

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Posgrados

Evaluación del crecimiento del maxilar y la mandíbula con cefalometría de Harvold en radiografías cefalométricas en contraste con la etapa de crecimiento puberal basada en el análisis de Fishman en radiografías carpales obtenidas del Burlington Growth Centre.

José Luis Domínguez Loaiza

María José Tuttolomondo, Dra.

Director de Trabajo de Titulación

Trabajo de titulación de posgrado presentado como requisito
para la obtención del título de Especialista en Ortodoncia

Quito, 05 de mayo de 2

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
COLEGIO DE POSGRADOS

HOJA DE APROBACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Evaluación del crecimiento del maxilar y la mandíbula con cefalometría de Harvold en radiografías cefalométricas en contraste con la etapa de crecimiento puberal basada en el análisis de Fishman en radiografías carpales obtenidas del Burlington Growth Centre.

José Luis Domínguez Loaiza

Firmas

María José Tuttolomondo, Ortodoncista

Director del Trabajo de Titulación

Gerson Cabezas Bernhardt,
Ortodoncista

Director del Programa de Ortodoncia

Fernando Sandoval Vernimen, M.S.C.

Decano del Colegio de Odontología

Hugo Burgos, Ph.D

Decano de Posgrados

Quito, 4 de Mayo 2017

© Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante:

Nombre:

José Luis Domínguez Loaiza

Código de estudiante:

00125298

C. I.:

1714500004

Lugar, Fecha

Quito, 5 de Mayo del 2017

DEDICATORIA

El tiempo, el esfuerzo y la fortaleza para seguir adelante no se consiguen por uno mismo. Cuando te planteas un objetivo, conseguirlo se vuelve más fuerte cuando la familia te apoya. Es por eso, que dedico este logro a mis dos grandes tesoros, mi esposa, Elisa Vernaza y mi hija, Emma, que se convirtieron en mi razón de lucha. A mis padres, que me dieron la vida y me formaron, les agradezco por su incondicional apoyo. Y a Dios por ese amor que nos mantiene unidos.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. María José Tuttolomondo, por su dedicación para que este trabajo llegue a ser elaborado, por su valioso tiempo y su enorme conocimiento que me impartió. Al Dr. Gerson Cabezas, por enseñarme, a parte de sus conocimientos, a ver la vida de una manera diferente y sencilla. A todos los Doctores de la Especialidad de Ortodoncia que se mostraron como excelentes profesionales, profesores y amigos.

Además quiero ofrecer mis agradecimientos al Dr. Suri de la Universidad de Toronto, Canadá, y a la AAOF que me permitió hacer uso de la base de datos del Burlington Growth Centre, para que esta investigación se haga realidad.

RESUMEN

El Objetivo de este estudio fue valorar la correlación que existe entre el crecimiento maxilar y mandibular con el desarrollo puberal de mano-muñeca de Fishman para determinar cuál es la edad adecuada para aplicar un tratamiento ortopédico.

Se tomó una muestra de 40 pacientes, a los cuales se evaluó a las siguientes edades de 9, 12, 14 y 16 años, obtenidos del Burlintong Growth Centre, de la Universidad de Toronto Canadá. Se utilizó registros radiográficos de mano-muñeca y cefálicas para aplicar el análisis cefalométrico de Harvold y el análisis carpal de Fishman.

Se obtuvo como resultados la presencia de correlación entre el crecimiento maxilar y mandibular con las fases de maduración ósea del análisis de Fishman. También que el crecimiento de los hombres en el maxilar (H: 12,5% y M:9,02%) como en la mandíbula (H:15,5% y M:9,85%) es diferente al de las mujeres, siendo mayor en el sexo masculino. El sexo femenino presenta una maduración más precoz y en menor tiempo que el masculino. En cuanto a las fases de maduración de Fishman se encontró que la fase 6 es donde mayor crecimiento maxilar (H: 5,13% y M: 5,72) y mandibular (H:5,90% y M: 5,07) se presentó, apareciendo a los 12 años en las mujeres y a los 14 años en los hombres.

Se concluye que al aplicar un tratamiento de ortopedia se debe tomar en cuenta el sexo y la edad de los pacientes ya que existen diferentes características durante el desarrollo puberal, siendo para el sexo masculino favorable tratar entre los 12 y 16 años y en el femenino de 9 a 13 años.

Palabras Clave: Analisis de Fishman, Harvold, crecimiento puberal.

ABSTRACT

The aim of this study was to assess the correlation between maxillary and mandibular growth with Fishman's pubertal development of the hand-wrist to determine the appropriate age for orthopedic treatment.

A sample of 40 patients was evaluated, each patient was evaluated at the ages of 9, 12, 14 and 16 years, from the Burlintong Growth Center, of the University of Toronto Canada. Hand-wrist and cephalic radiographs were used to apply Harvold's cephalometric analysis and Fishman's carpal analysis.

The results showed the correlation between maxillary and mandibular growth with the bone maturation phases of the Fishman analysis. The growth of men in the maxilar (H: 12.5% and M: 9.02%) as in the mandible (H: 15.5% and M: 9.85%) is different than the women, being greater in the masculine sex. The female sex shows a precocious maturation and in a shorter time than the masculine. The phases of maturation of Fishman, it was found that phase 6 is where maxillary (H: 5.13% and M: 5.72) and mandibular (H: 5.90% and M: 5.07) have a greatest growth, appearing at 12 years in women and at 14 years in men.

Key words: Fishman Analysis, Harvold, puberal growth.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	13
Justificación.....	14
Objetivos.	15
Objetivo General.....	15
Objetivos Específicos.	15
Revisión de la Literatura	17
Crecimiento y desarrollo.	17
Remodelación.....	19
Principio de la “V”.	21
Centros de crecimiento.....	22
Desplazamiento.	23
Embriología de la cara.	24
Arcos branquiales.....	25
Formación del macizo facial y la cavidad bucal.	26
Formación del esqueleto craneo-facial.	27
Crecimiento sutural y su regulación.	30
Crecimiento mandibular.	32
Crecimiento del maxilar.....	38
La tuberosidad maxilar.	39
El proceso zigomático de la maxilla.	40

El arco maxilar.....	41
Procesos palatinos maxilares.....	41
Premaxila.....	42
Indicadores de edad ósea.....	42
Crecimiento somático, desarrollo y maduración.....	44
Características sexuales en relación a la maduración.....	45
Hormonas de crecimiento.....	46
Indicadores de crecimiento.....	47
Maduración esquelética. Edad ósea.....	48
Anatomía de la muñeca y mano.....	49
Metacarpianos.....	50
Hueso sesamoideo.....	51
Análisis carpal de Bjork.....	51
Nomenclatura.....	52
Primer estadio.....	54
Segundo estadio.....	54
Tercer estadio.....	54
Cuarto estadio (s y h2).....	54
Quinto estadio (mp3cap pp1cap y rcap).....	54
Sexto estadio (dp3u).....	55
Séptimo estadio (pp3u).....	55

Octavo estadio (mp3u).....	55
Noveno estadio (ru).	55
Maduración esquelética de Leonard S. Fishman.	59
Indicadores de maduración ósea.....	60
Cefalometría de Harvold.	62
Puntos cefalométricos.....	62
Metodología y diseño de la investigación	65
Descripción de los registros.....	65
Diseño y metodología del estudio.	68
Análisis de Datos.....	73
Discusiones.....	79
Conclusiones	83
Limitaciones.	84
Bibliografía.....	85
Anexos	91

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Análisis de Harvold (Zamora y Duarte Inguanza, 2003)	63
Tabla 2: Muestra de BGC por Sexo y Número de Tratados	68
Tabla 3: Coordenadas para Fiduciarios del Burlington Growth Centre (BGC) (mm). 72	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Membranas de recubrimiento óseo cortical y endóstico (Enlow D. H., Crecimiento Maxilofacial, 1990).	19
Figura 2: Principio de la V (Enlow D. H., 1990).....	21
Figura 3: Migración de las células de las crestas neurales (embrión de 25 días) (Gutierrez Gomez, 2008).....	25
Figura 4: Hueso del carpo y metacarpo de la mano izquierda (Sinnatamby, 1999). 49	
Figura 5: Radiografía de la mano y muñeca derecha (Palastanga, Field, & Soames, 2000)	50
Figura: 6 estaios de Bjork y Helm (Urzúa, 2005)	56
Figura 7: Curva de Bjork (Urzúa, 2005)	56
Figura 8: (Bjork & Helm, 1962).....	57
Figura 9 Estados de maduración en la pubertad (Bjork & Helm, 1962).....	58
Figura 10: Sitios de indicadores de maduración esqueletal (Fishman, 1982).....	59
Figura 11: Identificador radiográfico de la maduración esqueletal (Fishman, 1982). 59	
Figura 12: Once indicadores de maduración esqueletal (Fishman, 1982),.....	61
Figura 13: Esquema para la evaluación de los indicadores de maduración ósea en una radiografía de mano-muñeca (Fishman, 1982).	61
Figura 14: Ubicación determinada Fiducial (AAOF, 2014).....	71
Figura 15: Relación entre el Crecimiento Maxilar y Género, Edad	75
Figura 16: Relación entre el Crecimiento Mandibular y Género, Edad	75
Figura 17: Porcentaje de Crecimiento Maxilar vs. Edad y Género.	77
Figura 18: Porcentaje de Crecimiento Mandibular vs. Edad y Género.	77
Figura 19: Porcentaje de Mujeres vs. Edad y Fase de Maduración (Fshman).	78
Figura 20: Porcentaje de Hombres vs. Edad y Fase de Maduración (Fshman)	79

Introducción

Durante el crecimiento y desarrollo, los individuos pasan secuencialmente por estadios de maduración hasta llegar a la madurez. Es importante diagnosticar en qué etapa de crecimiento óseo activo se encuentra el paciente para poder elegir correctamente el tratamiento que permita corregir un crecimiento alterado o deficiente. Estudios anteriores han determinado que no todos los pacientes tienen un crecimiento y desarrollo estandarizado, por lo que se debe personalizar la biología de cada persona (Uribe Restrepo, 2004).

Como Ortodoncistas, se tiene como trabajo supervisar periódicamente el crecimiento del maxilar y la mandíbula para poder interceptar desvíos de la normalidad que pueden evolucionar a displasias esqueléticas que llegan a un problema severo si no es corregido tempranamente. La ubicación en el espacio, tomando como referencia la base del cráneo, del maxilar y la mandíbula, si se encuentran alterados, puede producir mal posiciones dentarias y alteraciones en la estética facial. Por lo tanto, una correcta ortodoncia interceptiva puede corregir crecimientos desproporcionados, en base a aparatos funcionales ortopédicos (Vellini Ferreira, 2002).

Existen elementos diagnósticos que permiten determinar si el crecimiento maxilar y mandibular se encuentra alterado y además cuál es el momento correcto para interceptar con un tratamiento que redirija el crecimiento. Con la ayuda de los trazados cefalométricos se puede determinar la magnitud de crecimiento de cada hueso cráneo-facial durante el transcurso de la vida del individuo y contrastar un hueso con otro para ver si su crecimiento es proporcional y se encuentra dentro de la norma.

Como también permite, determinar la edad esquelética, que es la que indica en qué fase de madurez se encuentra el cuerpo relacionándola con su edad cronológica (de acuerdo a su nacimiento), que muchas veces no coincide. Teóricamente se puede utilizar cualquier parte del cuerpo para identificar esta madurez, pero en la práctica se usa con mayor frecuencia los huesos de la mano y del carpo, ya que posee un gran número de huesos en desarrollo. Por lo tanto, en base a estos dos elementos se puede realizar un diagnóstico diferencial de cuánto es la discrepancia entre los huesos maxilares y mandibulares, y hacer una predicción del crecimiento a mediano o largo plazo que permita saber su cantidad, duración y tiempo (Saturno, 2007).

Justificación.

Determinar la maduración esquelética es una herramienta de diagnóstico que se utiliza actualmente para saber en qué fase del crecimiento puberal se encuentra un individuo. Se puede realizar fácilmente esta evaluación con la ayuda de una radiografía de mano – muñeca o cefálica, que permite evaluar el grado de maduración ósea. Debido a las variaciones individuales en la fecha, la duración y la velocidad de crecimiento, la evaluación de la edad ósea es esencial en la formulación de planes de tratamiento dentro de una ortodoncia (Hassel & Farman, 1995).

Es de suma importancia que el ortodoncista antes de realizar algún tratamiento en esta etapa de desarrollo, deba conocer los principios básicos de crecimiento y desarrollo craneofacial. De esta manera identificar los cambios que aparecen desde la niñez a la edad adulta con mayor facilidad. Teniendo como fin, diferenciar aquellos

pacientes en que se encuentra alterado el desarrollo del complejo nasomaxilar o mandibular (Saturno, 2007).

La localización del aumento de crecimiento puberal y la cantidad de crecimiento esquelético es fundamental para indicar en que momento es correcto un tratamiento ortodóntico – ortopédico. Esta terapia consiste en la estimulación del crecimiento óseo para corregir la discrepancia que existe en las dimensiones del maxilar y la mandíbula, dependiendo de cuál de los dos huesos necesite que se estimule el crecimiento. Por lo tanto, se debe aprovechar la etapa de crecimiento puberal para corregir con aparatología la relación esquelética (Saadia & Ahlin, 1999).

Hipótesis.

Existe correlación entre el crecimiento longitudinal del maxilar y la mandíbula evaluado con la Cefalometría de Harvold respecto a la maduración puberal que se clasifica con el análisis de Fishman en la radiografía de mano – muñeca.

