio interno del órgano del esmalte interactúan con las células ectomesenquimáticas de la papila determinando la forma de la CAD y de la corona.

Los preameloblastos son células cilíndricas bajas con núcleo ovalado voluminoso, ubicado en la región central, que ocupa, casi por completo, el cuerpo celular. El aparato de Golgi y los centriolos están localizados en el extremo distal de la célula (sector adyacente al estrato intermedio), mientras que las mitocondrias se hallan distribuidas uniformemente por todo el citoplasma. En el extremo distal existen sistemas desarrollados de uniones intercelulares. En un corte histológico del germen dentario, en estadio de campana aposicional, se localizan cerca del asa cervical. El epitelio interno del órgano del esmalte está separado del tejido conectivo de la papila dentaria por una delgada lámina basal, la lámina basal ameloblástica (LBA), que contiene laminina, colágenos tipo I, IV y VI -predomina el tipo IV-, entactina, heparán sulfato y fibronectina. La capa pulpar adyacente presenta una zona acelular, clara y angosta que desde el punto de vista histoquímico es metacromática y alcianófila. Los preameloblastos muestran abundantes prolongaciones citoplasmáticas, que se extienden desde la superficie proximal (límite con la papila dental) hasta la matriz intercelular en la que penetran. Estas prolongaciones entran en contacto con las células ectomesenquimáticas de la papila. Posiblemente podrían desempeñar un papel importante en las interacciones epitelio-ectomesénquima. En este período intervienen distintos

factores tales como el TGF-P, FGF, EGF y PDGF, estos dos últimos segregados por los primitivos preodontoblastos, que inciden sobre la diferenciación general de las células que forman el estadio de casquete del germen dentario. En los preameloblastos (epitelio dental interno) se han descrito receptores Notch, EGF, FGF y PDGF. Los dos primeros están disminuidos en relación con las células del epitelio dental externo del órgano del esmalte. En los preameloblastos de esta etapa morfo-genética se inicia la expresión y la secreción de tuftelina, de sialofosfoproteína dentinaria (DSP) y de ATPasa dependiente del calcio (1).

2. Etapa de organización (ameloblasto joven): En esta etapa que coincide con el período de campana, las células del epitelio interno del esmalte, que siguen expresando niveles bajos de receptores Notch y EGF inducen, mediante la elaboración de TGF- β a las células mesenquimáticas del tejido conectivo adyacente a diferenciarse en odontoblastos. En este período los ameloblastos cambian de aspecto: las células se alargan, cambian de polaridad, las organelas y el núcleo se dirigen hacia el extremo distal (estrato intermedio). El citoplasma muestra un cierto grado de desarrollo del RER (basofilia cada vez más intensa), y del complejo de Golgi, las mitocondrias se agrupan en la región distal, y se observan numerosos microfilamentos y microtúbulos. Los ameloblastos se hallan alineados estrechamente uno respecto de otro, a través de especializaciones de contacto o complejos de unión que se localizan a nivel de los extremos distales y proximales de las células. Se ha establecido que existen diferencias funcionales entre ellas. Las uniones de la región proximal son de tipo macular (puntual) y permeables al paso de algunas sustancias hacia los espacios intercelulares. Las uniones de la región distal pertenecen a la variedad zonular (rodean a toda la célula) y son impermeables al paso de sustancias. Los tonofilamentos que se proyectan desde las uniones de la membrana hacia el citoplasma de los ameloblastos, forman las barras terminales proximales y distales. Existen desmosomas bien desarrollados que se ven, tanto en la región proximal como en la distal. La zona clara y acelular entre el epitelio interno y la papila dentaria desaparece quizás por el alargamiento de las células epiteliales que se ponen en contacto con las células de la papila, las cuales han comenzado su diferenciación en odontoblastos. Hacia el final del período de organización comienza la secreción de dentina por parte de los odontoblastos.

Cuando esto ocurre se desarrolla una inversión de la corriente nutricia, al quedar separados los ameloblastos de la papila dentaria, su fuente primitiva de nutrición. Ahora su nutrición procede de los capilares del saco dentario que rodean al órgano del esmalte y que penetran con el epitelio externo por invaginación hacia el estrato intermedio. El cambio de polaridad que el ameloblasto joven sufre en esta etapa, está relacionado con una reprogramación de los mecanismos celulares que controlan el tráfico vesicular, dado que a partir de esta fase, se va a desarrollar una intensa síntesis y secreción de proteínas del esmalte. En los ameloblastos jóvenes que todavía conservan la capacidad de dividirse puede ya detectarse la presencia de amelogenina. En el ameloblasto joven se han identificado receptores de EGF, FGF y PDGF en los extremos proximales y distales. Asimismo se ha sugerido la presencia en el extremo proximal de receptores de IL-7 (1).

3. Etapa formativa o de secreción: El ameloblasto secretor es una célula diferenciada, muy especializada que ha perdido ya la capacidad de dividirse por mitosis. La población de preameloblastos constituye por ello una fuente constante de provisión de ameloblastos. Los ameloblastos secretores son células cilíndricas y delgadas de unos 60µm de altura. Entre sus caras laterales existen sistemas de unión semejantes a los descritos en la etapa anterior, observándose pequeños espacios interameloblásticos hacia los que las células proyectan pequeñas microvellosidades. Al MO el citoplasma es fuertemente basófilo, debido a un ergastoplasma bien desarrollado (típico de células secretoras), y el núcleo es grande con cromatina laxa y un nucléolo evidente. El núcleo del ameloblasto se encuentra ahora en el polo distal, o sea en el polo opuesto a la futura CAD. Al ser una célula secretora, desde el punto de vista ultraestructural presenta las siguientes características: abundantes mitocondrias cerca del núcleo y en la región distal del citoplasma; complejo de Golgi constituido por varios dictiosomas en la zona central; RER distribuido por toda la célula y más desarrollado en el polo proximal; microfilamentos de tubulina, ct-actinina, vinculina y prequeratinas que se disponen a lo largo de la célula constituyendo el citoesqueleto y cuya integridad resulta necesaria para la diferenciación total y la secreción de los ameloblastos. En el citoplasma de los ameloblastos secretores se han descrito vesículas denominadas cuerpos

ameloblásticos o cuerpos adamantinos que son formaciones de tipo granular, consideradas como precursores intracelulares de la matriz orgánica del esmalte. Se localizan cerca del complejo de Golgi en el cual tienen su origen. Con el MET se observan en el ameloblasto antes de que éste alcance su completa maduración. Poseen morfología ovoidea y contienen un material granular muy fino, rodeado por membrana. El contenido de los cuerpos ameloblásticos no se conoce con exactitud. Por una parte, se supone que su naturaleza es proteica y que contiene constituyentes propios de la matriz orgánica del esmalte. Algunos autores consideran que podrían contener sales minerales cálcicas en forma soluble. Los granulos secretorios o cuerpos ameloblásticos, una vez formados en el complejo de Golgi, migran hacia el polo proximal de la célula, donde son liberados contra la dentina formada. La secreción de proteínas del esmalte y la aparición de cristales inorgánicos dentro de ellas, es casi simultánea. Los cristales del esmalte que se forman primero se interdigitan con los cristales de la dentina. A medida que se forma esta primera capa amorfa de esmalte (esmalte aprismático), los ameloblastos se alejan de la superficie de la dentina y cada uno desarrolla una proyección cónica denominada proceso de Tomes. Los sistemas de unión más próximos al polo proximal, marcan con claridad el límite entre el cuerpo celular del ameloblasto y el proceso de Tomes. Es decir, que el ameloblasto secretor en esta etapa del ciclo se caracteriza desde el punto de vista morfológico por la presencia del proceso de Tomes, estructura responsable de la formación de los prismas y la disposición de los cristales dentro del mismo. En el proceso de Tomes la membrana ofrece dos patrones de superficie: uno de ellos presenta invaginaciones, mientras que el otro ofrece una superficie más lisa. La presencia del proceso de Tomes supone la ruptura de la membrana basal, que se produce por la acción lítica de enzimas lisosómicas procedentes de los ameloblastos o por enzimas derivadas del odontoblasto. El citoplasma del proceso de Tomes contiene granulos secretores (cuerpos ameloblásticos), pequeñas vesículas, mitocondrias y microfilamentos. Las dos vertientes membranosas del proceso de Tomes representan dos áreas distintas de secreción: a) el polo secretor que presenta invaginaciones es el responsable de formar el esmalte de la cabeza de los prismas (1).

Los cristales que se depositan sobre la materia orgánica se disponen perpendicularmente a la superficie del polo secretor; b) el polo secretor de superficie lisa es el responsable de la formación del esmalte de la cola del prisma adyacente. Los cristales aquí depositados tienden a ser también perpendiculares a la superficie. Ambas secreciones y su posterior mineralización darán lugar a la organización de los prismas y a la orientación de los cristales en el seno de los mismos. La secreción de la cola de un prisma precede a la de la cabeza del siguiente, lo que configura una fosita ocupada por el resto del proceso de Tomes. Esta fosita se llena más tarde con la secreción elaborada por el polo secretor de la cabeza. Se desconocen si existen mecanismos selectivos de polaridad en la elaboración, tránsito y secreción, en el ameloblasto, hacia cada una de las vertientes del proceso de Tomes. Se admite que en la formación de cada prisma intervienen cuatro ameloblastos y que cada ameloblasto contribuye a formar cuatro prismas. La presencia y el desarrollo del proceso de Tomes, están asociados principalmente con la formación del esmalte prismático. Esto explica que el esmalte que se deposita inicialmente sea aprismático. También se suele encontrar una fina capa aprismática en la superficie externa del esmalte. Es decir, que el prisma se forma sólo cuando la prolongación citoplasmática del proceso de Tomes está presente. En dicho polo proximal de los ameloblastos secretores se han identificado receptores de EGF, FGF y PDGF y se ha sugerido también la presencia de otros tipos de receptores (IL-5, IL-6, IL-7, IL-9, IL-10, IL-12, GH, G-CSF, INF α /p, e INF γ). Asimismo en el extremo proximal del ameloblasto secretor se ha identificado la existencia de proteínas interactuantes con la tuftelina (TIP) cuyo exacto papel no se conoce en el momento presente (1).

Los ameloblastos están unidos por desmosomas a las células del estrato intermedio. Al parecer cada célula del estrato intermedio está relacionada con seis ameloblastos, a los que coordina en los desplazamientos que éstos efectúan en el proceso de formación de los prismas del esmalte. El desplazamiento vertical hacia atrás de los ameloblastos, sería semejante al que realizan también otras células que forman tejidos duros, tales como los osteoblastos y los odontoblastos. Sin embargo, los desplazamientos laterales y, en algunos casos, en torsión necesarios para formar algunos prismas podrían ser únicos

de los ameloblastos. Los ameloblastos próximos a la cúspide son los primeros que alcanzan la máxima diferenciación secretora para sintetizar y segregar las proteínas específicas de la matriz del esmalte (1).

4. Etapa de maduración: la maduración se produce después de haberse formado la mayor parte del espesor de la matriz del esmalte en el área oclusal o incisal (en las partes cervicales de la corona, la formación de la matriz del esmalte todavía continúa). En esta etapa los ameloblastos reducen ligeramente su tamaño, aumentan su diámetro transversal y su complejo de Golgi y su RER disminuye de volumen. Las mitocondrias se sitúan en el polo proximal y el número de lisosomas y autofagosomas, con un contenido semejante al de la matriz orgánica del esmalte, aumentan considerablemente. El proceso de Tomes desaparece y en el polo proximal surgen microvellosidades e invaginaciones tubulares semejantes a las del osteoclasto. La presencia de estas estructuras demuestra que en esta etapa las células tienen capacidad absorptiva lo que les permite participar eliminando agua y matriz orgánica del esmalte. La eliminación del componente orgánico facilita espacio para que se incremente el porcentaje de componente inorgánico y se vaya configurando el esmalte maduro. En esta etapa, además de la reabsorción se ha comprobado que disminuye, aunque no de forma completa, la producción de las proteínas del esmalte (1).

El ameloblasto en esta etapa sintetiza abundante ATPasa dependiente del calcio y numerosas enzimas lisosómicas y progresivamente fosfatasa alcalina. El pH existente en la matriz, junto al polo proximal microvellositario es ácido, pero existen mecanismos que, periódicamente, tornan lisa la pared de dicho polo cuando la acidez alcanza un determinado límite. Los cristales del esmalte que se están formando pueden entonces desmineralizarse. Se ha sugerido que el contacto con altas concentraciones de flúor podría acidificar este micromedioambiente. Existe asimismo una fuerte dependencia entre la existencia de un pH ácido y la solubilidad de la amelogenina, lo que sin duda juega un importante papel en el proceso de biomineralización. El ameloblasto en este período, además de su actividad absorptiva, interviene en la regulación del transporte del calcio (parvalbúmina) y de otros iones tales como el

bicarbonato convirtiéndose en un verdadero sistema tampón para la matriz del esmalte y, por tanto, para el desarrollo y el crecimiento sostenido de los cristales de hidroxiapatita. En la fase de transición entre la etapa secretora y la de maduración se ha demostrado que muere el 25% de la población ameloblástica y durante la etapa de maduración lo hace el otro 25%. El resto de las células (50%) debe ocupar el espacio previo existente y de ahí el carácter más aplanado que presenta la morfología de los ameloblastos. Se ha postulado la existencia de apoptosis para explicar el proceso (1).

5. Período de protección: cuando el esmalte depositado se ha mineralizado en su totalidad, el ameloblasto entra en estado de regresión. Los ameloblastos dejan de estar organizados en una capa definida, ya no pueden distinguirse de las células del estrato intermedio y, en consecuencia, se fusionan con el resto de las capas del órgano del esmalte. En los ameloblastos las organelas disminuyen de volumen y el complejo de Golgi vuelve a su posición inicial en el polo distal, junto a las células del estrato intermedio. Estos estratos celulares no distinguibles constituirán, finalmente, una capa estratificada denominada epitelio reducido del esmalte o epitelio dentario reducido, cuya función es la de proteger al esmalte maduro, separándolo del tejido conectivo hasta la erupción del elemento dentario. El último producto de secreción de los ameloblastos es la llamada cutícula primaria o membrana de Nasmyth (1).

6. Etapa desmolítica: el epitelio reducido del esmalte prolifera e induce la atrofia del tejido conectivo que lo separa del epitelio bucal, de este modo pueden fusionarse ambos epitelios. Las células del epitelio dentario elaboran enzimas que destruyen el tejido conectivo por desmólisis. Si se produce una degeneración prematura del epitelio reducido puede no haber erupción (1).

c. Formación y maduración de la matriz

c.1. Secreción de la matriz orgánica

En la etapa de campana avanzada, el primer depósito de predentina induce a la diferenciación de los ameloblastos secretores y, en consecuencia, a la secreción del componente orgánico del esmalte. Los procesos de síntesis y secreción de la matriz a cargo de los ameloblastos, son similares a los que

tienen lugar en otras células secretoras de proteínas y pueden ser esquematizados de la siguiente manera:

- a) Síntesis de sustancias de bajo peso molecular en el RER.
- b) Concentración de esas sustancias en el complejo de Golgi.
- c) Formación de los granulos secretorios o cuerpos adamantinos.
- d) Fusión de los cuerpos adamantinos y formación de vesículas apicales.
- e) Secreción por exocitosis de los cuerpos adamantinos o ameloblásticos (1).

La secreción diaria alcanza una extensión de $4\mu\text{m}$ y mientras segrega, el ameloblasto va desplazándose hacia la periferia como se indicó en el apartado anterior. Los primeros componentes de la matriz orgánica se depositan en los espacios ubicados entre los ameloblastos y la predentina en la que configuran precipitaciones a modo de islotes; más tarde se forma una capa continua y delgada de esmalte a lo largo de la dentina, a la que se denomina membrana amelodentaria, ésta llega a alcanzar un espesor de $2\mu\text{m}$. En esta franja no es posible la identificación de los prismas ni de sus vainas (como tampoco es posible diferenciar con exactitud si los cristales pertenecen al esmalte o a la dentina). La secreción del ameloblasto no se realiza de forma continua, sino que es rítmica lo que va a determinar en la estructura histológica del esmalte la formación de estrías transversales de los prismas. Después de que los ameloblastos han producido la cantidad adecuada de esmalte para la formación definitiva de la corona, elaboran una delicada membrana orgánica no mineralizada llamada cutícula primaria (1).

c.2. Componentes de la matriz orgánica

A lo largo del proceso de diferenciación de los ameloblastos la matriz orgánica va configurándose con diferentes componentes, la mayor parte de los cuales son vertidos en la etapa de ameloblasto secretor. En primer lugar, se deposita la tuftelina o proteína de los flecos y la sialofosfoproteína dentinaria (DSP) en la unión amelodentinaria. Algunos autores indican que la tuftelina podría ser segregada tanto por los preameloblastos como por los preodontoblastos. En segundo lugar, se segregan las amelogeninas que representan el 90% de la materia orgánica y cuya presencia va disminuyendo a medida que el esmalte

inmaduro se va transformando en esmalte maduro. La enamulina y la ameloblastina se originan más tarde siendo la ameloblastina la proteína del esmalte que se forma en último lugar y que se relaciona con el esmalte más joven. A estos compuestos hay que añadir, en la matriz del esmalte, enzimas proteolíticas muy significativas: las metaloproteasas, presentes en la etapa de secreción de los ameloblastos y las proteasas de serina, presentes y activas en la etapa de maduración en la que se asocian a la superficie de los cristales. Recientemente se ha descrito la existencia de una proteasa de la serina de la matriz del esmalte 1 (EMSP-1) que podría actuar en las primeras fases del proceso de maduración. Otras enzimas como la fosfatasa alcalina, la ATPasa dependiente del calcio y la anhidrasa carbónica están también presentes en la matriz orgánica. La presencia de otras proteínas de procedencia sérica, como la albúmina y las globulinas pueden también encontrarse en la matriz orgánica del esmalte. La matriz orgánica sufre cambios en el curso de su desarrollo. Cuando el esmalte está recién formado es un material relativamente blando, pero cuando alcanza su total maduración tiene la dureza de la apatita. En el esmalte recién formado el contenido proteico alcanza el 20%, en tanto que en el esmalte maduro es del 0,36%, es decir, que durante la maduración del esmalte aumenta el contenido inorgánico. La pérdida de la mayor parte de la trama orgánica y del agua del esmalte constituye la clave de su maduración. La remoción del material proteico durante la maduración es selectiva. Se extraen todas las amelogeninas, dejando sólo las enamelinas que se unen fuertemente a la superficie de los cristales de apatita. A estas últimas se unen por último las ameloblastinas (1).

c.3. Mineralización de la matriz orgánica

El depósito inicial de mineral (mineralización parcial inmediata) se produce en la unión amelodentinaria y los cristales crecen más tarde, siguiendo su eje longitudinal, por la progresiva adición de iones a su extremo terminal. A este nivel se localizan la DSP y la tuftelina que tienen la misión de iniciar el proceso de mineralización debido a su capacidad de unirse con el componente mineral. Se ha relacionado a la tuftelina con la hipermineralización existente en la unión amelodentinaria. En la vaina de Hertwig y antes de la formación del esmalte se

expresa la ameloblastina. En estudios *in vivo* (utilizando el MET y el MEB) e *in vitro* (utilizando amelogenina recombinante) se ha podido demostrar que, alrededor y entre los cristales iniciales de 1 a 3 nm de espesor y hasta 10 nm de longitud se disponen formaciones esféricas (nanosferas) de 20 nm constituidas por amelogeninas (cada esfera está integrada por 100 monómeros de amelogeninas). Las nanosferas constituyen hileras en forma de rosario que con el MET se observan como estructuras electrolúcidas y que previenen el crecimiento lateral y la fusión o fractura de estos cristales iniciales. Esta disposición deja libre la superficie de dichos cristales próxima al ameloblasto la cual va sucesivamente creciendo gracias al aporte de Ca^{2+} y de PO_4^{3-} que le van suministrando los ameloblastos. La enamulina puede también participar en esta malla reticular de materia orgánica que de forma progresiva va configurando el soporte del cristal. La disposición descrita de estas proteínas permite regular la morfología y el tamaño del cristal, modulando e inhibiendo un crecimiento anómalo del mismo o el contacto de su superficie con otras sustancias, como la albúmina, también presente en la matriz, y que es un conocido inhibidor de la hidroxiapatita y del crecimiento del cristal. Esta fase es la más importante ya que las alteraciones del esmalte están vinculadas directamente a los cambios que ocurren en la etapa postsecretora o de maduración denominada por algunos autores como el período crítico de paso entre el esmalte inmaduro y el esmalte maduro. La actividad enzimática, primero de las metalo-proteasas y luego de las proteasas de serina, van remodelando la matriz y degradando y eliminando el componente orgánico. Ello hace posible el crecimiento controlado de los cristales iniciales y trae como consecuencia que se establezcan puentes o bandas entre los mismos, para más tarde y por coalescencia configurar los cristales definitivos. El proceso de mineralización avanza con la sustitución progresiva de agua y materia orgánica hasta que el esmalte alcanza un contenido en materia inorgánica del 95%. En la última fase del proceso de mineralización intervendría la ameloblastina que sería segregada por la vertiente lisa de los ameloblastos y que tendría un papel fundamental en la configuración de los límites de los prismas y en la constitución de la vaina del prisma. El aporte de calcio y fosfato para la formación y el crecimiento de los cristales provienen de los ameloblastos. El último aporte de sales minerales proviene de los capilares del saco invaginados en el órgano del esmalte. El estrato

intermedio selecciona el paso de iones hacia el ameloblasto, fenómeno que estaría regulado por hormonas y vitaminas (deficiencias vitamínicas o endocrinopatías producen perturbaciones que se traducen en anomalías estructurales del esmalte). En el estrato intermedio se detecta fosfatasa alcalina de forma significativa, como ATPasa dependiente del calcio. Por último los métodos de autorradiografía cuantitativa del calcio al MET han puesto de relieve dos vías de difusión para este elemento: a) una vía transcelular a través de los ameloblastos hacia el esmalte en desarrollo: y b) una segunda vía extracelular a través de los espacios intercelulares (1).

En relación con el transporte de calcio en el ameloblasto es importante destacar la significativa presencia de la actividad enzimática ATPasa dependiente del calcio que existe en distintos lugares de la célula: la membrana plasmática, el complejo de Golgi, las mitocondrias, etcétera. Existen también canales de calcio y distintas proteínas (calbindina, calmodulina, anexinas, pan-albúmina, etc.) implicadas en el transporte de dicho elemento. El calcio que penetra por las membranas basolaterales se uniría a la calbindina y a la pan-albúmina y sería expulsado a la matriz del esmalte gracias a la ATPasa dependiente del calcio, ubicada en la membrana que delimita el proceso de Tomes. El esmalte adulto de un elemento ya erupcionado continúa incorporando iones en su superficie, mecanismo conocido como remineralización, que está en relación directa con el grado de permeabilidad del esmalte (1).

2.4. Cronología de la dentición humana

a. Edad dental

La formación, calcificación, emergencia y erupción de los dientes primarios y de los permanentes, son parte de un proceso continuo de maduración del individuo que ocurre desde el nacimiento hasta pasada la edad adulta (2,3).

Debemos en primer lugar, empezar por evaluar lo más elemental de un examen clínico: contar el número de dientes (primarios y permanentes) presentes en la boca y el estado de su erupción, si están solo en emergencia o cuanto de su corona se encuentra dentro de la encía (la mitad o tres cuartos) o si ya han

llegado al plano funcional. La valoración de la Edad Dental se determina por dos métodos (2):

1) Estado de Erupción Dental, el cual varía ampliamente de una persona a otra y ha sido estudiado por diversos autores, quienes han tratado de precisar la fecha para la erupción dentaria, sin embargo, no se ha podido establecer por la variabilidad de factores que intervienen, tales como: Raza, sexo, clima, nutrición, afecciones sistémicas y otros (4).

Por otra parte una vez que el diente emerge puede estar influenciado por factores ambientales o exógenos, como pérdida prematura de dientes primarios que, al provocar la disminución del perímetro del arco obstaculizan la vía de erupción con el consiguiente retardo, infecciones, apiñamientos, o agentes que pueden eventualmente reducir la velocidad de erupción, (deficiencia de vitaminas A y D) e hipotiroidismo; o acelerarla como el hipertiroidismo o la administración de drogas como la cortisona; así como también el impacto del nivel socio económico negativo, tanto en la calcificación como en la erupción dentaria en niños pertenecientes a familias de bajos ingresos (2,5).

2) Estadío de Gemación, que se basa en la comparación del estado de desarrollo radiológico de los diferentes dientes frente a una escala de maduración.

De esta forma no solo se mide la última fase de desarrollo dental, sino todo el proceso de remineralización. La valoración se basa en un sistema de puntuación (Demirjian y cols.) Se adjudica a cada diente una puntuación, según su estadio de desarrollo (6,7).

La suma de los diferentes puntos da el valor de madurez, que se pueden convertir directamente en la Edad Dental con la ayuda de unas tablas convencionales. Cuanto menor es la suma de los puntos, menor es la Edad Dental y viceversa. Este método resulta bastante preciso si solo se utilizan los dientes del cuadrante inferior izquierdo. Además, la escala de puntuación del grado de mineralización depende del tipo de diente y del sexo del paciente (7).

El número de puntos para determinar la Edad Dental se obtiene de la suma de los diversos puntos de los siete dientes del cuadrante inferior izquierdo. Si falta alguno de los dientes que hay que valorar, se incluye el diente del lado contrario. (Según Demirjian y cols., 1973). Para realizar las comparaciones se puede utilizar un compás, la altura de la corona es definida como la mayor distancia entre la punta más alta de las cúspides hasta la unión cemento-esmalte, sin embargo, cuando las cúspides vestibular y lingual no se observan en el mismo nivel, se considerará como el punto más alto el punto medio entre ellas. Si no hay signos de calcificación, el valor es cero. La formación de la cripta no se toma en cuenta (6,7).

b. Edad cronológica

La Edad Cronológica no siempre permite valorar el desarrollo y la maduración somática del paciente (8). Las diferencias en el desarrollo de los niños, dentro de la misma edad, entre los sexos, y aun entre los de la misma familia, ha llevado al concepto de "Edad Biológica o Fisiológica" que define el progreso hacia la madurez del individuo. Por lo general, es estimada a través de la maduración de uno o más sistemas de tejidos: Dentario, Óseo, características sexuales secundarias y somáticas (estatura y peso) (2,9,10).

c. Edad biológica

La Edad biológica es la que nos informa sobre el envejecimiento de nuestras células, y que indica nuestra edad real frente a nuestra esperanza de vida, sirviéndonos como indicador para advertirnos de futuras dolencias crónicas. Está determinada por factores internos, es decir, lo que marca nuestra genética y por factores externos, como, estilo de vida, factores ambientales, alimentación, hábitos diarios etc (11).