Objetivos.

Objetivo General.

Verificar la relación entre el desarrollo puberal y la magnitud del crecimiento maxilar y mandibular en las edades de 9 a 16 años en pacientes del Burlintong Growth Centre, en radiografías cefálicas y de mano-muñeca, para determinar cuál es la edad adecuada para un tratamiento ortopédico.

Objetivos Específicos.

- Comprender la dinámica del crecimiento maxilar y mandibular durante la presencia de PIC puberal.

- Evaluar el crecimiento maxilar y mandibular en base a trazados cefalométricos para determinar qué hueso muestra mayor crecimiento y cuál de los dos huesos mantiene el crecimiento por más tiempo.
- Determinar la diferencia que existe entre géneros en la maduración ósea en las radiografías carpales al presentarse los pacientes en el pico puberal.
- Evaluar cuál es la edad cronológica indicada para intervenir con un tratamiento ortopédico en los pacientes provenientes de Burlington Growth Centre.

Revisión de la Literatura

Crecimiento y desarrollo.

Son actividades fisiológicas constituidas por pasos morfogénéticos con el fin de crear una armonía funcional y estructural entre todas las piezas de los tejidos blandos y duros que están en un constante recambio y aumento. Este fenómeno está presente durante todas las edades, desde la edad posnatal hasta la vejez (Rakosi & Jonas, 1992).

Crecimiento, es el aumento en masa corporal basada en la hipertrofia o hiperplasia de los tejidos que constituyen al organismo. Es un incremento cuantitativo que puede ser medido en base a una medida en peso, año o longitud. Detrás de este mecanismo, a nivel microscópico, se produce un alto grado de división celular asociado al aumento de tamaño. (Enlow & F., Crecimiento Craneofacial ortodoncia y ortopedia)

Por otro lado, el Desarrollo es interpretado como un cambio cuantitativo y cualitativo, que permite un aumento en la complejidad de la función, organización e interacción entre todos los sistemas. A nivel celular, empieza con la constitución de la célula, pasando por la maduración, donde consigue el perfeccionamiento en su función, hasta llegar a su muerte. Es importante recalcar que el aumento en tamaño y el mejoramiento de la función no se pueden evaluar por separado, ya que los niños durante su etapa de crecimiento tienen una interacción entre ambas propiedades dando lugar a un organismo biológico perfecto. (Enlow & F., Crecimiento Craneofacial ortodoncia y ortopedia)

De acuerdo a Moss (1967), existe una matriz funcional que es la encargada de dirigir y estimular el crecimiento y desarrollo óseo de un individuo. La matriz funcional está compuesta por tejidos blandos que se encuentran rodeando a la unidad esquelética.

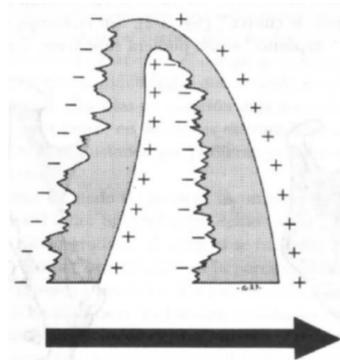
Los tejidos blandos, entre estos la musculatura de la cabeza, al entrar en actividad cumplen funciones como: olfatear, respirar, ver, digerir, hablar, oír, el equilibrio y la integración neural. Estas actividades estimulan al tejido óseo, dando forma y tamaño a la estructura. Por ejemplo la unión de los huesos parietales, frontal, temporales y occipital forman la protección y el soporte de la masa cerebral. El crecimiento de esta protección esquelética se ve influenciada directamente por el aumento de tamaño y el peso del cerebro (Moss & GreenBerg, Functional cranial analysis of the human maxillary bone, 1967).

Moss define a la unión de los tejidos blandos y los elementos esqueléticos en una sola unidad de función denominada componente craneal funcional (Moss & GreenBerg, Functional cranial analysis of the human maxillary bone, 1967).

La Matriz funcional está influenciada por dos factores, uno intrínseco es la información genética del individuo y otro extrínseco que es el medio ambiente. Ambos influyen en la forma, tamaño y reubicación espacial de los tejidos duros. La matriz funcional consta de una asociación de tejidos blandos para dar lugar a una sola función. Por otro lado, existe la unidad esquelética, la cual es la asociación en su totalidad de varios elementos esqueléticos para formar un solo elemento de protección y soporte (Moss & GreenBerg, Functional cranial analysis of the human maxillary bone, 1967).

Ante el estímulo de la matriz funcional, dentro del sistema esquelético, aparece un aumento de tamaño de los huesos craneofaciales que se da por agregación de tejido óseo nuevo en un lado de la corteza, llamado aposición y en el otro lado se eliminará, llamado resorción. La aparición de estos dos procesos conlleva a un movimiento de las estructuras por una íntima relación con el crecimiento, el cual recibe el nombre de deriva. Vale recalcar que durante el crecimiento del hueso, este no es un proceso uniforme y generalizado ya que existe un aumento diferencial en las superficies,

siendo que en algunas existe mayor incremento que otras (Enlow D. H., *Crecimiento Maxilofacial*, 1990).



*Figura 1: Membranas de recubrimiento óseo cortical y endóstico (Enlow D. H., *Crecimiento Maxilofacial*, 1990).*

El hueso está compuesto por dos campos de crecimiento de depósito óseo cortical. Uno que recubre toda la superficie, llamado hueso perióstico, el cual constituye el cincuenta por ciento de la cortical. Otro llamado endostio, que es el que se encuentra dentro del perióstico. Estos dos campos se encuentran separados por la llamada línea de regresión. Ambos participan en la migración de un hueso durante su crecimiento y es frecuente que las superficies externas de casi todos los huesos presente reabsorción. (Enlow D. H., *Crecimiento Maxilofacial*, 1990)

Durante el aumento de tamaño de cada hueso de la cara y el cráneo se puede apreciar dos tipos de crecimiento: Remodelación y desplazamiento.

Remodelación.

La remodelación es un mecanismo que proporciona dos funciones fundamentales de crecimiento. En primer lugar, a medida que se deposita nuevo hueso sobre las superficies suturales de los huesos faciales, las posiciones relativas de todas las partes e cada hueso cambian respecto a las nuevas dimensiones del hueso. Las funciones del remodelado reubican continuamente las áreas y partes individuales de manera que se mantenga la forma y las proporciones generales de todo el hueso, en

base a la combinación de la reabsorción y deposición sobre las superficies corticales (Enlow & Hunter, 1966).

La segunda función del crecimiento por remodelado en el esqueleto facial es permitir un incremento proporcional en el tamaño de todas las partes del hueso hasta llegar a elongarse hasta las suturas. El crecimiento remodelador es distinto del crecimiento sutural (condilar, epifisiario, crecimiento en t, sincondrosis, etc.) pero las funciones se encuentran en coordinación entre ambas (Enlow & Hunter, 1966).

Este crecimiento, es el que va a dar la forma, el tamaño y ajuste de un hueso. En el remodelado está presente el movimiento de un hueso por deriva, en el cual por un lado se reabsorbe y por otro tiene aposición. Para que haya un aumento de volumen durante el crecimiento de un hueso, lo que sucede es que el ritmo de acumulación de hueso debe ser constante mientras que el espesor de la cortical es la que aumenta de tamaño paulatinamente (Enlow, 1966).

Durante este proceso existe un flujo de hueso, ya que mientras se forma nuevo hueso existe la eliminación de aquel hueso viejo y el que es necesario eliminar en el lado contrario. Durante la remodelación también existen cambios en las direcciones de crecimiento que se da en las llamadas líneas de inversiones, es decir, en el sitio donde ocurría la resorción ahora se dará aposición y viceversa. Esta se encuentra ubicada entre las dos capas de osificación endóstica y perióstica (Rakosi & Jonas, 1992). Se da principalmente porque los huesos no crecen en direcciones lineales uniformes, sino esto permite que cambien su sentido de crecimiento a conveniencia para dar la forma a la estructura facial. El desplazamiento se da a medida que existe la separación de los huesos a nivel sutural, dentro de tal espacio se acumulará nuevo hueso (Enlow, 1966).

Principio de la "V".

Este concepto permite visualizar como se da el crecimiento de la cara. Como se puede evidenciar la cara tiene un patrón en "V" por el efecto que antes fue mencionado de recambio óseo. Donde el depósito óseo se da en el lado interno de la V, mientras que la reabsorción se da en el lado externo. Por lo tanto, el desplazamiento de la V, que vendría a ser el hueso, se da de atrás hacia delante, evitando que el tamaño aumente en valores altos y se exprese más como movimiento dentro del espacio (Enlow D. H., 1990).

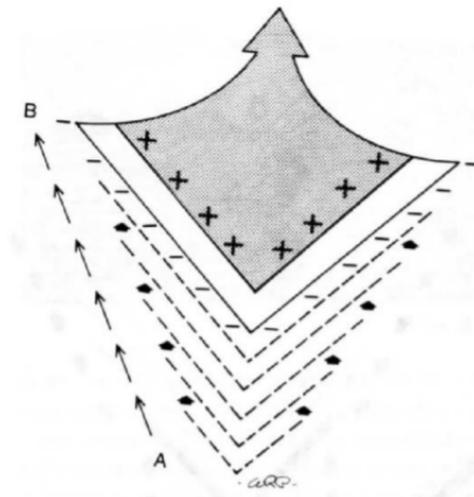


Figura 2: Principio de la V (Enlow D. H., 1990)

En la figura 1, la V se desplaza de la posición A hasta la B en base a la reabsorción y aposición ósea. Además se aprecia un aumento del tamaño de las dimensiones, de un tamaño reducido a uno más amplio en la zona B, además reubicando la posición del hueso a una nueva localización (Enlow D. H., 1990).

Ante un análisis histológico, se aprecia que en la superficie del periostio se lleva a cabo la reabsorción ósea, donde se observa gran cantidad de células osteoclasticas que cubren este campo superficial. Mientras que el área endóstica, de acumulación, se encuentra poblada por células osteoblásticas, encargadas de la producción de

hueso. Pero en el momento que se alcanza a zona de inversión, el mecanismo cambia de un hueso endóatico nuevo que se encuentra en la superficie interna, cubierto por periostio, a una corteza completamente de hueso perióstico, cambiando la superficie externa a depósito y la interna a reabsorción (Enlow D. H., 1990).

Centros de crecimiento.

Los centros de crecimiento son los encargados de regular el crecimiento óseo. Se encuentran dispersos por los huesos faciales en forma de mosaico en las superficies internas y externas. Dentro de estas zonas se produce el aumento del tamaño del perímetro del hueso, provocando un desplazamiento de los huesos que están en íntima relación. No todos estos centros expresan la misma actividad y velocidad de crecimiento, siendo esta característica la que permite dar forma a la cara. (Rakosi & Jonas, 1992)

Además, los centros de crecimiento son los encargados de activar y regular los desplazamientos, ubicando las partes óseas aledañas en una nueva posición en el espacio. Conforme el hueso va creciendo, una parte anatómica de este reemplazará a otra. Es decir, por ejemplo en la mandíbula, donde se encuentra el borde anterior de la rama ascendente, luego será reemplazada parte el cuerpo mandibular. El centro de crecimiento se reubica, ya que se ha desplazado hacia otro sitio. Un nuevo hueso ha aparecido en este borde anterior de la rama, mientras que por la reabsorción del antiguo borde anterior este ahora se ha convertido en cuerpo mandibular (Enlow D. H., 1990).

A pesar que el hueso ha cambiado de tamaño y se ha desplazado, se mantiene constante sus centros de crecimiento en una localización específica dentro de su anatomía. Por lo que con la ayuda de las líneas de inversión, permite que un campo

se dirija hacia espacios ya ocupados y a su vez alcancen nuevos sitios con nuevo hueso (Enlow D. H., 1990).

Según D. Enlow (1990), existen 4 factores que permiten que existan variaciones anatómicas entre cada individuo, estos son:

- El patrón de los campos de resorción y aposición.
- Los límites de los campos de crecimiento, es decir, el tamaño de cualquier campo.
- Los ritmos y cantidades diferenciales de depósito y resorción ósea en cada campo.
- La regulación del tiempo de expresión del crecimiento por campo.

Desplazamiento.

Es el crecimiento facial que sufre un desplazamiento directo cuando se aleja un hueso de otro a través del contacto sutural. Este proceso provoca una relocalización de los componentes faciales acompañado de los ajustes de remodelación con el fin de mantener la alineación entre las estructuras (Enlow & Hunter, 1966).

Según Rakosi (1992), el desplazamiento se presenta en dos tipos:

- *Primario*: es un desplazamiento que tiene como resultado la suma de fuerzas expansivas de crecimiento de las partes blandas vecinas. Donde se crea un espacio entre las articulaciones para que se dé la formación de hueso nuevo. El desplazamiento en este caso se da en sentido contrario a la aposición ósea y se da por el propio hueso.
- *Secundario*: es el desplazamiento de una estructura facial como efecto de los huesos y tejidos que se encuentran fuera de contacto y alejados, dando como resultado un efecto en cadena, pasando este desplazamiento de una región a otra.

En este tipo de crecimiento es importante para el crecimiento la presencia de contactos entre todas las articulaciones, como el cóndilo, suturas y sincondrosis, ya que es donde se da lugar el desplazamiento. A medida que los huesos van aumentando de tamaño se aprecia el movimiento. Por otro lado el grado de crecimiento es proporcional al desplazamiento de hueso que se encuentra cerca. Un ejemplo es cuando la mandíbula se desplaza hacia delante por el crecimiento de cóndilo, ya que este crece hacia la cavidad glenoidea, por un efecto de empuje al contacto de uno con el otro (Enlow D. H., 1990).