2.5. Método de Demirjian

a. Concepto y procedimiento

Demirjian y cols. plantean un método para el análisis de la maduración dentaria así como el cálculo de la edad dentaria en 1973. Utilizan para su estudio un total de 2928 radiografías panorámicas, correspondientes a 1446 niños y 1482 niñas con edades comprendidas entre los 2 y los 20 años. Seleccionan radiografías de niños sanos sin alteraciones del desarrollo y con la dentición permanente completa. Otro criterio de inclusión es que los niños sean de origen franco-canadiense (padres y abuelos). Los autores justifican el uso de radiografías panorámicas, frente a radiografías periapicales utilizadas en estudios previos de maduración, ya que son más sencillas de realizar que las intraorales en niños de menor edad, la radiación es menor y la imagen de la región mandibular sufre menos distorsiones. Afirman que, aunque se produce entre un 3 y un 10% de elongación en la región mandibular, no supone un inconveniente ya que el sistema propuesto para determinar el estadio de cada diente se basa en criterios de forma, por lo que las distancias o longitudes absolutas no son tenidas en cuenta. Las radiografías son analizadas por cuatro examinadores calibrados, que determinan el estadio de maduración de cada uno de los siete dientes mandibulares izquierdos, siguiendo siempre el mismo orden de distal a mesial. Definen en la metodología que el análisis debe realizarse a ojo desnudo (12).

b. Estadios de maduración dentaria según Demirjian

Los estadios de maduración dentaria descritos por Demirjian son ocho (A-H), yendo desde el inicio de calcificación al cierre apical. Establece criterios escritos muy precisos describiendo cada estadio, apoyando la descripción escrita con dibujos esquemáticos, si bien en la valoración primarán siempre los criterios escritos. Los estadios propuestos por el autor son (12):

- ✓ A. En dientes uni y multirradiculares se aprecia un comienzo de calcificación en la zona superior de la cripta con forma de conos. No existe fusión entre éstos.
- ✓ B. La fusión de los puntos de calcificación forma una o varias cúspides que se unen para conformar una superficie oclusal regular.

- ✓ C.
 - o a. La formación de esmalte está completa en la superficie oclusal. Se aprecia su extensión y convergencia hacia la región cervical.
 - o b. Comienza a verse el depósito de dentina.
 - o c. El contorno de la cámara pulpar tiene forma curva en el borde oclusal.
- ✓ D.
 - o a. La formación de la corona se ha completado hasta la unión amelo-cementaria.
 - o b. El borde superior de la cámara pulpar en los dientes uniradiculares tiene forma curva, siendo cóncava hasta la región cervical. La proyección de los cuernos pulpares, si están presentes, dan al contorno pulpar el aspecto de un paraguas. En molares la cámara pulpar tiene forma trapezoidal.
 - o c. El comienzo de la formación radicular se aprecia como una espícula.
- ✓ E. Dientes uniradiculares
 - o a. Las paredes de la cámara pulpar forman líneas rectas cuya continuidad se ve rota por la presencia del cuerno pulpar, que es mayor que en el estadio previo.
 - o b. La longitud radicular es menor que la altura de la corona.

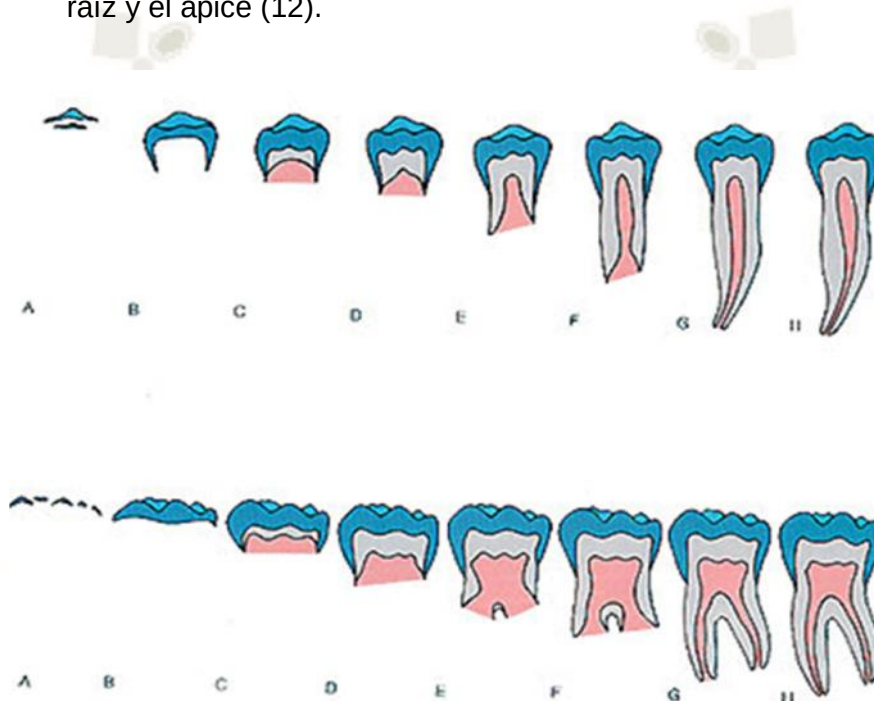
Molares.

 - o a. La formación inicial de la furca se aprecia como un punto calcificado con forma semilunar.
 - o b. La longitud de la raíz es aún menor que la altura de la corona.
- ✓ F. Dientes uniradiculares
 - o a. Las paredes de la cámara pulpar forman ahora un triángulo isósceles. El ápice acaba en forma de embudo.
 - o b. La longitud radicular es igual o mayor que la altura de la corona.

Molares

 - o a. La zona calcificada en la furca se ha desarrollado pasando de la forma semilunar a dar a las raíces una silueta más definida con acabado en forma de embudo.
 - o b. La longitud de la raíz es igual o mayor que la altura de la corona.

- ✓ G.
 - o a. Las paredes del canal radicular son ahora paralelas y el ápice aún está parcialmente abierto (raíz distal en molares).
- ✓ H.
 - o a. El ápice está totalmente cerrado (raíz distal en molares).
 - o b. La membrana periodontal tiene una anchura uniforme alrededor de la raíz y el ápice (12).



(12)

Estadios de desarrollo según Demirjian. Tomada de Demirjian y cols.

A partir del análisis de todas las radiografías panorámicas los autores construyeron tablas de maduración y percentiles de maduración dentaria en los que se relacionaba cada estadio de cada diente con una edad de aparición concreta, lo que permitió elaborar un sistema a partir del cual se analizaban los siete dientes permanentes mandibulares izquierdos, dándole una puntuación específica a cada diente en función del estadio en que se encontrase, sumando las puntuaciones totales se trasladaban a la tabla de maduración específica para cada sexo y se obtenía la edad dentaria del paciente en cuestión. En un estudio posterior actualizan y modifican las tablas de maduración en base a nuevos datos y una muestra más amplia. En el método de Demirjian (1973) los dientes

analizados son 7 (mandibular Izquierdo) I₁, I₂, C, PM₁, PM₂, M₁, M₂. En el método de Demirjian modificado (1976) los dientes utilizados son 4 los cuales se presentan en 2 grupos (13):

- 1º Grupo: M₂, M₁, PM₂, PM₁
- 2º Grupo: M₂, PM₂, PM₁, I₁.

En el presente estudio, trabajaremos sobre cuatro piezas dentarias, tomando como modelos los que están en el primer grupo (12).

Cuadro N° 01. Calificaciones de etapa dental de M₂, M₁, PM₂, PM₁. (12)

Niño	ETAPAS								
Diente	0	A	B	C	D	E	F	G	H
M ₂	0.0	3.2	6.2	9.9	14.4	18.4	20.7	21.9	23.3
M ₁				0.0	8.0	12.6	16.9	21.8	27.4
PM ₂	0.0	3.1	5.6	9.5	13.7	17.4	20.1	21.4	22.5
PM ₁		0.0	5.9	10.7	15.7	20.7	23.8	25.4	26.8

Niña	ETAPAS								
Diente	0	A	B	C	D	E	F	G	H
M ₂	0.0	3.6	6.1	9.9	15.3	19.2	21.7	23.0	24.2
M ₁				0.0	5.4	9.8	14.3	20.1	25.9
PM ₂	0.0	3.7	5.8	9.8	14.7	18.1	20.8	22.3	23.3
PM ₁		0.0	4.6	9.2	15.1	20.2	23.3	25.1	26.6

Fuente: Demirjian A. Goldstein H. (1976)

Cuadro N° 02. Calificaciones de etapa dental de M2, PM2, PM1, I1.

Niño	ETAPAS								
Diente	0	A	B	C	D	E	F	G	H
M ₂	0.0	3.3	6.1	9.9	15.0	19.7	21.3	22.1	23.5
PM ₂	0.0	3.2	5.6	9.6	14.2	18.8	20.9	21.7	22.8
PM ₁		0.0	7.1	11.6	16.9	22.8	25.8	26.8	27.9
I ₁				0.0	7.4	11.5	14.6	18.9	25.7

Niña	ETAPAS								
Diente	0	A	B	C	D	E	F	G	H
M ₂	0.0	3.4	6.3	10.2	15.7	20.2	21.5	22.3	23.5
PM ₂	0.0	3.7	6.2	10.3	15.1	19.1	21.0	21.7	22.8
PM ₁		0.0	5.9	10.2	16.2	21.9	24.6	25.6	26.8
I ₁				0.0	8.1	12.2	15.6	20.7	27.0

c. Ventajas del método de Demirjian.

Como hemos visto con anterioridad se han planteado multitud de métodos para el estudio de la maduración dentaria, así como el establecimiento de la edad dentaria a partir de ésta. La mayoría de ellos se fundamentan en análisis radiográficos. En este estudio hemos optado por el método propuesto por Demirjian y Goldstein, entre sus ventajas encontramos (14):

- ✓ Se fundamenta en el análisis de radiografías panorámicas, permitiendo la recolección de un mayor número de datos con menor dosis de radiación, así como una estandarización más fiable de la proyección que en radiografías intraorales.
- ✓ Se basa en el análisis de los cambios morfológicos del diente y no en proporciones o distancias, por lo que el tipo de ortopantomógrafo, las variaciones en la geometría de la proyección o la magnificación no influirán en el resultado.
- ✓ Buena reproducibilidad.
- ✓ Es uno de los métodos más ampliamente utilizados tanto en clínica como en investigación, lo que permitiría la comparación con mayor número de estudios.

Tabla de Conversión para determinar la Edad Dental partir del desarrollo dental (Demirjian y cols.) (12)

Edad	Niños	Niñas
3.5	21	20.4
3.6	22.4	21.2
3.7	23.1	21.8
3.8	23.9	22.6
3.9	24.8	22.9
4.0	26.6	25.4
4.1	26.8	29.8
4.2	28.0	31.0
4.3	28.3	31.4
4.4	29.7	33.2
4.5	31.4	33.2
4.6	32.5	34.4
4.7	32.7	35.3
4.8	33.7	35.3
4.9	35.0	35.7
5.0	35.3	36.3
5.1	36.0	37.3
5.2	37.7	38.5
5.3	38.7	40.2
5.4	40.3	41.5
5.5	41.0	43.2
5.6	42.2	44.3
5.7	44.7	44.5
5.8	45.8	45.2
5.9	47.1	48.4
6.0	47.8	49.2
6.1	48.1	51.3
6.2	49.5	53.7
6.3	50.3	57.4
6.4	51.5	57.4
6.5	52.6	57.8
6.6	54.5	60.8
6.7	57.2	62.3
6.8	58.7	63.5
6.9	61.4	64.9
7.0	62.1	66.6
7.1	62.7	68.5
7.2	63.1	71.0
7.3	63.9	72.0
7.4	65.4	74.8
7.5	65.8	75.1
7.6	66.0	75.7

Edad	Niños	Niñas
7.7	67.3	76.5
7.8	68.4	77.1
7.9	70.2	78.0
8.0	71.3	79.3
8.1	73.0	79.3
8.2	76.7	80.1
8.3	77.4	81.5
8.4	78.9	81.6
8.5	79.9	82.9
8.6	81.0	83.4
8.7	81.2	85.4
8.8	82.0	85.6
8.9	84	86.2
9.0	85	86.9
9.1	85	88.6
9.2	85.2	89.0
9.3	85.5	90.3
9.4	85.8	91.3
9.5	86.1	92.5
9.6	86.5	92.9
9.7	87	93.3
9.8	87.5	93.5
9.9	88.1	93.5
10.0	88.5	93.6
10.1	89.0	93.6
10.2	89.7	93.7
10.3	90.5	93.7
10.4	91.0	93.9
10.5	91.6	94.1
10.6	92.7	94.1
10.7	93.1	94.5
10.8	93.6	94.7
10.9	93.8	95.3
11.0	94	96.4
11.1	94.4	96.5
11.2	94.8	96.6
11.3	94.9	96.7
11.4	95	96.8
11.5	95	96.9
11.6	95	97.1
11.7	95	97.1
11.8	95.1	97.3

Edad	Niños	Niñas
11.9	95.1	97.4
12.0	95.2	97.6
12.1	95.3	98.0
12.2	95.4	98.1
12.3	95.9	96.7
12.4	96.0	98.4
12.5	96.6	98.6
12.6	96.7	98.7
12.7	97.0	98.8
12.8	97.4	98.8
12.9	97.2	98.9
13.0	97.2	98.9
13.1	97.2	99.0
13.2	97.2	99.0
13.3	97.8	99.0
13.4	97.9	99.0
13.5	97.9	99.1
13.6	98.0	99.1
13.7	98.0	99.2
13.8	98.1	99.2
13.9	98.2	99.3
14.0	98.2	99.3
14.1	98.4	99.3
14.2	98.5	99.4
14.3	98.6	99.5
14.4	98.8	99.5
14.5	99.0	99.6
14.6	99.1	99.6
14.7	99.2	99.7
14.8	99.3	99.7
14.9	99.4	99.7
15.0	99.4	99.7
15.1	99.5	99.9
15.2	99.5	99.8
15.3	99.5	99.8
15.4	99.6	99.8
15.5	99.6	99.9
15.6	99.6	100.0
15.7	99.7	100.0
15.8	99.7	100.0
15.9	99.8	100.0
16.0	99.8	100.0

2.6. Erupción dentaria

a. Erupción

Erupción dentaria es la denominación común de una serie de fenómenos mediante los cuales el diente, en formación en el interior del maxilar y todavía incompleto, migra hasta ponerse en contacto con el medio bucal, ocupando su lugar en el arco dentario (15).

b. Características

La erupción no es un momento aislado en la vida del diente. Dado que cuando comienza no se ha concluido aún la calcificación, ella se confunde prácticamente con los pasos finales de la misma. Más aún, cuando la pieza dentaria ya ha establecido relación de antagonismo, no se ha completado totalmente la formación de su ápice. El proceso que lleva los dientes al plano de oclusión aparece diferenciado según se trate de la porción posterior o anterior del maxilar, donde existe mono y bifiodoncia, respectivamente. En la zona de los molares permanentes se verifica un solo proceso: el de erupción; en la de los unirradiculares permanentes la presencia de dos denticiones determina fenómenos más complejos: erupción de los temporarios, caída de los mismos y erupción de los permanentes. Siendo similar la erupción de los permanentes y caducos, esta parte de los procesos se considera en común. La duración del movimiento eruptivo es amplia y la capacidad de erupción persiste aun después de haber entrado el diente en oclusión. Comienza cuando la corona se ha calcificado totalmente y se han formado ya los dos tercios radiculares. En ese momento el órgano del esmalte, cumplida su misión adamantogénica, está en vías de atrofiarse. El bulbo dentario es grande y aún comunica ampliamente con el mesoderma. El saco dentario persiste, sobre todo en la porción radicular, y está envuelto a su vez por la canastilla ósea, que muestra ya hacia mesial u oclusal un pequeño orificio, menor que el perímetro del diente, recubierto por la mucosa bucal (15).

La erupción prácticamente termina cuando los dientes llegan a la posición de oclusión definitiva con sus antagonistas. En ese momento detienen su marcha, aunque en cualquier circunstancia pueden reanudarla. Así, cuando la abrasión desgasta las caras oclusales, la oclusión persiste sin que se produzca disminución

de la dimensión vertical. Más evidente es el notable movimiento eruptivo que efectúa un diente cuando, por desaparición del o de los antagonistas, se rompe el equilibrio que mantiene a las piezas en posición (equilibrio de Godon). Cuando la gran erupción termina, continúa todavía el fenómeno de la calcificación, hasta llegar a la formación definitiva del ápice. Ross establece la existencia de un factor que denomina "*posición reactiva del diente*", es decir, la capacidad que mantiene cualquier pieza, que se encuentre mal ubicada en su arco, para movilizarse hasta una posición más favorable una vez que han desaparecido las causas determinantes de su heterotopía. Bruszt describe un caso de erupción secundaria de los cuatro incisivos superiores, en una niña de 9 años, ocurrida 11 meses después de que esos dientes fueran impactados en el maxilar por un traumatismo. El movimiento eruptivo presenta los típicos caracteres generales comunes a todos los fenómenos de edificación de los tejidos dentarios, ya que períodos de mayor actividad, más prolongados, alternan con otros de menor actividad y duración (esos momentos de aparente reposo en el esmalte están representados por las estrías de Retzius, en la dentina por las líneas de Owen y en el cemento por laminillas) (15).

c. Proceso eruptivo

Noyes y Schour han determinado en el proceso eruptivo los siguientes tiempos:

- Apertura de la canastilla ósea
- Movimiento del diente hacia el epitelio
- Ruptura del epitelio y aparición del diente en la cavidad bucal
- Relación del diente con el antagonista.
- Ubicación definitiva en el arco dentario.
- Erupción continua.

Resumiendo, puede decirse que existen dos procesos: los destructivos y los de neoformación. Los primeros comprenden la apertura de la canastilla ósea y la encía. Con ellos alternan los segundos, que corresponden a la formación del alvéolo y del parodonto. No existe delimitación entre estos fenómenos. Ocurre que las destrucciones son mayores en los primeros momentos de la erupción y las neoformaciones en los últimos. En realidad, se trata de procesos simultáneos,

porque mientras en un sitio se observa resorción ósea, en otros ocurre una neoformación. De tal forma, entiéndase que sólo razones didácticas autorizan la delimitación de estos procesos. De la misma manera, no debe suponerse que el fenómeno de erupción se circunscribe a la porción alveolar de los maxilares. Es necesario que se cumplan otros procesos (15).

La actividad normal del punto de crecimiento condíleo, descrito por Toldt en 1884, debe producir un aumento en la altura de la rama montante del maxilar inferior, con lo cual se obtiene el espacio suficiente entre ambos maxilares como para permitir la erupción de los dientes. Paralelamente, debe aumentar la dimensión del cuerpo de la mandíbula, lo cual se logra mediante un mecanismo aposicional en el borde parotídeo. Merced a ello, la posición de la rama montante parece verticalizarse, se reduce la angulación del gonion y se alarga el cuerpo del maxilar para permitir la erupción de los molares permanentes. La sutura mediopalatina se comporta como una zona de activo crecimiento, promoviendo el desarrollo trasversal de la mandíbula superior, de la misma forma que las suturas maxilopalatinas, también a nivel de la bóveda, cumplen idéntica función en sentido anteroposterior. Con esta sumaria enumeración de factores puede apreciarse la complejidad del proceso de erupción dentaria, en el cual lo que ocurre a nivel del proceso alveolar constituye solo un aspecto del mismo (15).

d. Mecanismos de la erupción

En el mecanismo de la erupción pueden considerarse los siguientes períodos:

- **Período preeruptivo.** Se forma la canastilla ósea, abierta hacia incisal en los dientes anteriores y cerrada en la región de los molares temporarios. Comienzan los movimientos del diente, por traslación y por crecimiento, combinados. En la porción de hueso que enfrenta el borde incisal o la cúspide del diente ocurren fenómenos de resorción osteoclástica. El diente erupciona siguiendo una trayectoria casi vertical, con ligera oblicuidad hacia vestibular, de modo tal que el borde incisal no irá directamente hacia el orificio antes mencionado, sino que choca con la porción vestibuloincisal del nicho óseo. Esta parte es la primera en resorberse (15).

- **Período eruptivo.** Durante el cual se diferencia el parodonto de protección. El diente comprime los restos del órgano del esmalte y lo proyecta contra el corion de la mucosa bucal.

El conjunto de la mucosa bucal es fácilmente atravesado; la mayor dificultad reside en la perforación de la mucosa, puesto que su estructura fibrosa la hace extraordinariamente resistente a las presiones. Debe consignarse una diferencia entre la erupción de los dientes con borde incisal y los que poseen cara oclusal. En los primeros, con coronas en forma de cuña se ve facilitada la penetración de los tejidos. En los premolares y molares no es raro observar la persistencia de puentes gingivales sobre la cara oclusal, de la cual sólo se visualizan las cúspides. De la misma manera se acepta que los monorradiculares, cuyas raíces poseen forma expulsiva, erupcionan más fácilmente que los plurirradiculares. El mecanismo por el cual se produce este paso, sumamente dificultoso, es el siguiente: el borde incisal o cúspide comprime la mucosa y oblitera los vasos del corion. Ello determina una anemia del tejido blando, que se manifiesta por la aparición de una zona de isquemia que, al prolongarse, causa la muerte de las células y fibras y la desaparición de la resistencia del tejido a ser atravesado. Como la formación del esmalte ha finalizado, los ameloblastos desaparecen, dejando sobre el tejido adamantino la cutícula primaria. Los restantes elementos del órgano del esmalte se confunden para formar la cutícula secundaria, que es la que va a efectuar la fusión con el epitelio gingival. En ese momento comienza la diferenciación de la encía. La mucosa bucal se abre formando un rodete que envuelve a la corona del diente. La diferenciación gingival termina cuando la corona ya ha erupcionado totalmente (15).

Entretanto, la encía marginal no tiene borde en arista, sino que se presenta espesa y redondeada, debido a la hiperhemia y edema que son característicos del proceso eruptivo. La hendidura gingival es más profunda que en los dientes totalmente erupcionados. Llega a ser de 2 a 3 mm y en algunos incisivos laterales, Zappler ha penetrado por vestibular hasta 5 ó 6 mm sin hallar respuesta dolorosa. La aparición del diente en la cavidad bucal no se produce en el sitio exacto en el que los dientes han de hallar su ubicación definitiva. En general, los superiores aparecen hacia vestibular y los inferiores hacia lingual. Además, es frecuente que se sitúen en

giroversión, obedeciendo a una momentánea falta de espacio; esto suele corregirse por sí mismo, en virtud del aumento progresivo del tamaño de los maxilares y por la mecánica de los labios, carrillos y lengua al principio, y posteriormente, cuando establecen contacto antagonista, por el juego de los planos inclinados dentarios, que tratan de conducir los dientes a su verdadero sitio. Es muy común que este cuadro se presente en los incisivos laterales, sobre todo en los inferiores, cuando ha erupcionado el central permanente y no ha caído aún el canino temporario (15).

- **Período posteruptivo.** Ya con el diente emergiendo en la cavidad bucal, comienza la diferenciación de la membrana de Nasmyth. Los dos epitelios paulatinamente se separan, produciendo la adherencia epitelial y la hendidura gingival.

Paralelamente se registran modificaciones en lo que posteriormente hemos de reconocer como paro-donto de inserción. En el transcurso de este período posteruptivo se produce la diferenciación *definitiva* de los elementos que lo integran. Concédase en este caso al concepto *definitivo* su *verdadera dimensión*, puesto que nos referimos a estructuras biológicas sometidas a constantes micromutaciones, imperceptibles pero reales. En este período posteruptivo y en lo referente a la edificación del parodonto de inserción, se delimitan dos momentos: antes y después que el diente entra en contacto con su antagonista. El factor que establece la diferencia es la masticación. Cuando el diente se constituye en receptor directo de las fuerzas masticatorias, ocurre un cambio progresivo en la orientación de las fibras periodónticas. Se organiza la cortical alveolar, donde quedan retenidos los extremos externos de las fibras, en tanto que los internos lo hacen en el cemento. Las fibras periodónticas, colágenas, no pueden seguir el movimiento eruptivo del diente sin romperse; en ocasiones la migración dentaria se ve facilitada por resorciones en el hueso alveolar que facilitan la desinserción de esas fibras. El futuro de esas fibras rotas o desinsertadas es el siguiente: el cabo de fractura dentario que acompaña al diente encuentra en su migración un cabo de fractura alveolar y con él se fusiona; las desinsertadas vuelven a quedar retenidas en virtud de una neoformación alveolar que las aprisiona (15).

Es decir, durante la erupción se lleva a cabo un ininterrumpido ordenamiento de las fibras periodónticas. Orban ha descrito un plexo intermedio, situado en la zona central del periodonto, donde se produciría la unión de los cabos de las fibras fracturadas, y donde se originan incluso nuevas fibras. De tal forma se asegura la continuidad de la acción periodontal mediante el aprovechamiento de las fibras seccionadas durante la migración. Si no fuera así, la traslación del diente determinaría el reemplazo de las fibras fracturadas por otras de nueva formación, lo cual requeriría un intenso trabajo de resorción y neoformación en las paredes ósea y dentaria. Es interesante preguntarse qué sucede con la dimensión vertical cuando erupcionan los dientes temporarios; según A. M. Schwarz, no ocurre ninguna modificación porque, una vez que los dientes llegan al borde alveolar, lo que se produce es una retracción de la mucosa (erupción pasiva) y no un avance del diente (erupción activa) (15).