Embriología de la cara.

La mayor parte del cráneo es de origen mesenquimatoso, es decir, de la cresta neural, que da origen a todo el sistema nervioso del cuerpo. De este tipo de células no solo se da origen a nervios y ganglios, sino también se diferencia en ectomesénquima, del cual surgen células del tejido conjuntivo, osteoblastos, osteoclastos, condroblastos y odontoblastos (Gomez de Ferrari, Histología, embriologica e ingeniería tisular bucodental., 2009).

Gomez de Ferrari (2009) indica que la formación de la cabeza comprende dos porciones:

- Neurocraneana: que forma las estructuras óseas, el sistema nervioso cefálico, los ojos, oídos y la porción nerviosa del olfato.
- Visceral: que da lugar a la cavidad bucal, la nariz y las fosas nasales. Por otro lado de esta porción también participan los arcos branquiales.

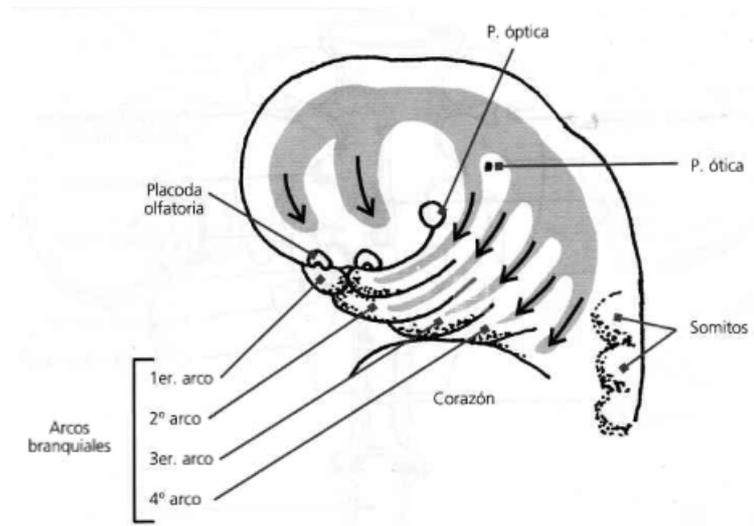


Figura 3: Migración de las células de las crestas neurales (embrión de 25 días) (Gutierrez Gomez, 2008).

Arcos branquiales.

Los arcos braquiales surgen de una proliferación del mesénquima, el cual se condensa y forma barras en sentido dorsoventral. Existen 6 arcos de los cuales el quinto y el sexto tienen un escaso desarrollo. Se encuentran revestidos por afuera de ectodermo y por dentro de endodermo, además están acompañados de una barra cartilaginosa, un elemento muscular, una arteria y un nervio craneal (Gomez de Ferrari, Histología y Embriología Bucodental, 2004).

Las células mesenquimáticas de la cresta neural migran hacia los arcos branquiales dando origen a estructuras esqueléticas, óseas y de cartílago. Dentro de este estudio se detallara el crecimiento solo del primer arco branquial que competiría. Este primer arco da lugar a los procesos maxilares y mandibulares, y a las tres porciones del cartílago de Meckel (dorsal, intermedio y ventral). Este núcleo de cartílago no forma el cuerpo de la mandíbula, sino guía como centro de mecanismo de osificación que da lugar alrededor de este cartílago. El tejido conectivo que se encuentra alrededor del cartílago de Meckel es el que forma la mandíbula, mientras que al final este

cartílago se desintegra dejando parte de él para dar origen a los huesos del oído medio (Gomez de Ferrari, Histología y Embriología Bucodental, 2004).

Al momento que el embrión llega a la cuarta semana cuando los arcos braquiales se han desarrollado aparece el proceso frontal, el futuro plano del rostro y las placodas olfatorias (dos engrosamientos con forma de placa). Esta formación es el resultado de la proliferación del ectodermo estimulada por la porción ventral del cerebro anterior. Además posee una gran cantidad de terminaciones nerviosas sensoriales (Gomez de Ferrari, 2009).

Formación del macizo facial y la cavidad bucal.

El macizo facial contiene como centro una depresión llamada estomodeo, al cual le rodea cinco procesos, los cuales son: dos maxilares, dos mandibulares y un frontonasal medio. A la octava semana embrionaria, las fosas nasales disminuyen sus tamaño y se desplazan al medio del macizo facial fusionándose con el proceso maxilar que da origen al esbozo del labio superior, el filtrum, el maxilar y el paladar. Mientras que los ojos que se encuentran en las caras laterales de la cabeza se dirigen al medio de la cara (Eynard, 2008).

El paladar se forma entre la quinta o sexta semana embrionaria. Existe un paladar primario y secundario. Siendo el primario la unión de los procesos nasales medios, dando lugar al segmento premaxilar, mientras que a la octava semana el paladar secundario es formado por los procesos palatinos laterales que se dirigen a la línea media del paladar hasta unirse entre si. Debido a que el desarrollo de los procesos palatinos laterales es oblicuo, la lengua cumple un papel importante en la ubicación del paladar, ya que su presencia inducirá la posición final que será horizontal (Avery, 2007).

A continuación, los procesos mandibulares se unen a los maxilares en la lateralidad del macizo facial para formar las mejillas, las cuales vienen a limitar la apertura bucal. También se da origen a la punta de la nariz por el adelgazamiento y acercamiento de las fosas olfatorias (Gomez de Ferrari, Histología y Embriología Bucodental, 2004).

Formación del esqueleto craneo-facial.

El órgano de sostén es el hueso, que consta de una sustancia mineralizada que crece por un incremento intersticial, mediante aposición en las superficies periósticas o endóstica. Los mecanismos de desarrollo del esqueleto de la cara están bajo control de factores endógenos y exógenos (Rakosi & Jonas, 1992).

Existen dos tipos de osificación según Rokoso (199), una intramembranos (desmocraneal) y otro endocondral. La intramembranosa proviene de células mesenquimatosas pluripotenciales, que se diferencian a osteoblastos en respuesta a moléculas adhesión y factores solubles de señal. La Endocondral va por un camino condrogenético en lugar de osteogénica (Gutierrez Gomez, 2008). La intramembranosa presenta dos tipos de hueso durante su osificación como se enuncia a continuación:

- *Hueso Fibrilar*: proviene del tejido conjuntivo no osificado. Como base se tiene a las células osteoblásticas, provenientes del mesénquima, las cuales secretan a nivel intercelular fibrillas de colágeno, llamada matriz osteoide, que ante la presencia de cristales de apatita se calcifica. Este tipo de calcificación es de tipo primario, presente tanto en zonas corticales como medulares dentro del hueso. Conforme pasa el tiempo aumenta la cantidad de apatita dentro de la matriz, lo que permite la maduración del tejido osteoide, hay más de una disposición de las fibras de colágeno con el recorrido de los cristales. Conforme el tejido se forma, este se diferencia en hueso cortical y medular. La presencia

de tejido conjuntivo que rodea al hueso se diferencia hacia el periostio en una capa celular interna osteogénica, que acompañada del endostio darán lugar al grosor del hueso. La función del hueso fibrilar es permitir un recambio óseo rápido y de forma transitoria que luego será reforzada por el hueso laminar (Rakosi & Jonas, 1992).

- *Hueso Laminar (lamelar)*: este tipo de hueso necesita que exista previamente hueso mineralizado, es decir de hueso fibrilar, compuesto por fibras de colágeno que se encuentran orientadas en varias direcciones y en múltiples capas (Weiner, Traub, & Wagner, 1999). Ante la presencia de hueso fibrilar se forman conductos cubiertos de osteoblastos (sistema de Havers u osteona), los cuales van disminuyendo de tamaño ante la secreción de hueso laminar. Estas osteonas migran a la profundidad del hueso, y al mismo tiempo en la parte superficial se continúa depositando nuevas capas de hueso laminar. Este tipo de hueso se encuentra en constante cambio, y se ve influenciado directamente por factores ambientales (Rakosi & Jonas, 1992). Tiene como función rellenar los espacios de hueso durante el crecimiento rápido con osteones, mientras que a la vez se produce un hueso fibroso, que al mezclarse forman un hueso llamado hueso fibrolamelar (Weiner, Traub, & Wagner, 1999).

Por otro lado, en la osificación endocondral se encuentra la presencia de un cartílago hialino que guía la formación ósea, mediante la substitución del cartílago. Se encuentra dentro de las articulaciones y las epífisis de pericondrio, que se transforma en periostio. Su osteogénesis tiene como base la substitución de cartílago por hueso, sin importar que provenga de tejido conjuntivo o cartilaginoso. Su osificación se encuentra clasificada en base a la localización de donde se lleva a cabo la mineralización (Rakosi & Jonas, 1992). Existen dos tipos de osificación Endocondral:

- *Periocondral*: aparece en el pericondrio, donde las células osteoblásticas rodean las diáfisis por fuera del hueso antes de que se dé la osificación endocondral, modificando indirectamente la dirección de la osificación endocondral (Eynard, 2008).
- *Endocondral*: comienza con la alteración de las células cartilaginosas y la matriz intracelular que lo rodea, al cual se le da el nombre de esponjosa primaria. A continuación, del pericondrio salen vasos sanguíneos y mesénquima que se dirigen a esta zona, mientras que el tejido conjuntivo se diferencia en osteoblastos y osteoclastos, de tipo condroclastos, que crean perforaciones sobre el cartílago. Luego alrededor de la sustancia cartilaginosa se deposita la matriz osteoide, terminando con la mineralización, que está compuesta de estructura reticular fina y restos de cartílago ubicados entre los espacios óseos. Esta esponja ósea al estar mineralizada cambia a hueso compacto. Esto a nivel macro se aprecia que la osificación endocondral y periocondral se extiende hacia las epífisis y las articulaciones (Eynard, 2008).

El tamaño del hueso dependerá del crecimiento de cartílago epifisario, el cual culmina al cerrarse las líneas epifisarias. El incremento de tamaño del cartílago, se origina por aposición y por crecimiento intersticial (Rakosi & Jonas, 1992).

Existen dos tipos de cartílagos, que se clasifica en primarios y secundarios. Siendo el cartílago secundario, el cartílago condíleo, el más propenso a verse afectado por el medio ambiente, ya que se encuentra en una zona más superficial (Rakosi & Jonas, 1992).

La osificación de la mandíbula es dada por un proceso llamado yuxtaposición, en el cual el cartílago de Meckel es la guía y el sostén pero no participa. La osificación es intermembranosa y a las doce semanas aparecen nuevos centros de osificación haciéndose mixta. Aparecen 3 centros cartilaginosos secundarios: coronoides, incisivos y condíleo. Durante la vida fetal, los dos maxilares se encuentran unidos por una sincondrosis en la sínfisis (Gomez de Ferrari, 2009).

En el maxilar superior existen dos puntos de osificación. Uno llamado premaxilar y otro postmaxilar. El primero se dirige hacia la apófisis ascendente, hacia adelante y hacia las apófisis alveolares. Y la segunda hacia la órbita, la cara posterior de la apófisis ascendente y la porción alveolar posterior (Gomez de Ferrari, 2009).

Crecimiento sutural y su regulación.

La mayoría de los huesos faciales y craneales son de origen intramembranoso, los cuales tienen un crecimiento por aposición y reabsorción en las superficies periósticas y por crecimiento sutural. Cuando se expresa la remodelación, esta ocurre por aposición y reabsorción en las superficies periósticas. Mientras que el aumento de espesor se produce por aposición y reabsorción de las superficies endiosticas. El aumento en volumen de las estructuras se da por una cantidad mayor de aposición que resorción (Wagemans,, van de Velde, & KuijpersJagtman, 1988).

La expansión del cráneo es posible por la presencia de suturas craneales y faciales, las cuales al terminar el crecimiento se cierran por fusión, a lo cual se lo denomina sinostosis (Wagemans,, van de Velde, & KuijpersJagtman, 1988). Remmelink (1985), encontró en su estudio que en las suturas maxilares con el paso del tiempo, entre los 1 a 10 años, se vuelven más tortuosas e interdigitadas las suturas (Remmelink, 1985). Moss (1969), determina que el crecimiento óseo se encuentra influenciado por una matriz funcional. De la cual existen dos tipos de crecimiento, el periostal y el capsular.

Para llevar a cabo esta reacción, es necesario la presencia de un cráneo funcional, donde se da lugar a los cambios en tamaño, forma y la posición espacial. En el caso de la mandíbula, ante la presencia de la apófisis coronoides que va acompañada por el musculo temporal y una porción angular relacionada a la actividad de ambos músculos maseteros y pterigoideos mediales, son los encargados de producir esta matriz funcional. Por otro lado, la presencia del hueso alveolar, la posición de los dientes y el hueso basal se encuentra influenciada por la triada neurovascular alveolar inferior. Se puede evidenciar que los tejidos blandos son los que controlan la forma y tamaño de las estructuras óseas, ya que dan lugar a una respuesta morfogénica primaria. A este tipo de matriz funcional que se ve afectada por la función de los músculos, se la denomina periostal.