Gottlieb y Orban consideran que en el interior del maxilar existen dos tipos de erupción: *activa*, hacia oclusal, y *pasiva*, hacia apical, por desplazamiento en ese sentido del saco dentario. También se denomina *erupción activa* la que se produce, con el diente ya en cavidad bucal, por migración oclusal de las piezas, y *erupción pasiva* el mecanismo por el cual la corona del diente va quedando al descubierto en virtud de una migración cervical de la encía. Esta erupción pasiva es un mecanismo continuado, aceptándose que pueden registrarse variaciones en las distintas caras del diente (15).

e. Momentos en el proceso de erupción dentaria

Orban determina cuatro diferentes momentos en el proceso de erupción pasiva:

- **Corona clínica integrada exclusivamente por esmalte;** la inserción epitelial se realiza sobre tejido erupción dentaria, ninguna satisface plenamente porque todas pueden ser parcialmente objetadas. Cada uno de los autores explica la erupción como la consecuencia de un determinado factor; por lo tanto, resulta razonable suponer que, más que atribuible a una causa única, la erupción es la resultante de un complejo de factores del que pueden participar todos y cada uno de los elementos que los distintos autores señalan. Algunos, como Magitot y Kolliker, consideran que ese factor radica en el diente mismo, el cual suponen

que erupciona impulsado por la raíz en crecimiento, tomando apoyo en un punto fijo, el hueso. La existencia de dientes con escasa porción radicular, o sin ella, que igualmente erupcionan, o la de dientes con raíz completamente formada, que no lo hacen, resta validez a esta teoría. Zuckerkandl, Walkhoff y otros creen que es la pulpa dentaria, reducida en su continente y muy vascularizada, la que impulsa al diente centrífugamente. Sin embargo, se ha comprobado que la erupción puede continuar en dientes desvitalizados. En cambio, otros autores (Baumé, Hermann) estiman que el factor principal son los tejidos periapicales: el crecimiento de los tejidos blandos (periodonto), como lo entiende Underwood, la vascularización de los tejidos periapicales o el crecimiento de los tejidos duros (15).

En apoyo de la teoría, con mucha aceptación en la actualidad, que explica la erupción como la consecuencia de la vascularización de los tejidos periapicales, Massler y Sdour argumentan: a) que los dientes retenidos erupcionan debido al estímulo provocado por la presión de una prótesis a placa, que produce una hiperemia; b) que en la periodontitis, donde también hay hiperemia, se observa una elongación del diente; c) que en todos los procesos de índole general donde la irrigación de los tejidos está reducida, se perciben retardos en la erupción; d) que la inversa de esta condición se cumple; e) que la anulación del nervio vasoconstrictor favorece la irrigación y la aceleración de la erupción dentaria. Otros, como Barben, incluso los atribuyen a la presión que los labios, carrillos y lengua ejercen sobre los procesos alveolares (15).

3. ANÁLISIS DE ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

3.1. Antecedentes Nacionales

3.1.1. Título: Estimación de la edad dental según los métodos de Demirjian y de Moorrees en niños peruanos. 2008.

Autor: Acevedo.

Este evaluó dos métodos para la estimación de la edad dental de Moorrees y de Demirjian en 142 niños peruanos entre 8 y 11 años, encontrando una correlación entre la edad obtenida a partir de los métodos obtenidos y la edad cronológica, no existiendo diferencia estadísticamente significativa entre las edades halladas. Sin embargo, al comparar entre los métodos, el de Demirjian resultó más preciso (16).

3.1.2. Título: Correlato entre la edad dental según el método de Demirjian y la edad cronológica en niños peruanos de 5.5 a 13.5 años. 2011

Autor: Peña.

Este realizó un estudio retrospectivo con el propósito de determinar si existía relación entre la edad dental según el método Demirjian y la edad cronológica en una población de niños peruanos de 5,5 a 13, 5 años. Para ello, evaluó 321 radiografías panorámicas. La edad dental y la edad cronológica fueron comparadas usando la prueba T pareada. En la mayoría de grupos de edades, la edad dental fue sobrestimada y se presentó una diferencia significativa. Se construyeron nuevos estándares usando una curva logística con una ecuación de regresión, ya que los estándares propuestos por Demirjian no fueron apropiados para la población peruana (17).

3.2. Antecedentes Internacionales

3.2.1 Título: “Exactitud del método de Demirjian en la estimación de la edad en niños belgas. 2001”

Autores: Willeams, G.; Van Olmen, A.; Spiessens, B.; Carels, C.

Un estudio con el propósito de evaluar la exactitud del método Demirjian en una población de niños belgas, y adaptar el sistema de puntuación en caso que haya sobreestimación significativa de la edad. Se seleccionaron 2523 ortopantomografías 1265 niños y 1258 niñas. Tras la evaluación se confirmó la sobrestimación de la edad cronológica. Se creó un nuevo sistema de puntuación de mayor exactitud/para la población belga 23 (18).

3.2.2 Título: “Correlación entre la madurez dental según Demirjian y el índice de masa corporal en niños brasileños de 6 a 14 años. 2002”

Autor: Eid R.; Smi R.; Friggi M.; Fisberg M.

Realizaron un estudio que tenía por objetivo aplicar el método de Demirjian para niños brasileños de 6-14 años con el fin de obtener las curvas de maduración dental para cada sexo, para comparar estos datos con los obtenidos por Demirjian, y determinar si existe una significativa correlación entre la madurez dental y el índice de masa corporal. Se revisaron retrospectivamente ortopantomogramas, altura y peso de 689 niños sanos. Las curvas de madurez dental de los hombres y las mujeres fueron construidas. En comparación con la muestra franco-canadiense de Demirjian, los hombres de Brasil y las mujeres fueron 0.681 años y 0.616 años, respectivamente, más avanzada en madurez dental. No hubo correlación significativa entre la madurez dental y el índice de masa corporal (19).

3.2.3 Título: “Estimación de la edad dental con el método de Demirjian en niños holandeses. 2005.”

Autor: Leurs.

El autor estudió la edad dental en 451 sujetos holandeses (226 niños y 225 niñas) entre 3 y 17 años usando el método de Demirjian. En promedio los niños fueron 0.46 años y las niñas 0.6 años más avanzados que los niños franco - canadienses analizados por Demirjian, por lo que sus estándares no son considerados apropiados para los niños holandeses, para lo cual se establece una ecuación de regresión para esta población específica (20).

3.2.4 Título: “Estimación de la edad dental en niños indios empleando el método de Demirjian. 2008”.

Autor: Baltwant Rai.

Realizó un estudio retrospectivo cuyo objetivo fue estimar la edad dental en niños indios de 7.5 a 16 años usando el método de Demirjian. 305 radiografías panorámicas de niños y niñas fueron revisadas. Todos los niños fueron ubicados en el grupo de edad más cercano a su edad cronológica. La edad dental fue evaluada en los 7 dientes de la hemiarcada inferior izquierda por dos examinadores. Ambos, niños y niñas, en grupos de edad de 8 hasta 16 años presentaron una edad dental avanzada comparada con su edad cronológica la cual fue estadísticamente significativa. Los niños estuvieron 0.5 años y las niñas 0.4 años adelantadas, según el análisis por el método de Demirjian. Las tablas fueron producidas para convertir esos puntajes de madurez, calculados por el método de Demirjian, para la edad dental de niños indios (21).

3.2.5 Título: “Valor de los métodos de Demirjian y Goldstein en la maduración dental en niños kuwaitíes. 2005”.

Autor: Qudeimat Muawia; Behbehani Faraj.

Realizaron un estudio con el objetivo de probar la validez de las normas de la maduración dental de Demirjian y Goldstein cuando se aplica a niños kuwaitíes. La muestra fue seleccionada de niños sanos de Kuwait que asistieron rutinariamente a clínicas dentales de emergencia de la Facultad de Odontología de la Universidad de Kuwait. Radiografías panorámicas se obtuvieron de 509 niños (263 niñas y niños 246) entre 3 y 14 años. La maduración de los siete dientes permanentes en el lado izquierdo de la mandíbula se determinó de acuerdo con las etapas de desarrollo de la corona y la raíz descrito por Demirjian. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la media de la maduración dental entre Kuwait y los niños franco-canadienses. Niños kuwaitíes estuvieron retrasados accidentalmente, en comparación a las normas canadienses (diferencia media de maduración dental de 0.69 años). El retraso medio en las niñas fue de 0,67 años. Utilizando un modelo de regresión no lineal, las fórmulas se desarrollaron para las niñas y los niños kuwaitíes. Se concluye que las normas de la maduración dental descrito por Demirjian y Goldstein (1976) no puede ser adecuados para niños kuwaitíes (22).

3.2.6 Título: “Evaluación de la edad dental mediante el método de Demirjian en radiografías panorámicas de sujetos del Reyno Unido y sujetos análogos australianos. 2009”.

Autor: Peiris Tanya; Roberts Graham; Prahhu Neeta.

Realizaron un estudio con el objetivo de utilizar un nuevo método de evaluación de la edad dental para comparar un grupo de sujetos del Reino Unido y un grupo de sujetos australianos de la población.

Las radiografías panorámicas utilizadas son de los archivos del Centro de Westmead de Salud Oral (Westmead, Australia) y el Instituto King's College Dental (Londres). De la muestra preliminar de 89 radiografías panorámicas de cada población, 77 eran adecuadas para su uso como pares. La técnica radiográfica utilizada fue desarrollada por Demirjian y describe ocho etapas del desarrollo del diente. Este se utilizó en combinación con datos numéricos derivados de un metaanálisis de solo el Reino Unido. Como resultado se obtuvo una diferencia significativa en muestra entre la edad cronológica y edad dental de los pacientes AUS. Los pacientes australianos mostraron también tener un significativo retraso de 0,82 años en su edad dental en comparación a los pacientes del Reino Unido. Estos resultados indican la necesidad de desarrollar una referencia conjunta de datos de la población australiana para la edad dental (23).

3.2.7 Título: "Utilización del método de Demirjian en niños bosnianos y herzegovianos. 2010"

Autor: Galic Ivan; Nakas Enita; Prohic Samir; SalimovicEdin; Obradovic Bojan; PetroveckMarko.

Realizaron un estudio con el objetivo de examinar la exactitud del procedimiento para la determinación de la edad dental con el método Demirjian en niños de Bosnia y Herzegovina. Se desarrolló el método Demirjian. Fue realizado en un total de 1106 niños de Bosnia- Herzegovina (597 niñas y 509 niños entre 5-14 años). Después de eso, el T-test para muestras pareadas de la edad dental fue comparado con la edad cronológica. Se obtuvo como resultado que la diferencia entre la edad dental y cronológica fue variando de 0.60 a 2.17 años en niñas y 0,63 a 2,60 para los varones. También se indica la sobrevaloración de la edad dental en comparación con las normas Demirjian en 1976. Se concluyó que las normas de Demirjian no son adecuadas para niños de Bosnia y Herzegovina. Se dio como recomendación

seguir estudiando en una muestra mayor y determinar las normas específicas para determinar la edad dental de los niños de Bosnia-Herzegovina (24).

3.2.8 Título: “Análisis ortopantomográfico para la determinación de la edad dental empleando los métodos de Demirjian en niños croatas, 2008”.

Autor: Ivana Cukovic Bagic; Nina Sever, Hrvoje Brkic, Cosipa Kern

Realizaron un estudio retrospectivo cuyo objetivo fue determinar la edad dental a través del análisis de ortopantomografías empleando el método de Demirjian y el método de Haavikko, así como comparar el resultado de los dos métodos con la actual edad cronológica en una muestra de niños croatas, para ello se utilizaron 324 OPGs (149M, 175F) ambos de edades entre 6 y 16 años. Se evaluaron los 7 dientes del lado inferior izquierdo y los inferiores del lado derecho (siguiendo ambos métodos). Al comparar la edad cronológica con la edad dental de acuerdo al método de Demirjian; esta última sobrepasa por 12 meses en niñas y 11 meses en niños a la edad cronológica. La edad dental con el método de Haavikko estuvo debajo 12 meses en niñas y 6 en niños, al compararla con la edad cronológica. La diferencia entre la edad cronológica y la edad dental obtenida por ambos métodos, era altamente correlativa, pues la diferencia no era mayor a 1 año. Se obtuvo como conclusión que ambos métodos, por la alta correlación obtenida entre la edad dental y la edad cronológica, son de suma importancia para su aplicación en la odontología forense y la, determinación de, la edad, a partir de un examen odontológico (25).

3.2.9 Título: “Aplicabilidad de los métodos de Demirjian y de Willems en una población malaya. 2008”.

Autores: ManiShani; NaingLin; John Jacob; Semsudin Abdul.

Una investigación cuyo objetivo fue probar la aplicabilidad de los dos métodos, es decir, Demirjian y Willems, para la estimación de la edad en una población malaya, y para encontrar las correspondencias entre el índice de masa corporal y la diferencia entre la edad dental y la edad cronológica. Se realizó para ello un estudio transversal con la participación de 214 niños y 214 niñas, seleccionados por un simple método de muestreo aleatorio estratificado. La ortopantomografía se utilizó para anotar los siete dientes de la mandíbula izquierda, y se calculó la puntuación de madurez utilizando el método de Demirjian para edad dental. También se realizó una evaluación mediante los cuadros propuestos en el método Willems. Se obtuvo como resultado que el método de Demirjian sobreestimó la edad en un 0,75 y 0,61 años, mientras que el método Willems sobreestimó la edad en 0,55 y 0,41 años entre los niños y niñas, respectivamente. En los niños, el índice de masa corporal se correlacionó significativamente a la diferencia de edad con el método de Willems. Se concluyó que el uso de cualquiera de los métodos está indicado para la estimación de la edad dental en la población malaya (26).