En el caso de la matriz capsular, consiste en una envoltura que contiene una serie de componentes craneales funcionales que se entremeten entre dos capas de recubrimiento. En esta matriz existen dos tipos de cápsulas, la neurocraneana y la orofacial. En el caso de la orofacial vendría a ser la capa de la piel y la de la mucosa, dentro de los cuales aparece tejido conectivo indiferente suelto. Todos los componente funcionales del cráneo facial se encuentran protegidos por la capsula orofacial. Además, cumplen una función morfogénica, una vez que los músculos, las glándulas, los vasos y los nervios terminan su crecimiento, estos mantienen el volumen facial. Dentro de estas cápsulas se encuentra el sistema respiratorio y digestivo en su permeabilidad. El espacio funcional oronasofaríngeo se encuentra influenciado por las necesidades metabólicas que el cuerpo necesita dentro de la función respiratoria (Moss & GreenBerg, 1967). Esto, en conjunto, provoca un crecimiento hacia fuera, abajo y lateralmente, que reacciona ante la demanda funcional de la matriz (Moss & Rankow, 1968).

Las suturas del cráneo, como otras suturas, no son sitios de crecimiento primario, pues estas no actúan como epífisis, y la expansión neural craneal no es un resultado primario de la expansión sutural, sino ocurre al revés. Este crecimiento sutural no es por una formación intersticial de hueso, más bien por un crecimiento primario de la masa neural acompañada de una expansión craneal secundaria (Moss & Rankow, 1968).

Crecimiento mandibular.

Para un mejor entendimiento del crecimiento de la mandíbula, se la debe analizar como una unidad solitaria para dividirla en tres partes: cuerpo, mentón y procesos alveolares, angular y coronoides (Moss & Rankow, The Role of the Functional Matrix in Mandibular Growth, 1968). Por otro lado, también tiene otra estructura anatómica llamada cóndilo que descansa en la fosa articular, el cual es el principal centro de crecimiento al presentar un cartílago hialino (Peskin & Laskin, 1965). La mandíbula tiene varios tipos de crecimiento, que se ubican en las distintas zonas del hueso. En la rama, el cuerpo y el proceso alveolar, tienen un crecimiento perióstico, que es secundario a los cambios condilares.

El cóndilo no solo gobierna el crecimiento de la mandíbula sino que también lo direcciona en sentido anterior e inferior, por lo cual regula la relación que se establece entre el maxilar y la mandíbula (Meikle, 1973). Sin embargo Moss (1969), argumenta que el crecimiento cartilaginoso es secundario y compensatorio al crecimiento primario que es en base al crecimiento de la matriz del tejido blando, ya que al someter a ratas a una condilectomía la mandíbula continuaba creciendo normalmente (Moss M., 1969).

Meikle (1973) realiza un experimento de transplante de condilo en ratas, donde se evidenció división celular en el cóndilo, incluyendo la zona proliferativa, siendo esta

independiente de la relación medioambiente-función, demostrando que presentaba un programa genético intrínseco en el cóndilo. Esto además demuestra que las células de la zona proliferativa son multipotenciales, ya que son capaces de formar cartilago o hueso, dependiendo de las circunstancias ambientales. En realidad lo que permite que se diferencien estas células es la actividad funcional de la articulación. Por lo tanto el condilo no es el centro de control de la mandíbula, pero es esencial para el crecimiento de esta, en particular el alargamiento de la rama (Meikle, 1973).

Manson (1966), también pensó que el cartilago angular de la mandíbula era importante para el crecimiento longitudinal más que el mismo cóndilo. Pero Moss, en su estudio donde hace la extirpación del cartilago angular en ratas neonatales, sin afectar al resto de estructuras esqueléticas mandibulares, mostró que las dimensiones y la configuración de la mandíbula era normal, salvo por la ausencia de procesos angulares (Moss M., 1969).

La mandíbula, ante la expansión de la matriz orofacial, tiene un movimiento antero inferior simultáneamente. La única razón por la que la mandíbula se encuentra articulada, es por el crecimiento secundario, compensatorio y mecánico, que el cartilago condilar presenta al crecer (Moss & Rankow, 1968).

El condilo es una unidad esquelética independiente dentro de la mandíbula. Su desarrollo es diferente ya que su origen proviene de una masa de cartilago secundario, a diferencia de la formación de hueso intramembranoso, que compone el resto de la mandíbula. En el cóndilo está formado de hueso endocondral y algo de cartilago secundario, que experimenta una metaplasia directa, cambiando a tejido óseo, es decir, aquellas células que fueron condroblastos y condrocitos se transforman en osteocitos y osteoblastos (Moss & Rankow, 1968).

La organización histológica del cartilago condilar es distinta a los demás cartílagos de crecimiento, los cuales forman hueso endocondral, lo cual no se puede comparar con una placa epifisaria. El cóndilo permite un tipo de crecimiento regional de adaptación (crecimiento secundario). Este cartilago posee un estrato capsular, compuesto de tejido conectivo poco vascularizado que se ubica en la superficie articular del cóndilo. Durante las primeras fases de desarrollo entra en un estadio de proliferación celular, pero mientras pasa el tiempo, se convierte en tejido fibroso por la edad y la función. Por debajo de esta capa se encuentran células precondroblásticas, donde en realidad se da la mayor cantidad de proliferación celular, que además provee cartilago que luego es reemplazado por tejido óseo endocondral. Dentro de esta proliferación precondroblástica, presente el lado externo articular, mientras en el lado interno se da la reabsorción para dar lugar al hueso endocondral (Enlow D. H., 1990).

El crecimiento de la mandíbula, el crecimiento del cartilago y el crecimiento del hueso desempeñan el doble papel de hacer crecer la mandíbula en su conjunto. El crecimiento de la mandíbula, aunque es el efecto del crecimiento del cartilago y del tejido óseo y la reabsorción del modelado, sigue siendo mucho más complicado que el de los huesos largos. El cóndilo de la mandíbula contiene un cartilago hasta los últimos veinte años, pero este cartilago ha sido representado en la literatura erróneamente. Algunos sostienen que es un cartilago articular; otros lo identifican como un cartilago epifisario análogo al que existe en los huesos largos, pero no es ninguno. En un individuo joven, la parte ósea del cóndilo mandibular está cubierta por una cápsula de cartilago, pero ésta a su vez está cubierta por una gruesa capa de tejido conectivo que continúa en el periostio del cuello del cóndilo mandibular. En un hueso largo, los cartílagos epifisarios y artificiales crecen en longitud sólo por crecimiento intersticial, ya que sus superficies no están cubiertas por tejido conectivo,

lo que lo diferencia, es que se puede agrandar el cartílago por aposición. En realidad, estos cartílagos tienen que crecer desde dentro (Sicher, 1947).

En el cóndilo mandibular, el cartílago crece de la misma manera; sin embargo, también puede crecer por crecimiento aposicional de las capas más profundas del tejido fibroso que lo cubre. Este detalle es más importante si se quiere visualizar el crecimiento de la mandíbula. El alargamiento de un hueso largo por proliferación de cartílago es sólo por el crecimiento intersticial del cartílago. El alargamiento del cuello de la mandíbula por proliferación de cartílago es por crecimiento intersticial y aposicional de este cartílago. Un hueso tubular y también la mandíbula crecen no sólo por la proliferación del cartílago sino también por la proliferación del mismo hueso (Sicher, 1947).

Por la proliferación del cartílago condilar la mandíbula crece con el tiempo por un período más largo. Si la longitud total de la mandíbula aumenta, la altura de la mandíbula aumenta al mismo tiempo. La divergencia de la rama causa simultáneamente la distancia intercondílea para crecer. Estos hechos son de suma importancia porque muestran que la proliferación del cartílago condilar hace que la mandíbula crezca al mismo tiempo en tres dimensiones: crece en largo, alto y ancho (Sicher, 1947)

Por debajo de la cabeza del cóndilo, en su cuello, en cambio se presenta un estrato cortical de hueso intermembranoso que continúa hacia la escotadura sigmoidea. El borde anterior del cuello es de depósito. Mientras que el borde posterior del cuello del cóndilo puede ser de depósito o reabsorción dependiendo si se presenta una rotación mandibular (reabsorción). En las caras internas y externas del cuello, sus superficies son de resorción, dando la característica de una cabeza grande y un cuello estrecho. De igual forma, parte del cuello mientras va creciendo la mandíbula, es remplazada

por lo que antes fue la cabeza del cóndilo. Esto se realiza en base a una resorción perióstica y un depósito endóstico (Enlow D. H., 1990).

En el crecimiento de la mandíbula también está también afectada por el crecimiento del cráneo. La mandíbula se encuentra en contacto con el hueso temporal en la fosa articular. En el caso que existe un incremento de crecimiento en el extremo superior y posterior de la mandíbula, habrá como reacción un movimiento hacia abajo y adelante. Es cierto que la mandíbula crece en su extremo postero-superior, pero este crecimiento hace que la mandíbula entera se desplace hacia abajo y hacia adelante (Sicher, 1947).

En el borde posterior de la rama, en el borde superior del proceso coronoides, y en las crestas alveolares, existe un depósito de tejido óseo a más de crecimiento del cartílago que es remplazado por hueso en el cóndilo. El cuerpo mandibular crece en altura muy poco por aposición en su borde inferior, lo que sólo sirve para hacerlo ver más robusto. Crece en altura por adición de hueso en los bordes libres del proceso alveolar. Al mismo tiempo, en el borde anterior de la rama, se reabsorbe el hueso de manera que se proporcione espacio para la sucesiva erupción de los dientes (Sicher, 1947).

En la sección de la rama mandibular, el crecimiento se expresa hacia atrás, desde un punto de vista bidimensional. Así mismo la tuberosidad lingual, que viene a ser el límite entre la rama y el cuerpo mandibular, crece en sentido posterior por depósitos óseos en su superficie, además de su dirección medial, dando como resultado en su cara inferior, la formación de la fosa lingual. En el caso de la apófisis coronoides se expresa un giro helicoidal, por lo que se da un crecimiento en tres direcciones: posterior superior y medial. Esto indica que existe un patrón en "V" de crecimiento, el cual es expansivo, permitiendo que la parte posterior mandibular se ensanche. De esta

manera ambos crecimientos, de las apófisis coronoides y de las ramas, se trasladan hacia medial para conectarse con el cuerpo mandibular que también está en crecimiento (Enlow D. H, 1990).

La mandíbula durante su crecimiento, se encuentra también influenciada por otras estructuras óseas vecinas como la fosa craneal media al momento que aumenta de tamaño. Este se da por resorción en el lado endocraneal y acumulación sobre la parte externa del piso del cráneo. En la parte de la sincondrosis esenooccipital, que está compuesta por restos de cartílagos primarios de la base cartilaginosa precoz, siendo este el cartílago principal de crecimiento de la base del cráneo. A diferencia del crecimiento sutural provocado por tensiones, su crecimiento es adaptado a presión. Este crecimiento se da al soportar el peso del cráneo y la cara, recayendo sobre la sincondrosis, además las fuerzas de los músculos cráneo-faciales que también afectan. Su crecimiento dura el tiempo que el cerebro presente expansión, lo cual es entre los 12 a 15 años de edad, es decir, que a los 20 años de edad se consolida la sutura esenooccipital (Enlow D. H, 1990).

Este crecimiento de la fosa craneal media tiene un efecto de desplazamiento secundario en el complejo nasomaxilar y la mandíbula. El desplazamiento horizontal sobre el complejo nasomaxilar resulta ser de mayor proporción con respecto a la mandíbula, esto se debe a que el crecimiento de la sincondrosis se expresa más por delante del cóndilo mandibular (Enlow D. H, 1990).

Las dimensiones horizontales entre la rama y la fosa media del cráneo son proporcionales entre ambas. El tamaño de la faringe es establecida por la fosa media del cráneo, mientras que la rama mandibular abarca a la faringe. Conforme la rama se ubica hacia atrás, el cuerpo en dirección horizontal se desplaza hacia delante, mientras que paralelamente la fosa craneal media se agranda para igualar la anchura

de la rama. Conforme se exprese el crecimiento horizontal, también tiene que realizarse en sentido vertical en mayor proporción la rama. Por lo tanto, el ángulo goníaco aumenta, cerrándose, a fin de ajustar el aumento vertical que queda del espacio para la magnitud de crecimiento nasomaxilar vertical que se da al mismo tiempo, para evitar una alteración en la relación oclusal del arco superior con el inferior.

Crecimiento del maxilar.

Las suturas que son más importantes en el crecimiento del maxilar son la sutura entre el proceso frontal del maxilar y el hueso frontal, la sutura entre el hueso cigomático y el maxilar y la sutura entre el proceso piramidal del hueso palatino, que es parte del complejo maxilar, y el proceso pterigoideo del hueso esfenoide. Estas suturas son paralelas, y todas inclinadas hacia abajo y hacia atrás. Si el tejido conectivo prolifera en estas suturas, el complejo maxilar se movería hacia abajo y hacia delante, y eso es exactamente lo que realmente ocurre. Este movimiento del maxilar por crecimiento sutural, es decir, por la proliferación del tejido conectivo entre las suturas, no explica el pleno desarrollo y crecimiento del maxilar; la parte subnasal del maxilar, principalmente el proceso alveolar, crece por la aplicación de hueso en el borde alveolar. En el espacio abierto por el crecimiento condilar de la mandíbula el maxilar no sólo se mueve pasivamente sino que también crece activamente en los bordes libres del proceso alveolar. En este movimiento general hacia abajo y hacia adelante, el crecimiento sutural contribuirá más al crecimiento hacia adelante que al crecimiento descendente, y el crecimiento del borde del proceso alveolar será más hacia abajo que hacia adelante. Esta es la razón por la cual los cambios primarios del crecimiento mandibular pueden causar cambios secundarios característicos en el tercio medio facial (Sicher, 1947).