4. OBJETIVOS

- 4.1. Determinar la edad dental según Demirjian en niños de 7 a 11 años del Centro Diagnostico Maxilofacial DiagnoCenter. Tacna .2016
- 4.2. Estimar la edad cronológica en estos niños.
- 4.3. Relacionar la edad dental con la edad cronológica en los niños mencionados.

5. HIPÓTESIS

Dado que, las etapas de maduración del órgano dentario se van dando a través de la edad del individuo:

Es probable que, en niños de 7 a 11 años exista una correlación directa entre la edad dental según Demirjian y edad cronológica.



II. PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

1. TÉCNICA, INSTRUMENTOS Y MATERIALES DE VERIFICACIÓN

1.1. Técnicas

a. Especificación de las técnicas

Se empleará dos técnicas de recolección: la observación radiográfica panorámica para recoger información de la variable “edad dental”; y la observación documental, para estudiar la variable “edad cronológica”.

b. Cuadro de coherencias

VARIABLES	TÉCNICAS	PROCEDIMIENTO
Edad dental	Observación radiográfica panorámica	Método de Demirjian basado en 4 dientes
Edad cronológica	Observación documental	Identificación etárea en fichas clínicas

c. Descripción de la técnica

c.1. Observación radiográfica panorámica

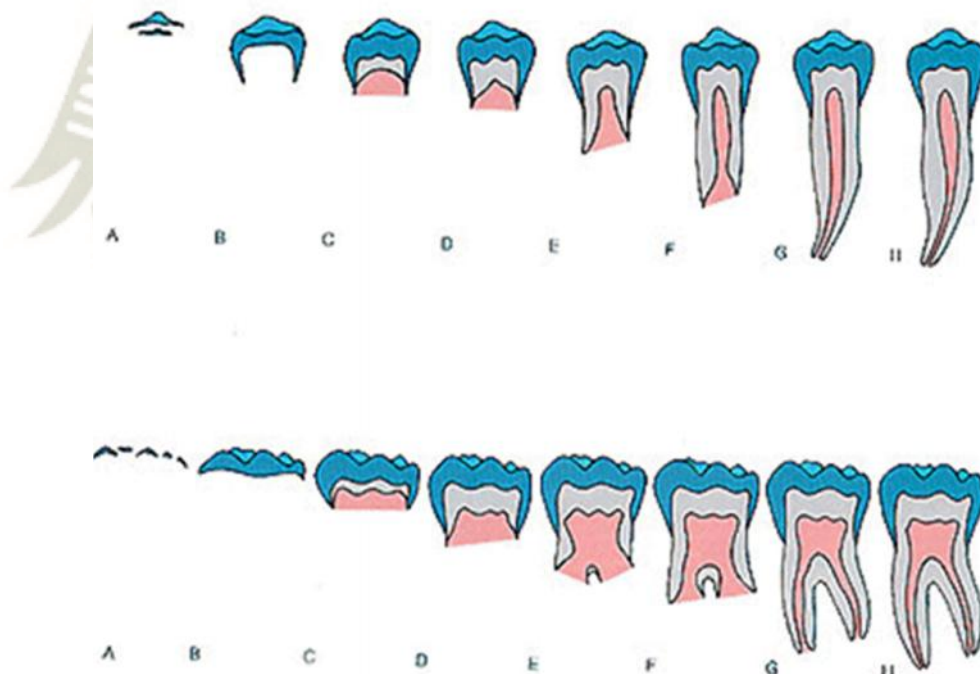
Esta técnica será necesaria para la estimación de la edad dental, mediante la aplicación del método de Demirjian centrado en la apreciación de la maduración dentaria de cuatro dientes permanentes ínfero-izquierdos: primero y segundo premolar; primero y segundo molar, en cuanto a su grado de desarrollo, considerando la tabla de valoración de Demirjian de las categorías de la “A” a la “H”:

- 0 = cuando no se evidencia ninguna estructura calcificada.

- A= En ambos dientes, unirradiculares y multirradiculares, un inicio de calcificación se observa en el nivel superior de la cripta, en forma de cono ó conos invertidos. No hay fusión de estos puntos calcificados.
- B= Fusión de los puntos calcificados formando una ó varias cúspides que se unen para formar una superficie oclusal regularmente contorneada.
- C= a) La formación del esmalte está completa en la superficie oclusal, su extensión y convergencia se van hacia la región cervical. b) Se ve indicio de depósito de Dentina. c) El contorno de la cámara pulpar tiene una forma curva en el borde oclusal.
- D= a) La formación de la corona es completada hacia abajo hasta la unión amelocemetaria. b) El Borde superior de la cámara pulpar en los dientes unirradiculares tiene una forma definida, siendo cóncava hacia la región cervical. La proyección de los cuernos pulpares esta presente. En los molares las cámaras pulpares tienen una forma trapezoidal. c) El inicio de la formación radicular se da en la forma de una espícula.
- E= Dientes unirradiculares.
 - a) Las paredes de la cámara pulpar forman líneas rectas cuya continuidad se rompe por la presencia del cuadro pulpar que es más grande que el estadio previo.
 - b) La longitud radicular es menor que la altura de la corona, Dientes multirradiculares.
- F= Dientes unirradiculares.
 - a) La formación inicial de la bifurcación radicular se ve en forma de un punto calcificado ó una forma semilunar.
 - b) La longitud radicular todavía es menos que la longitud de la corona.

Dientes multirradicales

- a) La región calcificada de la bifurcación se ha desarrollado hacia abajo desde su estadio semilunar para darle raíces de un contorno más definido y distinto con extremos en forma de embudo.
 - b) La longitud radicular en igual o mayor que la corona.
- G= Las paredes del conducto radicular están paralelas y su extremo apical todavía está parcialmente abierto (raíz distal de los molares).
 - H= a) El extremo apical del conducto radicular está completamente cerrado. b) La membrana periodontal tiene un ancho uniforme alrededor de la raíz y el ápice.



Una vez asignada la letra respectiva a cada pieza dentaria (Estadio de maduración/calcificación), esta fue transformada a un valor que ya está establecido (valor de madurez dental) para cada pieza dentaria teniendo en cuenta el sexo del integrante de la muestra, según los siguientes cuadros.

Escala de Puntuación de las diferentes etapas de la calcificación dentaria
(Demirjian y cols.)

MASCULINO y FEMENINO

Niño	ETAPAS								
Diente	0	A	B	C	D	E	F	G	H
M ₂	0.0	3.2	6.2	9.9	14.4	18.4	20.7	21.9	23.3
M ₁				0.0	8.0	12.6	16.9	21.8	27.4
PM ₂	0.0	3.1	5.6	9.5	13.7	17.4	20.1	21.4	22.5
PM ₁		0.0	5.9	10.7	15.7	20.7	23.8	25.4	26.8

Niña	ETAPAS								
Diente	0	A	B	C	D	E	F	G	H
M ₂	0.0	3.6	6.1	9.9	15.3	19.2	21.7	23.0	24.2
M ₁				0.0	5.4	9.8	14.3	20.1	25.9
PM ₂	0.0	3.7	5.8	9.8	14.7	18.1	20.8	22.3	23.3
PM ₁		0.0	4.6	9.2	15.1	20.2	23.3	25.1	26.6

Niño	ETAPAS								
Diente	0	A	B	C	D	E	F	G	H
M ₂	0.0	3.3	6.1	9.9	15.0	19.7	21.3	22.1	23.5
PM ₂	0.0	3.2	5.6	9.6	14.2	18.8	20.9	21.7	22.8
PM ₁		0.0	7.1	11.6	16.9	22.8	25.8	26.8	27.9
I ₁				0.0	7.4	11.5	14.6	18.9	25.7

Niña	ETAPAS								
Diente	0	A	B	C	D	E	F	G	H
M ₂	0.0	3.4	6.3	10.2	15.7	20.2	21.5	22.3	23.5
PM ₂	0.0	3.7	6.2	10.3	15.1	19.1	21.0	21.7	22.8
PM ₁		0.0	5.9	10.2	16.2	21.9	24.6	25.6	26.8
I ₁				0.0	8.1	12.2	15.6	20.7	27.0

Luego se procedió a sumar el valor de madurez dental de cada pieza dentaria evaluada, obteniendo de este modo, un valor de madurez dental total.

Estos resultados (letra asignada, valor de madurez dental y valor de madurez dental total) fueron colocados en la ficha de recolección de datos, conforme iban siendo obtenidos. Posteriormente calculado el valor de madurez dental total, se estimó la edad dental, según los siguientes cuadros, tanto para los niños, como las niñas.

Tabla de Conversión para determinar la Edad Dental partir del desarrollo dental (Demirjian y cols.) (7)

Edad	Niños	Niñas
3.5	21	20.4
3.6	22.4	21.2
3.7	23.1	21.8
3.8	23.9	22.6
3.9	24.8	22.9
4.0	26.6	25.4
4.1	26.8	29.8
4.2	28.0	31.0
4.3	28.3	31.4
4.4	29.7	33.2
4.5	31.4	33.2
4.6	32.5	34.4
4.7	32.7	35.3
4.8	33.7	35.3
4.9	35.0	35.7
5.0	35.3	36.3
5.1	36.0	37.3
5.2	37.7	38.5
5.3	38.7	40.2
5.4	40.3	41.5
5.5	41.0	43.2
5.6	42.2	44.3
5.7	44.7	44.5
5.8	45.8	45.2
5.9	47.1	48.4
6.0	47.8	49.2
6.1	48.1	51.3
6.2	49.5	53.7
6.3	50.3	57.4
6.4	51.5	57.4
6.5	52.6	57.8
6.6	54.5	60.8
6.7	57.2	62.3
6.8	58.7	63.5
6.9	61.4	64.9
7.0	62.1	66.6
7.1	62.7	68.5
7.2	63.1	71.0
7.3	63.9	72.0
7.4	65.4	74.8
7.5	65.8	75.1
7.6	66.0	75.7

Edad	Niños	Niñas
7.7	67.3	76.5
7.8	68.4	77.1
7.9	70.2	78.0
8.0	71.3	79.3
8.1	73.0	79.3
8.2	76.7	80.1
8.3	77.4	81.5
8.4	78.9	81.6
8.5	79.9	82.9
8.6	81.0	83.4
8.7	81.2	85.4
8.8	82.0	85.6
8.9	84	86.2
9.0	85	86.9
9.1	85	88.6
9.2	85.2	89.0
9.3	85.5	90.3
9.4	85.8	91.3
9.5	86.1	92.5
9.6	86.5	92.9
9.7	87	93.3
9.8	87.5	93.5
9.9	88.1	93.5
10.0	88.5	93.6
10.1	89.0	93.6
10.2	89.7	93.7
10.3	90.5	93.7
10.4	91.0	93.9
10.5	91.6	94.1
10.6	92.7	94.1
10.7	93.1	94.5
10.8	93.6	94.7
10.9	93.8	95.3
11.0	94	96.4
11.1	94.4	96.5
11.2	94.8	96.6
11.3	94.9	96.7
11.4	95	96.8
11.5	95	96.9
11.6	95	97.1
11.7	95	97.1
11.8	95.1	97.3

Edad	Niños	Niñas
11.9	95.1	97.4
12.0	95.2	97.6
12.1	95.3	98.0
12.2	95.4	98.1
12.3	95.9	98.7
12.4	96.0	98.4
12.5	96.6	98.6
12.6	96.7	98.7
12.7	97.0	98.8
12.8	97.4	98.8
12.9	97.2	98.9
13.0	97.2	98.9
13.1	97.2	99.0
13.2	97.2	99.0
13.3	97.8	99.0
13.4	97.9	99.0
13.5	97.9	99.1
13.6	98.0	99.1
13.7	98.0	99.2
13.8	98.1	99.2
13.9	98.2	99.3
14.0	98.2	99.3
14.1	98.4	99.3
14.2	98.5	99.4
14.3	98.6	99.5
14.4	98.8	99.5
14.5	99.0	99.6
14.6	99.1	99.6
14.7	99.2	99.7
14.8	99.3	99.7
14.9	99.4	99.7
15.0	99.4	99.7
15.1	99.5	99.9
15.2	99.5	99.8
15.3	99.5	99.8
15.4	99.6	99.8
15.5	99.6	99.9
15.6	99.6	100.0
15.7	99.7	100.0
15.8	99.7	100.0
15.9	99.8	100.0
16.0	99.8	100.0

TESIS. Eficacia de la estimación de la edad cronológica a través del Método de demirjian basado en cuatro piezas dentales . Rosmery Sacravilca Ladera, UNMSM

c.2. Observación Documental

Esta técnica servirá para identificar la edad cronológica real del paciente, mediante la revisión de las fichas odontológicas.