La sincondrosis esenooccipital también provoca un desplazamiento secundario del proceso nasomaxilar. Al aumentar de tamaño los lobulos frontal y temporal, esto se expande provocando una separación de las suturas, como: frontales, temporales, esfenoidales y etmoidales. Esto dirige el proceso naso maxilar hacia adelante junto a la fosa anterior del cráneo a la cual se inserta. A los 5 a 6 años de edad los lóbulos frontales y la expansion de la fosa creaneal anterior concluye, por lo tanto, si se da un crecimiento a este nivel, es por un engrosamiento del hueso frontal o un agrandamiento del seno frontal (Enlow D. H., 1990).

La influencia de la expansión de los tejidos blandos asociados a tal crecimiento sutural ha sido esencial, y se ha propuesto que el cerebro, la lengua y el ojo en crecimiento producen una separación continua de las suturas superpuestas que estimula el crecimiento óseo en sus márgenes libres. Durante el crecimiento facial, se cree que el tabique nasal cartilaginoso es una fuerza primaria en la estimulación de la morfogénesis del maxilar y de otros huesos adyacentes. Se ha estimado que el crecimiento de la actividad sutural combinado con la expansión del cartílago cesa después del séptimo año postnatal y que la aposición superficial total viene a representar el mecanismo dominante de crecimiento. Las suturas que se entiende que contribuyen predominantemente al crecimiento maxilar son las que se articulan con los huesos frontal, zigomático, etmoideo y palatino (Enlow & Bang, 1965).

La tuberosidad maxilar.

Durante el crecimiento, el maxilar entero se mueve y se reposiciona en una dirección anterior progresiva. A medida que lo hace, se añade nuevo tejido óseo en las superficies periosteales de la tuberosidad maxilar. Lo que da como resultado un aumento de las dimensiones longitudinales del maxilar en crecimiento y, al mismo tiempo, funcionan para alargar el arco dental a medida que los dientes se van

formando. Durante el período activo de crecimiento maxilar, los depósitos de hueso en estas superficies posteriores están típicamente en forma de tejido fino esponjoso, no lamelar, que posteriormente recibe compresión lamelar. Este tipo de tejido óseo se desarrolla característicamente en áreas esqueléticas que implican un crecimiento particularmente rápido. La presencia de una corteza relativamente gruesa se distribuye en sentido posterior y algo lateralmente, la aposición de hueso nuevo en su superficie periosteal provoca el crecimiento en las correspondientes direcciones posterior y lateral. Esto produce un alargamiento y un ligero ensanchamiento del arco maxilar en su extremo posterior (Enlow & Bang, 1965).

El proceso zigomático de la maxilla.

En la superficie posterior del proceso cigomático maxilar recibe nuevos depósitos de hueso durante su crecimiento. Su corteza se compone enteramente de tejido óseo periosteal, y la superficie endosteal es por reabsorción. Esta zona se mueve posteriormente conforme el arco maxilar aumenta en las dimensiones longitudinales. En contraste a este patrón de la superficie posterior, la superficie facial y el frente anterior de la superficie periosteal es de resorción. El córtex está compuesto de hueso endóstico que se forma por aposición en la superficie interna con la respectiva remoción de la superficie cortical externa (Enlow & Bang, 1965).

El proceso cigomático tiene un movimiento posterior y lateral en combinación del hueso cigomático. La aposición de hueso se da en dirección lateral y posterior acompañado de reabsorción de las superficies anterior y medial. El punto clave para una interpretación de la base de desarrollo para la naturaleza reabsortiva de las superficies maxilares anteriores en la región malar de la cara reside en el principio de remodelación fundamental de la "reubicación del área". A medida que se añaden nuevos depósitos óseos a las superficies posteriores del cuerpo maxilar, las

dimensiones antero-posteriores del maxilar aumentan. Por lo tanto, toda la superficie anterior del proceso zigomático del maxilar y la superficie facial del cuerpo maxilar se trasladan en una dirección posterior continua para mantener sus posiciones relativas constantes en el crecimiento maxilar como un todo (Enlow & Bang, 1965).

El arco maxilar.

El área de crecimiento dominante se produce en el margen posterior del arco en la tuberosidad maxilar, acompañando a la deposición ósea que se da lugar a lo largo de todo el lado interno del arco maxilar junto con la reabsorción contralateral de los lados vestibular y bucal. Esta secuencia de crecimiento sigue el principio V en el que una aumenta de tamaño y al mismo tiempo se mueve en una dirección hacia el extremo ancho de la V por un proceso combinado de aposición sobre la superficie interior de la V y reabsorción desde la superficie exterior (Enlow & Bang, 1965).

La dirección lingual o medial del crecimiento actúa para disminuir este ancho durante dicha reubicación posterior y, por tanto, mantiene continuamente proporciones de tamaño constantes de la premaxila. La anchura del arco dental aumenta progresiva y proporcionalmente en tamaño por la deposición continua ósea a lo largo de la superficie bucal de la tuberosidad maxilar en la zona molar posterior al proceso cigomático. Este contorno de superficie está orientado de tal manera que se enfrenta en dos direcciones: posterior y lateral, y las adiciones óseas superficiales sirven para producir un aumento de crecimiento en las direcciones correspondientes posterior y laterales (Enlow & Bang, 1965).

Procesos palatinos maxilares.

El arco palatal muestra un patrón similar de crecimiento a medida que se añaden nuevos depósitos óseos en la superficie oral con la correspondiente eliminación proporcional de la superficie nasal opuesta. Cuando la V se encuentra orientada

verticalmente del arco palatal aumenta así su tamaño y sufre un movimiento descendente en conjunción con el crecimiento de todo el arco maxilar, ya que crece en direcciones posterior y lateral. El lado interno de esta V está representado por la superficie oral de la tabla palatal, mientras que el lado externo es la superficie nasal del proceso palatino (Enlow & Bang, 1965).

Premaxila.

En la superficie vestibular de la premaxila es de carácter de reabsorción. Mientras que la superficie endostal recibe depósitos de hueso. Existe la presencia de hueso esponjoso en los espacios interdentes durante esta dirección endostal de crecimiento y la corteza está compuesta de tejido óseo irregular producido por deposición lamelar dentro de los espacios caniculares óseos. Por lo tanto, el hueso alveolar que recubre los dientes en esta zona, es delgado y está compuesto de una capa de hueso laminar endosteal con una superficie reabsortiva de periostio. En el lado lingual la corteza contiene una superficie periostal de depósito que continúa con hueso perióstico que provienen del proceso palatino (Enlow & Bang, 1965).

La presencia de reabsorción en la cara labial de la premaxila acompañada de reabsorción en el lado lingual. Esto permite que la dirección de crecimiento sea en mayor magnitud hacia abajo y ligeramente hacia posterior, de esta manera se alarga y aumenta en su concavidad anterior. Además, la espina nasal anterior tiende a moverse hacia abajo, por aposición en la superficie inferior periostal con una reabsorción en el lado nasal contralateral (Enlow & Bang, 1965).

Indicadores de edad ósea.

En las prácticas médicas, ortopédicas y odontológicas, a través del tiempo se ha reconocido la importancia de diferenciar la edad cronológica de la edad esquelética o maduración ósea. Debido a que el crecimiento entre un individuo y otro no es uniforme.

La edad cronológica no permite determinar los periodos en donde comienza, disminuye o se detiene el crecimiento. El crecimiento y desarrollo de los individuos ha sido evaluado a partir del grado de madurez sexual, la edad cronológica, el desarrollo dental, el peso, el desarrollo óseo estimado a partir de los huesos de la mano y muñeca, como a partir del desarrollo cervical (Bedoya Rodríguez, Osorio Patiño, & Tamayo , 2016).

La ortodoncia actual se preocupa por la corrección precoz de la maloclusión, dando suma importancia a la armonización de las bases óseas en relación con la discrepancia y posicionamiento dentario, lo cual puede ser corregido en cualquier época de la vida; por lo que resulta de gran importancia conocer en qué momento aparece el mayor pico de crecimiento, con el fin de determinar si es posible implementar una modificación en las bases esqueléticas (Toledo Mayarí & Otaño Lugo, 2010).

La edad cronológica no siempre permite valorar el desarrollo y la maduración somática del paciente, por lo que se recurre a determinar la edad biológica, que se calcula a partir de la edad ósea, dental, morfológica y sexual. El estudio de la maduración ósea es tal vez el método más seguro y fiable para evaluar la edad biológica de los individuos y para fijar la madurez fisiológica (Toledo Mayarí & Otaño Lugo, 2010).

La maduración ósea puede ser evaluada a través de radiografías de la mano izquierda, aunque la tendencia actual en ortodoncia es reducir el número de radiografías. Hay una serie de investigadores, que intentaron desarrollar varios tipos de índices de maduración esquelética con los perfiles de los cuerpos vértebrales de la porción cervical que aparecen en las radiografías laterales de cráneos utilizadas para el diagnóstico ortodóncico. Según Hassel, para Lamparski no existen diferencias,

y hay una alta correlación en las valoraciones de la edad ósea entre las vértebras cervicales y los huesos de la muñeca de la mano (Hassel & Farman, 1995).

Crecimiento somático, desarrollo y maduración.

El crecimiento es el proceso cuantitativo derivado de la multiplicación celular que determina un aumento de las dimensiones corporales y conduce a producir individuos de formas anatómicas diferentes. El desarrollo mientras tanto es un proceso cualitativo de maduración de los órganos y sistemas que al ir completándose se van haciendo cada vez más complejos y perfectos (Urzúa, 2005).

La pubertad es el período entre la infancia y la edad adulta durante el cual tiene lugar el PIC puberal, donde aparecen las características sexuales secundarias y se adquiere la capacidad de reproducción (Urzúa, 2005).

La aceleración del crecimiento facial durante la pubertad es leve, comparada con la que ocurre en las extremidades del cuerpo, pero es significativa, ya que este período de aceleración marca el momento más favorable para tratar la mayoría de los problemas ortopédicos. Hay que predecir la naturaleza y tiempo de la manifestación del crecimiento puberal para el planeamiento de la terapia ortodóntica (Faini, 1988).

El crecimiento craneofacial está afectado por la diferencia entre las curvas de crecimiento neural y de crecimiento general del cuerpo, ocupando una posición intermedia. La aceleración del crecimiento general del cuerpo que se observa en la pubertad está también relacionada con la maduración sexual. El indicador más directo es la menarca en la mujer, y sin embargo, cuando ya ha ocurrido, también la mayor parte del crecimiento esquelético ya ha sucedido (Faini, 1988).

Las personas suelen presentar períodos de crecimiento, donde estos varían en cuanto al sexo y en relación con la edad cronológica. Esto determina la velocidad y duración del proceso de crecimiento. Por lo general, el brote de crecimiento puberal se inicia

en las niñas, entre los 10 y 12 años, y en los varones, entre los 12 y 14 años, con un margen de variación de 3-6 años. Se habla de Trastornos del Ritmo de Crecimiento cuando se produce una desviación de ± 2 años entre la edad cronológica y la biológica (Faini, 1988).

Características sexuales en relación a la maduración.

En la etapa puberal existen diferencias entre ambos sexos en relación a la aparición de características sexuales secundarias y cambio morfológicos corporales, siendo estos más precoces en las niñas. Tanner ha descrito clínicamente cinco grados de desarrollo puberal, que en el sexo femenino ocurre en la mama, vello púbico y genitales externos, y de crecimiento peniano, testicular y vello púbico en el varón, clasificándolos en grados del 1 al 5. En el hombre el primer desarrollo sexual es el crecimiento testicular y en la mujer la presencia de botón mamario (grado 2). Autores como Bjork y Valenzuela establecen que la menarquia ocurre al final de la pubertad, mientras que Patri, determina que la menarquia se presenta a los 12 años y 9 meses, que de acuerdo a los grados de Tanner corresponde al 4 y 5. (Urzúa, 2005)

En el estudio de Clinton (1932), donde se evaluaron a 22 pacientes con características hipogonadales, a mujeres entre las edades de 16 a 50 años de edad que nunca habían menstruado, mientras que en los hombres se tomó en cuenta las manifestaciones sexuales secundarias, el crecimiento de vello púbico y axilar, la barba, el cambio del tono de voz, y el crecimiento y desarrollo de los genitales. Se encontró que el largo de las piernas era mayor en relación al largo del torso y a la evaluación radiológica de la mano se evidenció un retardo en el crecimiento de la epífisis del cúbito y del radio. Además las epífisis presentaron una madurez retrasada en cuanto a la edad cronológica, habiendo una falta de unión con sus huesos vecinos. En cambio en un caso en el que una niña que a los 9 años de edad ya había menstruado, presento a la

radiografía de mano una unión completa de las epífisis de los metacarpos y falanges con sus respectivos hueso, siendo categorizado en cambio por una patología hipergonadal (Clinton, 1932).

Demirjian (1985), investigó la interrelación que existe entre las medidas somáticas (aparición del sesamoideo), esqueléticas, dentales y la madurez sexual. Por lo que obtuvo como resultado que no existió correlación entre el 90% de madurez dental y la menarca, mientras que el PIC, la menarca y el 75% de madures del esqueleto se correlacionan directamente. Existe una mayor correlación entre la edad de la menarquia y el PIC. Por otro lado, la aparición del sesamoideo indicó que ya se presentaba el 75% de madurez esquelética, estando además relacionadas con la edad del PIC y la menarca. Con lo que concluyo que los mecanismos de control del desarrollo dental son independientes de la madurez somática y sexual (Demirjian & Buschang, 1985).