1.2. Instrumentos

a. Instrumento Documental:

a.1. Especificación del instrumento

Se utilizará un solo instrumento documental, de tipo elaborado, denominado FICHA DE REGISTRO, estructurado en base a las variables operacionalizadas.

a.2. Estructura del instrumento

VARIABLES	EJE	INDICADORES	SUBEJES
Edad dental	1	0 = Ausencia de estructura dentaria calcificada	1.1
		A = Cono o conos no fusionados	1.2
		B = Cúspides fusionadas	1.3
		C = Formación adamantina completa con depósito inicial de dentina	1.4
		D = Formación coronal, inicio de formación radicular	1.5
		E = Longitud radicular menor a la corona	1.6
		F = Longitud radicular igual o mayor a la corona	1.7
		G = Extremo apical parcialmente abierto	1.8
		H= Extremo apical completamente cerrado	1.9
Edad cronológica	2	• 7 años • 8 años • 9 años • 10 años • 11 años	

a.3. Modelo del instrumento:

FICHA DE REGISTRO

Ficha N°

ENUNCIADO: RELACIÓN ENTRE LA EDAD DENTAL SEGÚN DEMIRJIAN EN BASE A CUATRO DIENTES Y LA EDAD CRONOLÓGICA EN RADIOGRAFÍAS PANORÁMICAS DE NIÑOS DE 7 A 11 AÑOS EN DIAGNO CENTER. TACNA. 2016

1.- EDAD DENTAL

Dientes a evaluar	MADURACIÓN DENTARIA SEGÚN DEMIRJIAN								Puntaje
	A	B	C	D	E	F	G	H	
1er PM inf. Izq									
2do PM if izq									
1er M inf izq									
2do M Inf izq									
PUNTAJE TOTAL									

2.- EDAD CRONOLÓGICA

- 7 años ()
- 8 años ()
- 9 años ()
- 10 años ()
- 11 años ()

b. Instrumentos mecánicos

Computadora.

1.3. Materiales

- Útiles de escritorio
- Lápiz
- Hojas

2. CAMPO DE VERIFICACIÓN

2.1. Ubicación Espacial

a. Ámbito general

Centro de la ciudad de Tacna.

b. Ámbito Específico

Centro de Diagnóstico Maxilofacial: Diagno Center, ubicado en la Av. San Martín N° 818.

2.2. Ubicación Temporal

a. Cronología

La investigación será realizada los meses de Mayo - Junio del 2016.

b. Visión temporal

Retrospectiva

c. Corte temporal

Transversal.

2.3. Unidades de Estudio

a. Alternativa u opción: Casos.

b. Unidades de Análisis: Radiografías Panorámicas.

c. Manejo Metodológico de los casos:

c.1 Caracterización de los casos

c.1.1 Criterios de inclusión

- Radiografías panorámicas de niños de 7 a 11 años.
- Ambos géneros
- Que las radiografías presenten los 4 dientes permanentes elegidos para el examen.
- Niños con crecimiento maxilar normal
- Niños de nacionalidad peruana

c.1.2 Criterios de exclusión

- Casos de crecimiento y desarrollo maxilar anómalo, por déficit nutricional, alteraciones esqueléticas, síndromes congénitos, enfermedades endocrinas, etc.
- Niños con presencia de patología ósea o dentaria que altere el desarrollo y dificulte y/o lleve a cometer un error durante la evaluación.
- Niños con aparatología ortodóncica en el momento de tomar la radiografía panorámica.
- Niños que hayan sufrido pérdidas dentarias, como consecuencia a traumatismos, exodoncias, etc.
- Niños con maloclusión severa, que dificulte en exceso la evaluación radiológica.

c.1.3. Criterios de Eliminación

- Aquellas radiografías que tengan mala calidad de imagen o que presenten reparos anatómicos que se superpongan distorsiones ó eviten una correcta visibilidad.

d. Cuantificación de los casos

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 \cdot P(1 - P)}{i^2}$$

Datos:

- Z_{α} : 1.96 para un error α de 0.05.
- P (Proporción esperada): 0.40 (valor tomado de antecedentes investigativos)
- i: Precisión con la que se desea estimar la proporción

$$i = \frac{W}{2} = \frac{0.25}{2} = 0.125$$
- W: Amplitud total del intervalo de confianza = 0.25 (valor tomado de los antecedentes investigativos)

Reemplazando:

$$n = \frac{(1.96)^2 \cdot 0.40 (1 - 0.40)}{(0.125)^2}$$

$$n = \frac{(3.8416)(0.40)(0.6)}{0.02} = \frac{0.922}{0.02}$$

$$n \approx 46.0992$$

n = 46 niños de ambos géneros con los criterios de inclusión

e. Validez de los casos

Los resultados obtenidos en los casos estudiados sólo serán válidos para éstos. Sin embargo, podrían ser generalizados a poblaciones similares.

3. ESTRATEGIA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.1. Organización

- Autorización del radiólogo del Centro de Diagnóstico MaxiloFacial Diagno Center.

- Coordinación con el radiólogo.
- Formalización de los casos, de acuerdo a las radiografías panorámicas que cumplan con los criterios de inclusión.
- Prueba piloto.

3.2. Recursos

a) Recursos Humanos

a.1. Investigador: C.D. Antonio Carlos Loayza Lupaca

a.2. Asesor : Dr. Martín Larry Rosado Linares

b) Recursos Físicos

Ambiente e infraestructura del Centro Diagnostico Maxilofacial Diagno Center. Tacna.

c) Recursos Económicos

El presupuesto para la recolección será ofertado por el investigador.

d) Recurso Institucional

Universidad Católica de Santa María de Arequipa.

3.3. Prueba piloto

a. Tipo de prueba

Incluyente ó con reposición: Las radiografías en las que se efectuará la prueba piloto, no serán descontadas de los casos por estudiar.

b. Muestra piloto

5% del total de los casos.

c. Recolección de datos

Administración de instrumentos a la muestra piloto.

4. ESTRATEGIA PARA MANEJAR LOS RESULTADOS

4.1. Plan de Procesamiento de los Datos

a. Tipo de procesamiento

Manual y computarizado (paquete informático SPSS, versión 21).

b. Operaciones del procesamiento

b.1. Clasificación:

La información obtenida y registrada en los instrumentos será ordenada en una matriz de sistematización.

b.2. Codificación:

Se utilizará los códigos literales del método de Demirjian, y sus valores correspondientes.

b.3. Recuento:

Se empleará MATRICES DE RECuento, con estructura similar a las tablas que darán origen.

b.4. Tabulación:

Se utilizarán tablas de simple y doble entrada.

b.5. Graficación

Se emplearán gráficas de barras.

4.2. Plan de Análisis de Datos

a. Tipo de análisis:

Cuantitativo bivariado.

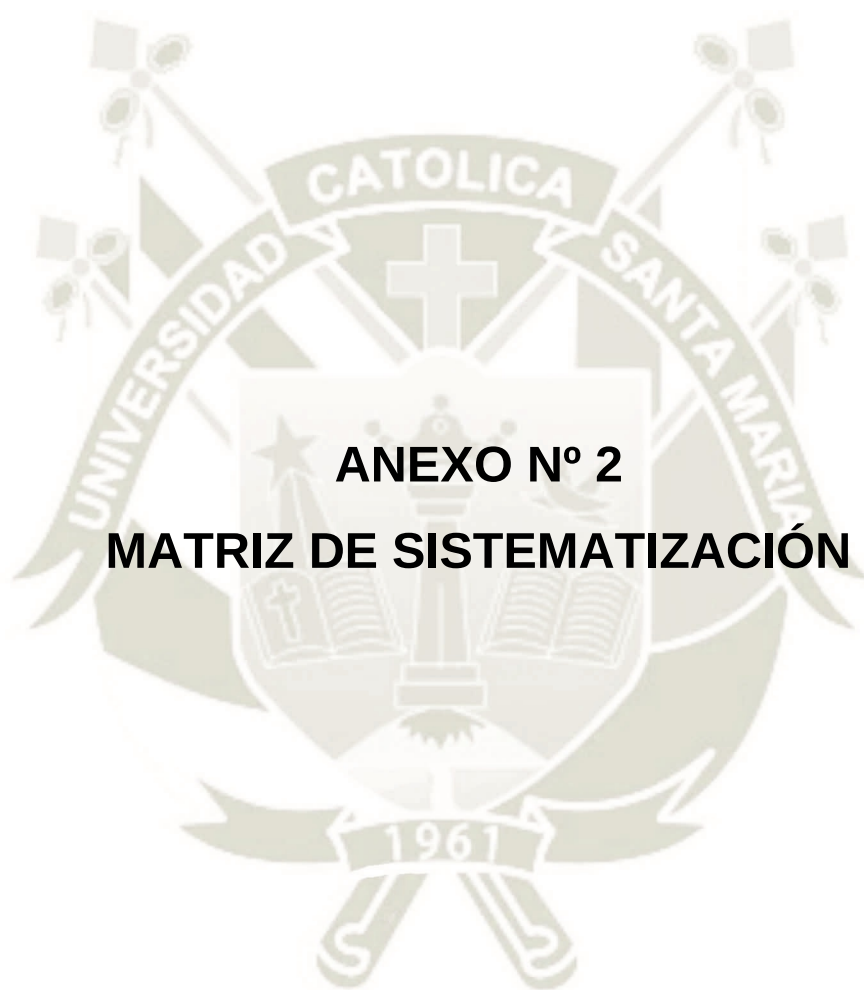
b. Tratamiento Estadístico

VARIABLES INVESTIGATIVAS	TIPO	ESCALA DE MEDICIÓN	ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA	PRUEBA
Edad dental	Cuantitativo	De razón	$\overline{DES}$ $\bar{x}$ s $X_{\max}$ $X_{\min}$ R	Correlación de Pearson
Edad cronológica				



IV. CRONOGRAMA DE TRABAJO

TIEMPO ACTIVIDADES	2016							
	Mayo				Junio			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Aprobación del proyecto								
Recolección de datos								
Estructuración de los resultados								
Redacción del informe								



ANEXO N° 2
MATRIZ DE SISTEMATIZACIÓN

MATRIZ DE SISTEMATIZACIÓN

ENUNCIADO: RELACIÓN ENTRE LA EDAD DENTAL SEGÚN DEMIRJIAN EN BASE A CUATRO DIENTES Y LA EDAD CRONOLÓGICA EN RADIOGRAFÍAS PANORÁMICAS DE NIÑOS DE 7 A 11 AÑOS EN CENTRO DIAGNOSTICO MAXILOFACIAL DIAGNO CENTER. TACNA, 2016

UE	Género	Pza dental	ESTADIOS DE CALCIFICACIÓN										Edad dental	Edad cronológica		
			O	A	B	C	D	E	F	G	H	P				
1.	M	34					X						15.7	61.4	6.9	7.42
		35				X							9.5			
		36								X			21.8			
		37					X						14.4			
2.	M	34						X					20.7	70.6	7.95	7.50
		35					X						13.7			
		36								X			21.8			
		37					X						14.4			
3.	M	34						X					20.7	78.3	8.45	7.44
		35						X					17.4			
		36								X			21.8			
		37						X					18.4			
4.	M	34						X					20.7	74.3	8.15	8.66
		35						X					17.4			
		36								X			21.8			
		37						X					14.4			
5.	M	34							X				23.8	87	9.7	8.17
		35						X					17.4			
		36									X		27.4			
		37						X					18.4			
6.	M	34						X					20.7	83.9	8.88	8.75
		35						X					17.4			
		36									X		27.4			
		37						X					18.4			
7.	M	34						X					20.7	74.4	8.14	8.66
		35						X					17.4			
		36								X			21.8			
		37					X						14.4			
8.	M	34							X				23.8	89.7	10.20	8.90
		35							X				20.1			
		36									X		27.4			
		37						X					18.4			

MATRIZ DE SISTEMATIZACIÓN (CONTINUACIÓN)

ENUNCIADO: RELACIÓN ENTRE LA EDAD DENTAL SEGÚN DEMIRJIAN EN BASE A CUATRO DIENTES Y LA EDAD CRONOLÓGICA EN RADIOGRAFÍAS PANORÁMICAS DE NIÑOS DE 7 A 11 AÑOS EN CENTRO DIAGNOSTICO MAXILOFACIAL DIAGNO CENTER. TACNA, 2016

UE	Género	Pza dental	ESTADIOS DE CAL										Edad dental	Edad cronológica		
			O	A	B	C	D	E	F	G	H	P				
9.	M	34							X			23.8	92	10.55	8.9	
		35							X			20.1				
		36									X	27.4				
		37							X			20.7				
10.	M	34							X			23.8	89.7	10.20	9.08	
		35							X			20.1				
		36									X	27.4				
		37						X				18.4				
11.	M	34						X				20.7	70.6	7.93	9.58	
		35					X					13.7				
		36								X		21.8				
		37					X					14.4				
12.	M	34						X				20.7	83.9	7.93	9.23	
		35						X				17.4				
		36									X	27.4				
		37						X				18.4				
13.	M	34							X			23.8	92	10.55	9.95	
		35								X		20.1				
		36									X	27.4				
		37							X			20.7				
14.	M	34							X			23.8	84.1	8.92	9.90	
		35								X		20.1				
		36									X	21.8				
		37						X				18.4				
15.	M	34							X			23.8	92	10.55	9.42	
		35								X		20.1				
		36										X				27.4
		37							X			20.7				
16.	M	34							X			23.8	93.2	10.72	10.83	
		35								X		20.1				
		36										X				27.4
		37									X	21.9				

MATRIZ DE SISTEMATIZACIÓN (CONTINUACIÓN)

ENUNCIADO: RELACIÓN ENTRE LA EDAD DENTAL SEGÚN DEMIRJIAN EN BASE A CUATRO DIENTES Y LA EDAD CRONOLÓGICA EN RADIOGRAFÍAS PANORÁMICAS DE NIÑOS DE 7 A 11 AÑOS EN CENTRO DIAGNOSTICO MAXILOFACIAL DIAGNO CENTER. TACNA, 2016

UE	Género	Pza dental	ESTADIOS DE CAL										Edad dental	Edad cronológica	
			O	A	B	C	D	E	F	G	H	P			
17.	M	34								X		25.4	93.6	10.80	10.42
		35							X			20.1			
		36									X	27.4			
		37							X			20.7			
18.	M	34									X	25.4	94.9	11.30	10.75
		35									X	21.4			
		36									X	27.4			
		37							X			20.7			
19.	M	34								X		23.8	89.7	10.20	10.67
		35								X		20.1			
		36									X	27.4			
		37						X				18.4			
20.	M	34									X	25.4	94.9	11.30	10.68
		35									X	21.4			
		36									X	27.4			
		37							X			20.7			
21.	M	34									X	25.4	94.9	11.30	11.40
		35									X	21.4			
		36									X	27.4			
		37							X			20.7			
22.	M	34									X	25.4	96.1	12.44	11.08
		35									X	21.4			
		36									X	27.4			
		37								X		21.9			
23.	M	34									X	25.4	96.1	12.44	11.15
		35									X	21.4			
		36									X	27.4			
		37								X		21.9			
24.	F	34						X				20.2	73.7	7.36	7.59
		35						X				18.1			
		36								X		20.9			
		37					X					15.3			

MATRIZ DE SISTEMATIZACIÓN (CONTINUACIÓN)

ENUNCIADO: RELACIÓN ENTRE LA EDAD DENTAL SEGÚN DEMIRJIAN EN BASE A CUATRO DIENTES Y LA EDAD CRONOLÓGICA EN RADIOGRAFÍAS PANORÁMICAS DE NIÑOS DE 7 A 11 AÑOS EN CENTRO DIAGNOSTICO MAXILOFACIAL DIAGNO CENTER. TACNA, 2016

UE	Género	Pza dental	ESTADIOS DE CAL											Edad dental	Edad cronológica	
			O	A	B	C	D	E	F	G	H	P				
25.	F	34						X					20.2	77.6	7.84	7.37
		35						X					18.1			
		36								X			20.1			
		37						X					19.2			
26.	F	34						X					20.2	77.6	7.84	7.96
		35						X					18.1			
		36								X			20.1			
		37						X					19.2			
27.	F	34						X					20.2	73.7	7.35	7.57
		35						X					18.1			
		36								X			20.1			
		37					X						15.3			
28.	F	34						X					20.2	77.6	7.84	8.21
		35						X					18.1			
		36								X			20.1			
		37						X					19.2			
29.	F	34						X					20.2	70.3	7.16	8.54
		35					X						14.7			
		36								X			20.1			
		37					X						15.7			
30.	F	34						X					20.2	73.7	7.35	8.40
		35						X					18.1			
		36								X			20.1			
		37					X						15.7			
31.	F	34						X					20.2	73.7	7.35	8.96
		35						X					18.1			
		36								X			20.1			
		37					X						15.7			
32.	F	34						X					20.2	74.2	7.38	8.41
		35					X						14.7			
		36								X			20.1			
		37						X					19.2			

MATRIZ DE SISTEMATIZACIÓN (CONTINUACIÓN)

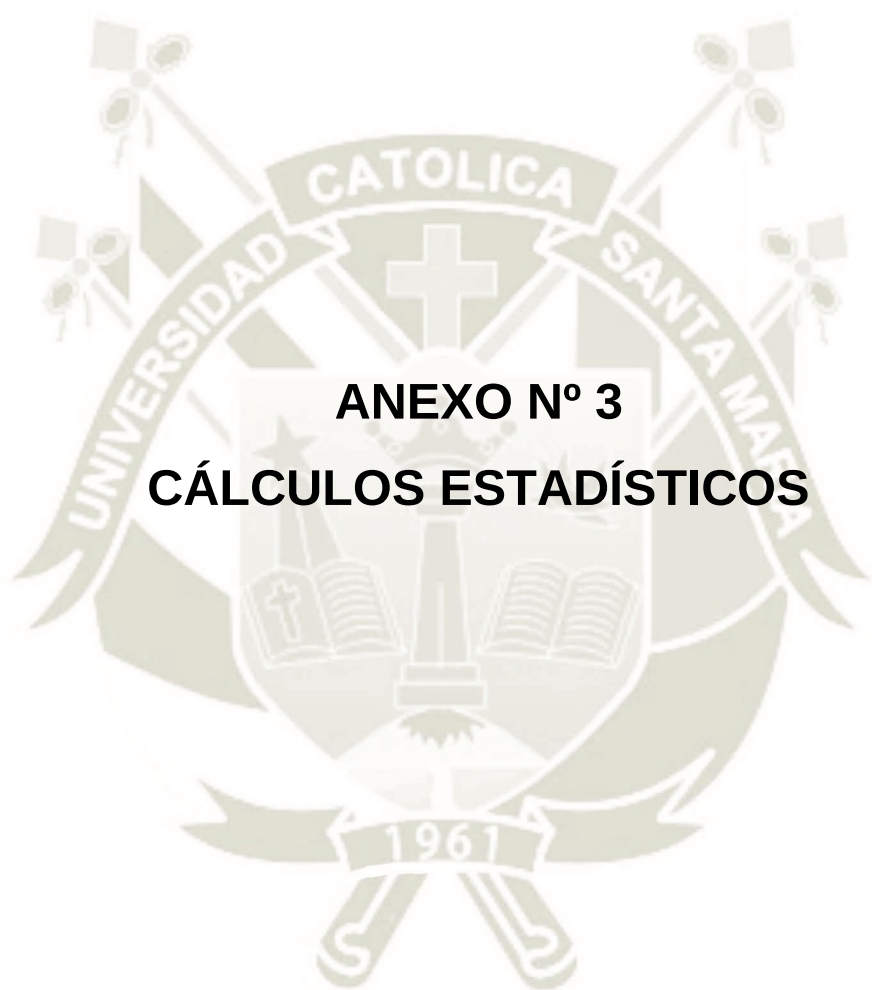
ENUNCIADO: RELACIÓN ENTRE LA EDAD DENTAL SEGÚN DEMIRJIAN EN BASE A CUATRO DIENTES Y LA EDAD CRONOLÓGICA EN RADIOGRAFÍAS PANORÁMICAS DE NIÑOS DE 7 A 11 AÑOS EN CENTRO DIAGNOSTICO MAXILOFACIAL DIAGNO CENTER. TACNA, 2016

UE	Género	Pza dental	ESTADIOS DE CAL											Edad dental	Edad cronológica	
			O	A	B	C	D	E	F	G	H	P				
33.	F	34						X					20.2	70.3	7.16	8.93
		35					X						14.7			
		36								X			20.1			
		37					X						15.3			
34.	F	34							X				23.3	80.7	8.25	9.10
		35						X					18.1			
		36								X			20.1			
		37						X					19.2			
35.	F	34						X					20.2	83.4	8.60	9.04
		35						X					18.1			
		36									X		25.9			
		37						X					19.2			
36.	F	34							X				23.3	91.7	9.45	9.50
		35							X				20.8			
		36									X		25.9			
		37							X				21.7			
37.	F	34						X					20.2	83.4	8.60	9.65
		35						X					18.1			
		36									X		25.9			
		37						X					19.2			
38.	F	34								X			25.1	91	9.38	9.0
		35							X				20.8			
		36									X		25.9			
		37						X					19.2			
39.	F	34								X			25.1	96.3	11.00	10.31
		35								X			22.3			
		36									X		25.9			
		37								X			23.0			
40.	F	34								X			25.1	90.8	9.35	10.92
		35						X					18.1			
		36									X		25.9			
		37						X					21.7			

MATRIZ DE SISTEMATIZACIÓN (CONTINUACIÓN)

ENUNCIADO: RELACIÓN ENTRE LA EDAD DENTAL SEGÚN DEMIRJIAN EN BASE A CUATRO DIENTES Y LA EDAD CRONOLÓGICA EN RADIOGRAFÍAS PANORÁMICAS DE NIÑOS DE 7 A 11 AÑOS EN CENTRO DIAGNOSTICO MAXILOFACIAL DIAGNO CENTER. TACNA, 2016

UE	Género	Pza dental	ESTADIOS DE CAL										Edad dental	Edad cronológica	
			O	A	B	C	D	E	F	G	H	P			
41.	F	34								X		25.1	95	10.88	10.50
		35								X		22.3			
		36									X	25.9			
		37							X			21.7			
42.	F	34								X		25.1	94.8	10.80	10.36
		35							X			20.8			
		36								X	25.9				
		37							X		23.0				
43.	F	34									X	26.6	95	10.88	11.34
		35								X	23.3				
		36								X	25.9				
		37					X				19.2				
44.	F	34							X			23.3	93	96.5	11.85
		35							X			20.8			
		36								X	25.9				
		37							X		23.0				
45.	F	34								X		25.1	96.3	11.00	11.87
		35								X		22.3			
		36									X	25.9			
		37							X		23.0				
46.	F	34							X			23.3	89.2	9.24	11.63
		35							X			20.8			
		36								X	25.9				
		37					X				19.2				



ANEXO N° 3

CÁLCULOS ESTADÍSTICOS

CÁLCULOS ESTADÍSTICOS

CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE EDAD DENTAL Y EDAD CRONOLÓGICA

TABLA N° 10: EN NIÑAS

$$r = \frac{\sum(xi - \bar{x}) - (yi - \bar{y})}{(N - 1)SxSy}$$

$$r = \frac{7.44 - 27.17}{(26)(1.22)(2.11)} = \frac{19.73}{66.93}$$

$$r = 0.3$$

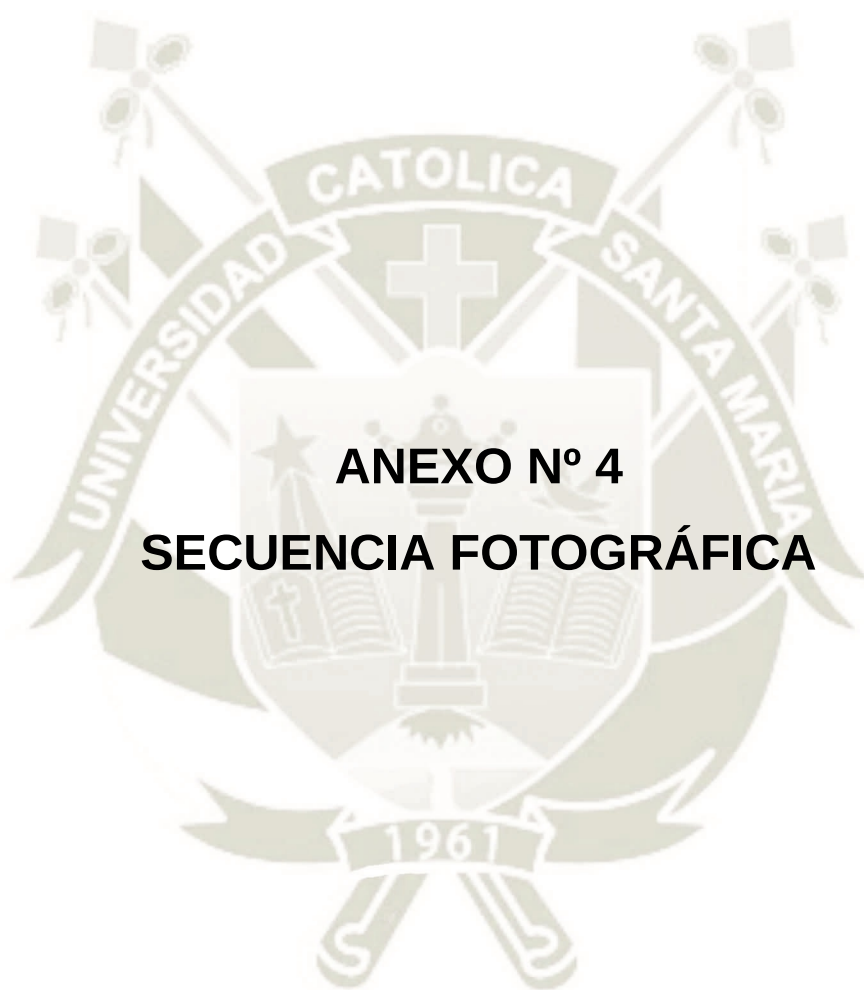
TABLA N° 8: EN NIÑOS

$$r = \frac{(9.04) - (17.68)}{(26)(3.33)(2.91)} = \frac{159.83}{251.95}$$

$$r = 0.6$$

TABLA DE VALORACIÓN

- 0 = Correlación nula o independencia
- 0.1 = Correlación mínima
- 0.2 = Correlación baja
- 0.3 = Correlación relativa
- 0.4 = Correlación relativa tendente a media
- 0.5 = Correlación media
- 0.6 = Correlación media tendente a considerable
- 0.7 = Correlación considerable
- 0.8 = Correlación alta
- 0.9 = Correlación muy alta
- 1.0 = Correlación perfecta positiva
- 1.0 = Correlación negativa



ANEXO N° 4
SECUENCIA FOTOGRÁFICA

SECUENCIA FOTOGRÁFICA