Hormonas de crecimiento.

Durante la pubertad aparecen los caracteres sexuales secundarios, los cuales indican un aumento de la velocidad de crecimiento hasta alcanzar la talla final y la capacidad de fertilidad y reproducción del individuo. Estos cambios son consecuencia de la activación del eje hipotálamo-hipofisario-gonadal, que origina la secreción de la hormona hipotalámica liberadora de las gonadotropinas o gonadorelina (LHRH o GnRH) que a su vez induce un aumento en la síntesis y secreción de gonadotropinas adenohipofisarias (luteinizante o LH y foliculoestimulante o FSH), que provoca la estimulación de la secreción de esteroides sexuales gonadales, en el ovario o en el testículo. Se puede encontrar en varias formas, y se transporta en el torrente sanguíneo ligado a proteínas transportadoras. Una vez que circula en la sangre se

une a receptores específicos de las células de múltiples tejidos (Escuela Andaluza de Salud Pública, 2006) (Ceglia, 2005).

La secreción de la hormona de crecimiento estimula la síntesis de otras sustancias denominadas factores de crecimiento. Durante el día se producen pequeños picos de secreción, pero durante la noche esta aumenta, es decir, durante el sueño. Estas actúan estimulando la síntesis de ADN en varios tipos de células (Ceglia, 2005).

Uno de los factores que regulan el crecimiento es la nutrición de la persona. Ya que el alimento proporciona calorías y proteínas, lo cual estimula la acción de la hormona de crecimiento. Existe mayor riesgo de hipocrecimiento de origen nutricional que de tipo hormonal. En cuanto a las diferencias sexuales, los varones en condiciones normales utilizan mejor la energía, pero ante la falta de nutrientes son las mujeres las que mantienen una mayor estabilidad por lo que los efectos adversos sobre el crecimiento es menor. Por lo tanto, ante una mala alimentación hay como consecuencia un enlentecimiento o puede llegar a parar el crecimiento (Ceglia, 2005).

Indicadores de crecimiento.

Existe un gran número de técnicas que poseen indicadores de crecimiento para establecer el estado de maduración óseo del paciente. Dentro de estos se puede usar el de la Dra. Carmen Nola, el cual consiste en los indicadores dentarios, donde se mide los estadios de calcificación de los dientes permanentes. Relacionado al tema también se encuentra el estudio del Dr. Demirjan donde se consideraba el grado de longitud radicular dentro de la dentición permanente. Mientras que Bjork relaciona la erupción de los dientes permanentes con respecto a la curva de crecimiento corporal general estableciendo fases dentarias (Urzúa, 2005).

En un estudio, Nanda (1960) encontró que no existe correlación entre el tiempo de la maduración dental y el PIC puberal. Además se definió que existe una estrecha

relación entre el estirón puberal del cuerpo, en altura, con el crecimiento de la cara, permitiendo inferir que el patrón de crecimiento de la cara humana tampoco se correlaciona significativamente con la erupción de los dientes. Dicha condición, es de suma importancia a considerar en el diagnóstico y tratamiento de las maloclusiones (NANDA, 1960).

Maduración esquelética. Edad ósea.

Dentro de la ortodoncia, es de suma importancia la medición del desarrollo físico y la apreciación de la edad esquelética. Se ha reportado una estrecha relación entre la edad en la que aparece el pico de crecimiento óseo y la calcificación en el esqueleto de la mano y la muñeca. Esta información es de gran utilidad en el diagnóstico ortodóncico y para el establecimiento de un apropiado plan de tratamiento, donde es necesario estimar si el crecimiento está en fase activa o no (Saturno, 2007).

Determinar la maduración esquelética resulta una herramienta de diagnóstico que se utiliza actualmente para saber en qué fase del crecimiento puberal se encuentra un individuo. Se puede realizar con la ayuda de una radiografía de mano y muñeca esta evaluación. La edad biológica, edad ósea y la maduración esquelética son términos parecidos, que son utilizados para describir las etapas de maduración ósea de una persona. Debido a las variaciones individuales en la fecha, la duración y la velocidad de crecimiento, la evaluación de la edad ósea es esencial en la formulación de planes de tratamiento dentro de una ortodoncia (Hassel & Farman, 1995).

La evaluación de la maduración ósea consiste en la inspección visual sobre radiografías para determinar el grado de desarrollo en los huesos. Entre estos se encuentra varios centros de osificación del esqueleto, tales como: la mano y la muñeca, pie, el tobillo, la cadera, el codo y las vértebras cervicales, que pueden ser usados. El desarrollo del esqueleto ha sido más comúnmente determinado utilizando

radiografías de mano - muñeca y cefalometrías laterales. Sin embargo, el uso de tales radiografías ha sido cuestionado debido a la radiación, ya que requiere que los pacientes sean sometidos a radiación adicional (Jacome Lopes & de Oliveira Gamba, 2016).

Anatomía de la muñeca y mano.

Cada mano posee 27 huesos:

- a. 8 huesos en el carpo
 1. Trapecio
 2. Trapezoide
 3. Escafoides
 4. Semilunar
 5. Hueso grande
 6. Hueso ganchoso
 7. Piramidal
 8. Pisiforme
- b. 5 huesos metacarpianos:
- c. 14 huesos falanges

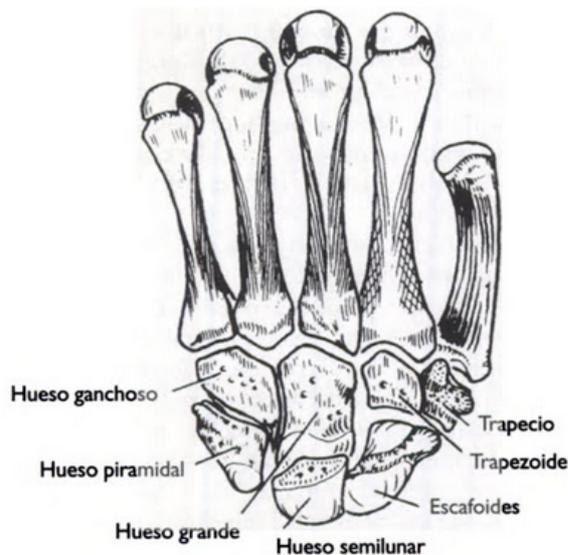


Figura 4: Hueso del carpo y metacarpo de la mano izquierda (Sinnatamby, 1999).

Metacarpianos.

El metacarpo está formado por cinco huesos llamados metacarpianos, uno en cada dedo y numerados en secuencia a partir de la zona lateral. Son huesos largos que cuentan con una base cuadrilátera proximal, una diáfisis y una cabeza redonda distal. Las variaciones en la forma de sus bases proporcionan un medio para distinguirlos. La base del primer metacarpo presenta una superficie articular en forma de silla de montar que se articula a una superficie correspondiente en el trapecio. La base del segundo metacarpo se articula con el trapecio, el trapezoide y el hueso grande. La base del tercer metacarpo posee una única articulación con el hueso grande. Las bases del cuarto y quinto metacarpianos se articulan con el ganchoso. Las bases del segundo al quinto metacarpianos también se articulan con los metacarpianos adyacentes y presentan carillas articulares cuando asumen posiciones adecuadas (Nigle & Field, 2000).

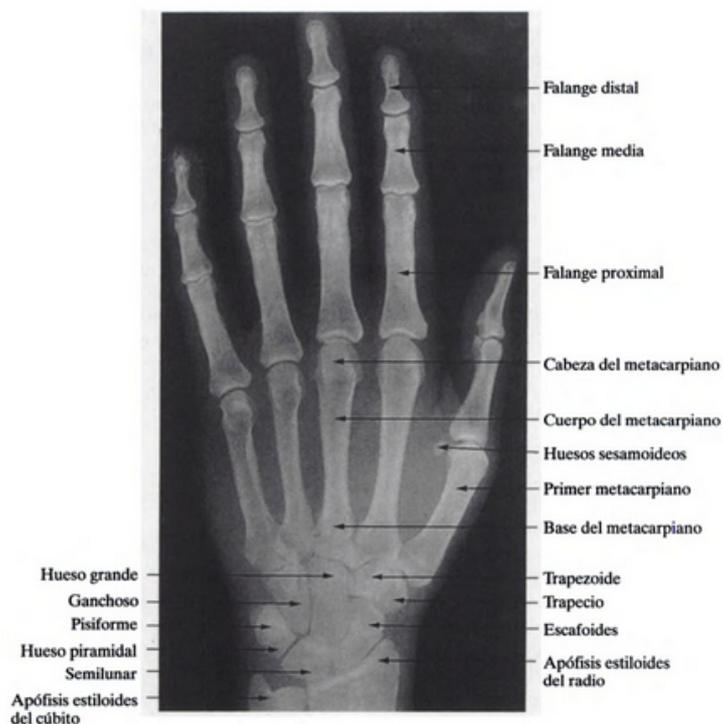


Figura 5: Radiografía de la mano y muñeca derecha (Palastanga, Field, & Soames, 2000)

Hueso sesamoideo.

El pisiforme es un hueso sesamoideo dentro del tendón del músculo flexor cubital del carpo, se localiza dentro del carpo como un elemento funcional de su esqueleto. En el pulgar hay un par de huesos sesamoideos que se articulan con la superficie flexora de la cabeza del metacarpo. El del lado radial se sitúa dentro del tendón del músculo flexor corto del pulgar y el del lado cubital, en el tendón del músculo aductor del pulgar. Los huesos sesamoideos suelen hallarse también en las otras cabezas de los metacarpianos, sobre todo en el V y II, alojadas en la cápsula palmar de las articulaciones metacarpofalángicas y ocasionalmente, en las articulaciones interfalángicas. Son fibrocartilaginosos en un principio y se osifican por lo general poco después de la pubertad (Sinnatamby, Anatomía de Last Funcional y Aplicada, 2003).

Análisis carpal de Bjork.

Actualmente el examen radiográfico de mano es el más utilizado por ser una zona del cuerpo de fácil acceso, en la cual se requiere una escasa cantidad de radiación para obtener una buena imagen y debido a la gran cantidad de huesos que es posible observar en una pequeña zona (Urzúa, 2005).

La radiografía de mano se ha estandarizado con el fin de poder realizar otra toma en la misma forma. Esta debe ir con la palma y el antebrazo completamente adosados al chasis, los dedos ligeramente separados, siguiendo el dedo medio el eje mayor del antebrazo y el pulgar a unos 30° del índice. Además el rayo del equipo debe tener una dirección perpendicular a la película, pasando por la parte más distal del tercer metacarpiano. La distancia entre la fuente emisora de rayos y el chasis varía según los autores entre 76 a 100 cm (Urzúa, 2005).

Tiempo atrás existía la incertidumbre de qué mano elegir para la toma radiográfica, si la izquierda o la derecha. Los primeros antropólogos durante los años 1906 y 19012

utilizaron más la mano izquierda que la derecha, porque la mayoría de las personas son diestras, por lo que existe un menor riesgo de perder la mano izquierda. No obstante, se han realizado muchos estudios comparando ambas manos y se ha definido que a pesar que existe un desarrollo diferente, no resulta significativo, concluyendo que no habrá algún tipo de error en el estado de maduración esquelética. (Urzúa, 2005)

Nomenclatura.

Dentro de los estadios de maduración ósea existe una nomenclatura para poder identificar en base a letras y símbolos a cada uno de los huesos y en que partes se subdividen. A continuación se detalla esta nomenclatura:

Las falanges se designan con la letra "P" y se les identifican anteponiendo la letra "D" distal, "M" mesial o "P" proximal, según la posición en que se encuentran con relación al metacarpo, esto ocurre en los dedos del 2 al 5, ya que el pulgar no tiene falange medial (Urzúa, 2005).

Se distingue tres estadios de osificación de las falanges

- Primer estadio (=): la epífisis tiene la misma anchura que la diáfisis.
- Segundo estadio (cap): estadio de capuchón, la diáfisis rodea la epífisis a modo de capuchón.
- Tercer estadio (u): estadio de "u" (hace referencia a unidad), a epífisis se osifica con la diáfisis.

Entre los indicadores de madurez del esqueleto de la mano, los huesos que se valoran entre los 8 y los 18 años son:

El radio se coloca la letra R.

El hueso sesamoideo la letra S.

Al hueso Pisciforme se le coloca las letras Pisi.

La apófisis Unciforme se le coloca con la letra H.

Ahora para determinar cada uno de los dedos se los coloca números:

- a. Pulgar = 1
- b. Índice = 2
- c. Medio = 3
- d. Anular = 4
- e. Meñique = 5

Durante la etapa de crecimiento, las falanges, poseen en sus extremos proximales los discos epifisarios, que son los centros de osificación que se desarrollan en los extremos cartilaginosos de los huesos largos y que dan lugar a las epífisis óseas. El disco epifisario en la primera etapa, cuando se observa en una radiografía, presenta con una forma delgada y su ancho es mucho menor que el ancho de la diáfisis correspondiente. Esta etapa se ha decidido denominar como “no equivalente. Conforme va aumentando el grado de osificación, este disco va aumentando su espesor y anchura, hasta alcanzar la máxima anchura en ángulo recto con el eje mayor del hueso. A este estado se le denomina equivalente o lenticular (Urzúa, 2005). En cuanto al hueso sesamoideo ulnar, se lo considera presente al observarse el primer indicio de calcificación. Cuando se produce un aumento bastante lineal de altura en la periferia del disco epifisario, formándose un borde aguzado distalmente y un ángulo redondeado proximalmente, está en la etapa de recubrimiento o capsular. Al ir disminuyendo el espesor del cartílago de crecimiento, se observa un estrechamiento del espacio entre la diáfisis y el disco epifisario, finalmente esta línea radiolúcida desaparece en la etapa de “Unión”. (Urzúa, 2005)

A continuación se identifican los 9 estadios de crecimiento en los dedos que se valoran en relación a la epífisis y las diáfisis relacionadas con el momento en que aparecen

respecto al PIC de crecimiento puberal publicadas por Ustrell Torrente (2011), sobre el análisis realizado por Bjork y Helm (1967):

Primer estadio.

La epífisis de la falange proximal del dedo índice (PP2=) muestra la misma anchura que la diáfisis. Este estadio comienza aproximadamente 1 a 3 años antes del brote de crecimiento puberal.

Segundo estadio.

La epífisis de la falange media del dedo medio muestra la misma anchura que la diáfisis, MP3=. Esta se presenta 1 a 0 años antes del brote de crecimiento.

Tercer estadio.

En esta fase de desarrollo se valora en base a tres características:

Pisi= osificación visible del hueso pisiforme.

H1= osificación de la apófisis unciforme del hueso ganchoso.

R= anchura equivalente de la epífisis y diáfisis del radio.

Cuarto estadio (s y h2).

- Estadio S: inicio de la mineralización del hueso sesamoideo cubital de la articulación metacarpo falángica del pugar.
- Estadio H2: osificación avanzada de la apófisis unciforme del hueso ganchoso.

Este estadio llega poco antes o al inicio del brote de crecimiento puberal.

Quinto estadio (mp3cap pp1cap y rcap).

La epífisis rodea la diáfisis en forma de capucha

- En la segunda falange del dedo medio
- En la falange proximal del dedo pulgar
- En el radio

Este estadio coincide con el brote máximo de crecimiento, es decir entre 0 a 1 año después del brote de crecimiento.

Sexto estadio (dp3u).

Fusión visible de la epífisis y diáfisis de la falange distal del dedo medio. Al alcanzar este estadio evolutivo finaliza el brote de crecimiento. Aparece entre los 1 a 2 años después del brote de crecimiento.

Séptimo estadio (pp3u).

Fusión visible de la epífisis y diáfisis de la falange proximal del dedo medio. Aparece a los 2 años después del brote de crecimiento.

Octavo estadio (mp3u).

Fusión visible de la epífisis y diáfisis de la segunda falange del dedo medio. Aparece entre los 2 o 3 años después del brote de crecimiento.

Noveno estadio (ru).

Osificación completa de la epífisis y diáfisis del radio. Al alcanzar este estadio finaliza la osificación de todos los huesos de la mano y a su vez el crecimiento óseo. Aparece entre los 3 a 4 años después del brote de crecimiento.

De acuerdo al autor (Urzúa, 2005) existen 7 estadios para el análisis de radiografía de mano de Bjork para identificar las etapas de maduración ósea en el siguiente orden.

PP2=	-3 a -1 años
MP3= S PP1cap	-1 a 0 años
MP3cap	0 a +1 años
DP3u	+1 a +2 años
PP3u	+2 años
MP3u	+2 a +3 años
Ru	+3 a +4 años

Figura: 6 estaios de Bjork y Helm (Urzúa, 2005)

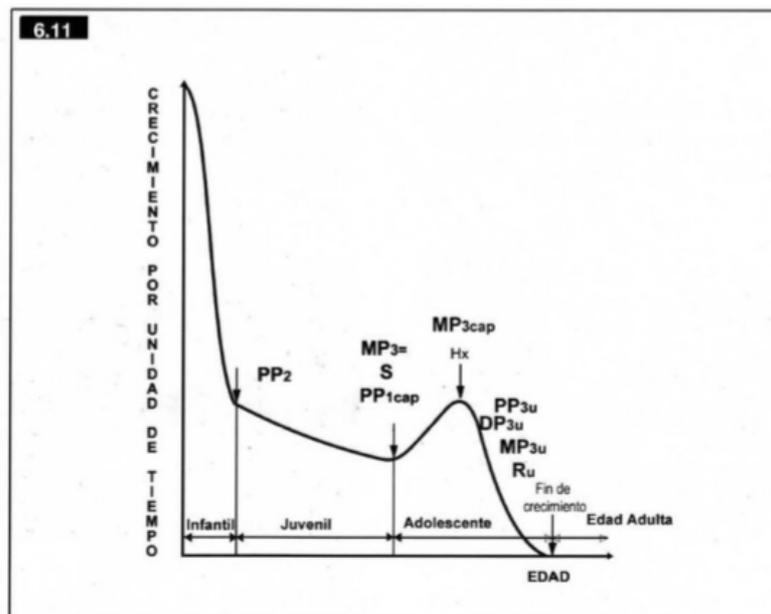


Figura 7: Curva de Bjork (Urzúa, 2005)

En una publicación realizada en abril de 1967, por Bjork con el título; “Prediction of the Age of Maximum Puberal Growth in Body Height”, identificó que existe correlación entre el máximo crecimiento puberal en la altura del cuerpo con la osificación del ulnar

sesamoideo en la articulación metocarpofalangeal del pulgar, la primera menstruación en mujeres, y dos etapas dentales, la primera DS4 donde todos los caninos y premolares han erupcionado en su totalidad y la segunda DS M2 donde los segundos molares han erupcionado en su totalidad.

En los resultados se observó que el máximo crecimiento puberal ocurrió 18 meses antes en las mujeres que en los hombres, mientras que la osificación del sesamoideo apareció 21 meses antes en las mujeres. Por otro lado, la diferencia entre sexos en el desarrollo dental fue menor, ya que DS4 (primer premolar) fue 2 meses antes y DSM2 (segundo molar) fue solo 6 meses antes en mujeres. Por lo que las diferencias entre sexos fue estadísticamente significativa mayor en la osificación del sesamoideo que en el desarrollo dental. (Bjork & Helm, 1962)

MATURATION STAGES IN YEARS AND MONTHS

	Mean	Error of the Mean	Standard Deviation	Range
<i>32 Boys</i>				
Max. height (H)	14-0	0-1.93	0-10.93	12-5 to 15-10
Sesamoid (S)	13-3	0-1.99	0-11.23	11-0 to 15-6
DS 4	12-11	0-3.10	1-5.54	10-7 to 16-6
DS M ₂	14-1	0-2.79	1-3.78	11-1 to 17-4
<i>20 Girls</i>				
Max. height (H)	12-6	0-2.27	0-10.13	11-2 to 14-4
Sesamoid (S)	11-6	0-2.31	0-10.32	10-2 to 13-4
DS 4	12-9	0-4.14	1-6.51	10-10 to 16-4
DS M ₂	13-7	0-3.80	1-5.00	11-0 to 16-4
Menarche (M)	13-11	0-2.68	0-11.98	11-6 to 15-6

Figura 8: (Bjork & Helm, 1962)

En este mismo estudio, el sesamoideo apareció en un promedio de 12 meses antes de entrar al punto máximo de crecimiento en las niñas y 9 meses antes en los niños. La aparición del sesamoideo indica que el máximo crecimiento puberal está sucediendo o a punto de suceder. En la menarca, el PIC ocurre en las mujeres 17 meses antes de que aparezca, pero en algunos casos se presentó en el mismo año o

después, lo que permitió inferir que el máximo crecimiento puberal está sucediendo o ya paso. En cuanto a la formación dental en los hombres DS4 (caninos y premolares) se completó un año antes del PIC, mientras que en las mujeres se presentó al mismo tiempo. En el caso de DSM2 (todos los segundos molares) en los niños coincidió con el máximo crecimiento y las niñas un año después (Bjork & Helm, 1962).

Se concluyó que existe una alta correlación entre el PIC, la edad de osificación del sesamoideo y con la primera menstruación. El sesamoideo no se osificó antes del máximo crecimiento puberal, sino un año antes de que aparezca. La menarca aparece pocos años después de crecimiento puberal. Mientras que el desarrollo dental tiene un bajo valor de criterio sobre la pubertad, siendo DS4 que llega al plano oclusal para el sexo femenino mientras que DSM2 con su completa erupción para el masculino. (Bjork & Helm, 1962)

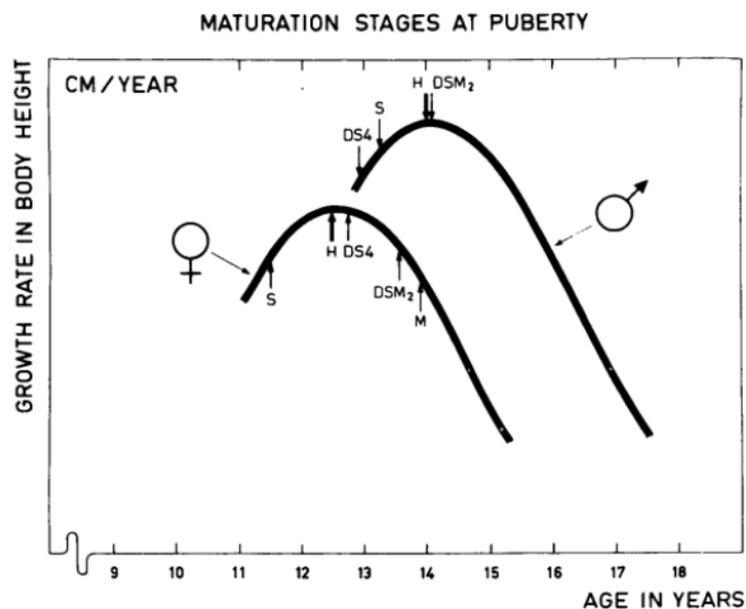


Figura 9 Estados de maduración en la pubertad (Bjork & Helm, 1962)

Maduración esquelética de Leonard S. Fishman.

Fishman (1982), en su estudio de maduración esquelética, tomó como estudio la radiografía de mano. Creo 4 estadios de maduración ósea con 6 sitios anatómicos localizados en: el pulgar, el tercer y quinto dedo, y el hueso radio como se muestra en la figura 5 (Fishman, 1982).

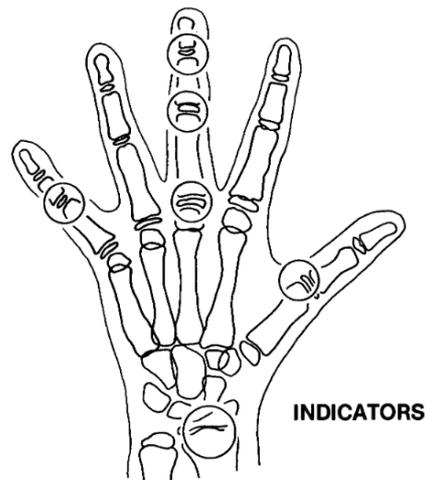


Figura 10: Sitios de indicadores de maduración esquelética (Fishman, 1982).

La secuencia de estas cuatro etapas de maduración ósea, localizadas en las seis sitios mencionados anteriormente, tiene un orden progresivo que pasa a través de: el ensanchamiento de las epífisis en selectas falanges, la osificación del sesamoideo aductor en el pulgar, el estadio de campana de ciertas epífisis sobre sus diáfisis, y culmina con la fusión de la diáfisis con la epífisis (Fishman, 1982).

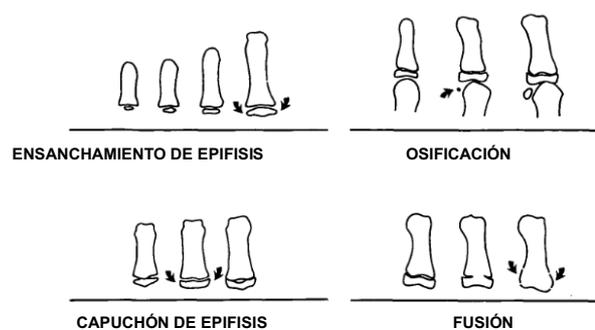


Figura 11: Identificador radiográfico de la maduración esquelética (Fishman, 1982).

El ensanchamiento de la epífisis es progresivo, ya que aparece como un pequeño centro de osificación central localizado en la diáfisis que va desarrollándose en sentido lateral. La osificación del sesamoideo, aparece primero como un centro de osificación pequeño y relativamente redondo, que se encuentra en la unión de la epífisis y diáfisis de la falange proximal. Poco a poco, se va haciendo progresivamente más grande y denso. La nivelación ocurre en la transición entre el ensanchamiento inicial y la fusión de la epífisis y la diáfisis. En este paso los bordes laterales redondos de las epífisis comienzan a aplanarse hacia la diáfisis. La fusión entre la diáfisis y epífisis presenta una continuidad de la superficie de unión. (Fishman, 1982)

Indicadores de maduración ósea.

Dentro del análisis de Fishman, existe un análisis sistemático que permite determinar en qué estadio se encuentra el individuo. Contiene once fases que parten en primera instancia desde la cuarta, para determinar si está presente o no el PIC puberal. A continuación se enuncia las once fases seguido por las figuras 7 y 8 que muestra el mapa del análisis.

Ancho de la epífisis tan ancho como la diáfisis.

1. Tercer dedo: falange proximal.
2. Tercer dedo: falange medial.
3. Quinto dedo: falange medial

Osificación

4. Sesamoideo del pulgar.

Nivelación de la epífisis

5. Tercer dedo: falange distal.
6. Tercer dedo: falange medial.
7. Quinto dedo: falange medial.

Fusión entre la epífisis y la diáfisis

8. Tercer dedo: falange distal.
9. Tercer dedo: falange proximal.

10. Tercer dedo: falange medial

11. Radio.

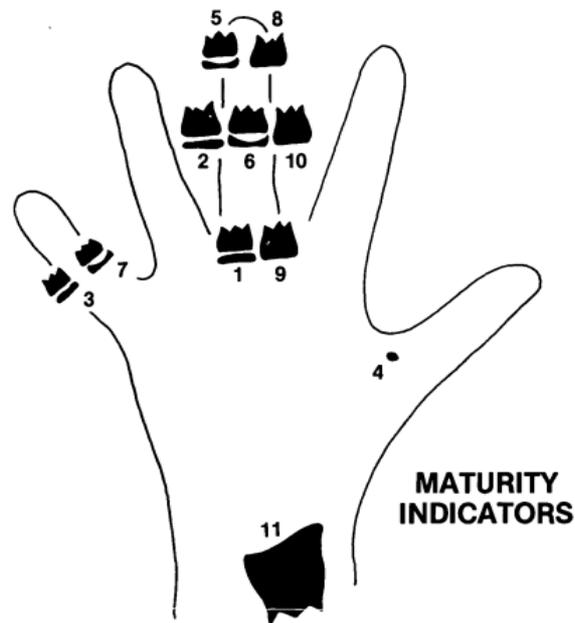


Figura 12: Once indicadores de maduración esquelética (Fishman, 1982),

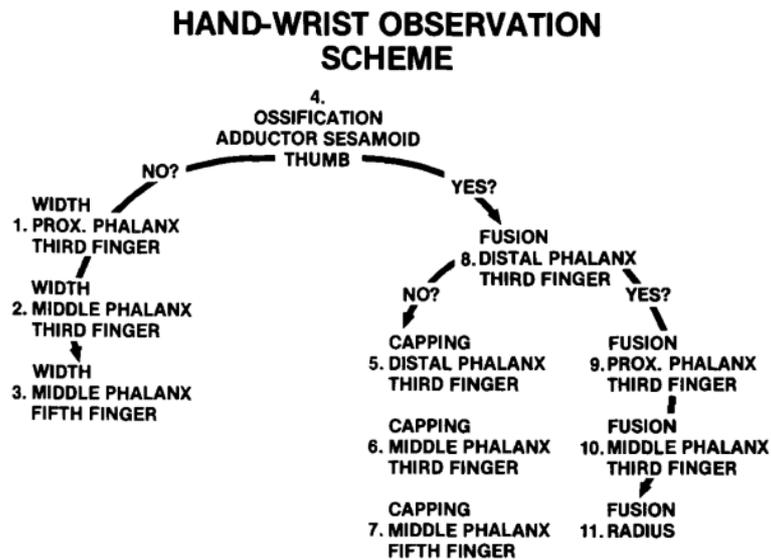


Figura 13: Esquema para la evaluación de los indicadores de maduración ósea en una radiografía de mano-muñeca (Fishman, 1982).

Luego estos indicadores de maduración ósea, con siglas SMI, en base a estudios longitudinales y transversales se verifica la velocidad de crecimiento. Lo cual

demuestra que existen aceleraciones y desaceleraciones en el rango de crecimiento que están asociados a la alteración concomitante en el avance del desarrollo de la maduración. Por otro lado, se encontró que las mujeres mostraron mayores velocidades de crecimiento y una maduración más temprana, en la estatura y el maxilar, mientras que las velocidades de maduración de la mandíbula fueron mayores en los hombres. También después del pico de crecimiento, la velocidad de crecimiento disminuye más rápido en las mujeres que en los hombres. (Fishman, 1982)

Cefalometría de Harvold.

Egil Harvold (1974), realizó su estudio sobre pacientes de raza blanca en el Centro de Crecimiento Burlington (Burlington Growth Center), de la Universidad de Toronto, Canadá. Este centro posee una gran base de datos de pacientes, entre los cuales 1258 niños, que representaban el 90% de la población infantil de esta ciudad. De los cuales 804 niños fueron seleccionados, diferenciándolos entre 454 hombres y 350 mujeres (Zamora & Duarte Inguanzo, 2003).

Fueron divididos en grupos por edades entre: 6, 9, 12, 14, 16 años, para obtener medidas cefalométricas en las diferentes edades cronológicas, en base a lo cual se obtenía las normas y las desviaciones estándar de la población.

Puntos cefalométricos

Existen siete puntos que son localizados en este cefalograma para determinar las relaciones verticales y sagitales, óseas y dentales, sobre una radiografía lateral de cráneo. Entre estos puntos, los que se van a tomar en cuenta para la medición de la longitud mandibular y maxilar en este estudio son (Zamora & Duarte Inguanzo, 2003):

1. Condilion (CO): punto más postero – superior del cóndilo.
2. Espina Nasal Anterior: se encuentra ubicado en el punto más anterior del proceso espinoso de ambos maxilares, en el piso de las fosas nasales.

3. Pogonion (Pg): es el punto más prominente ubicado en la parte anterior de la sínfisis mentoniana.

Una vez localizados los puntos cefalométricos, estos son unidos en planos lineales. Entre los planos que se utilizarán para este estudio son (Zamora & Duarte Inguanzo, 2003):

1. Posición anteroposterior de la maxila (Co-Ena): esta es la medida en milímetros entre el punto Co-Ena, donde la norma es de 100 mm con una desviación estándar de ± 4.17 mm. Si los datos son mayores indica una maxila adelantada mientras que los menores una maxila retrasada.
2. Posición anteroposterior de la mandíbula (Co-Pg): es la distancia entre la parte posterior de la fosa glenoidea y el pogonion, donde la norma es de 127 mm y la desviación estándar es de ± 5.25 . Al igual que el anterior, valores aumentados indica una hiperplasia mandibular, mientras que menores es una hipoplasia o retrognatismo mandibular.

Como el autor hizo mediciones a diferentes edades sobre estos planos, obtuvo medias y las desviaciones estándar como se muestra en la tabla # 1 a continuación (Zamora & Duarte Inguanzo, 2003):

Tabla 1: Análisis de Harvold (Zamora y Duarte Inguanza, 2003)

ANÁLISIS DE HARVOLD (Zamora & Duarte Inguanzo, 2003)				
Tabla #1 de normas de acuerdo con la edad y sexo				
Medida	Hombres	D.S.	Mujeres	D.S.
7 años				
Posición ant-post del Maxilar (Co-Ena)	82	± 3.19	80	± 2.96
Posición ant-post de la mandíbula (Co-Pg)	99	± 3.05	97	± 3.55
9 años				
Posición ant-post del Maxilar (Co-Ena)	87	± 3.43	85	± 3.43
Posición ant-post de la mandíbula (Co-Pg)	107	± 4.40	105	± 3.88
12 años				

ANÁLISIS DE HARVOLD (Zamora & Duarte Inguanzo, 2003)				
Posición ant-post del Maxilar (Co-Ena)	92	±3.73	90	±4.07
Posición ant-post de la mandíbula (Co-Pg)	114	±4.90	113	±5.20
14 años				
Posición ant-post del Maxilar (Co-Ena)	96	±4.62	92	±3.69
Posición ant-post de la mandíbula (Co-Pg)	121	±6.05	117	±4.60
16 años				
Posición ant-post del Maxilar (Co-Ena)	100	±4.17	93	±3.45
Posición ant-post de la mandíbula (Co-Pg)	127	±5.25	119	±4.44

Metodología y diseño de la investigación

Este es un estudio longitudinal descriptivo. Los datos longitudinales de este estudio son esenciales para derivar información del crecimiento del maxilar y la mandíbula y la velocidad de crecimiento sobre específicos períodos de tiempo.

En esta investigación, se tomó como fuente los pacientes del Burlington Growth Centre, de la Universidad de Toronto, Canadá. Se tomó en cuenta radiografías laterales de cráneo (cefálicas) y radiografías de mano-muñeca. El rango de edades seleccionadas para esta investigación es desde los 9 a 16 años de edad, con los siguientes intervalos: 9, 12, 14, 16 años de edad, ya que el crecimiento puberal en el maxilar y la mandíbula aparece durante este período. Además se diferenció los pacientes entre sexo masculino y femenino.

El Burlington Growth Center, fue iniciado por el Dr. Robert Moyers en el año de 1952, cuando Burlington tan solo era un pueblo con una población de 9000 habitantes. El grupo racial predominante eran caucásicos y en su mayoría anglosajones. Las edades específicas que se tomaron en cuenta para estudios fueron 3, 6, 8, 10 y 12 años de edad. Esto dio como resultado que representaban aproximadamente el 90% de la ciudad en este grupo etario. También existen dentro del centro de investigación archivos de 111 hermanos del grupo original antes mencionado y 312 padres, dando un total de 1681 participantes. (Popovich, 1957).

La recolección de datos fue financiada por el Departamento Federal de Salud y Bienestar (Grant 605-7-299), administrado por la Provincia de Ontario, a través de la Universidad de Toronto. El objetivo inicial fue probar la eficiencia y rentabilidad de los procedimientos de tratamiento ortodóncico interceptivo. A medida que avanzaba el

estudio, la importancia de las muestras no tratadas y de control como un registro del crecimiento y desarrollo normales se hizo cada vez más evidente.

Descripción de los registros.

Los registros fueron tomados los meses más cercanos al mes de nacimiento y estos contienen lo siguiente (Popovich, 1957):

1. Historia clínica, consta de tres páginas sobre historia dental y médica. Esta información fue recolectada por datos proporcionados por las madres de los niños. Con el diagnóstico, hábitos, enfermedades de la niñez, fondo étnico, detalles de cualquier tratamiento ortodóncico dado en el BGC y fotografías.
2. Examinación clínica, para evaluar el crecimiento y la oclusión.
3. Una radiografía de muñeca para determinar el índice carpal.

Seis radiografías cefalométricas empleando la técnica de alto kilovoltaje. En estas incluye tres radiografías laterales, una en posición de reposo, otra en oclusión y otra a boca abierta; dos radiografías oblicuas (de lado derecho e izquierdo, a 45 grados); y una en posición antero-posterior. El aumento radiográfico en los datos cefalométricos es del 9,84%.
4. Impresiones y registro de mordida para modelos dentales.
5. Si era necesario se tomaron radiografías periapicales.
6. Registros de peso y altura.
7. Registros electromiográficos se aplicaron para algunas personas.

Estos registros se obtuvieron anualmente en los niños originales de 3 años; a las edades de 9, 12, 14, 16, 20 años en los niños originales de 6 años de edad; y de 12 y 20 años en los niños de 12 años de edad original. Recientemente la muestra original de 3 años se había ampliado a 40 años y los padres a 70 años. Hasta la fecha hay

8.000 conjuntos de registros y 46.746 cefalogramas en el archivo. La muestra es, por tanto, una de las colecciones más importantes del mundo de datos craneofaciales y oclusales de crecimiento y desarrollo, y el Centro de Crecimiento Burlington es una de las pocas instalaciones disponibles a nivel mundial que alberga una muestra serial y transversal de crecimiento craneofacial a largo plazo.

Además, la muestra se encuentra dividida en 6 grupos de estudio (Hunter, Baumrind , & Moyers, 1993):

- SE - Serie Experimental a la edad de 3 años (N = 312): Registros tomados anualmente desde la edad de 3-20 años, siempre que sea posible. Cualquier niño en este grupo que necesitaba tratamiento ortodóntico fue tratado en el BGC.
- C-6 - Control en serie a los 6 años (N = 295): registros realizados a las edades de 6, 9, 12, 14, 16 y 20. No se administró tratamiento en el BGC, algunos niños en este grupo y el resto de los grupos control tuvieron tratamiento por ortodoncistas privados. No se dispone de información específica sobre dicho tratamiento.
- C-8 - Control a los 8 años (N = 219): Registros realizados a los 8 años.
- C-10 - Control a los 10 años (N = 217): Registros a la edad de 10 años, con algunas otras edades.
- C-12 - Control a la edad de 12 años (N = 215): Registros a la edad de 12 años y aproximadamente la mitad de nuevo a los 20 años con algunas otras edades.

A continuación se muestra una tabla elaborada por Hunter, Baumrind , & Moyers (1993) donde se detalla que pacientes recibieron o no tratamiento ortodóntico, la clasificación de los grupos etarios y por sexo.

Tabla 2: Muestra de BGC por Sexo y Número de Tratados

Table I. The various samples of the Burlington Ontario Research Centre, by sex and number treated (The numbers shown are for the initial age. There are fewer than 100 sets for each sex at ages 16 and 20 years for any of the controls)

	<i>Males</i>	<i>Females</i>	<i>Total</i>	<i>Number treated</i>
Serial Experimental 4-20	167	136	303	208
Control 6, 9, 12, 14, 16, 20	168	129	297	59
Control 8, 16, 20	96	123	219	40
Control 10, 16, 20	111	106	217	29
Control 12, 20	113	99	212	45
Sibs	29	43	72	
Parents	<u>151</u>	<u>161</u>	<u>312</u>	
TOTAL	835	797	1632	

Diseño y metodología del estudio.

Como criterios de inclusión se tomó en cuenta a los niños que no recibieron tratamiento, ya que a estos pacientes del grupo C-6 no se les administró tratamiento en el BGC. Algunos niños en este grupo y el resto de los grupos control tuvieron tratamiento por ortodoncistas privados. De estos pacientes no se hubo información específica sobre dicho tratamiento, por lo tanto se excluyeron 59 pacientes que recibieron tratamiento. Además de este grupo C-6 se seleccionó las edades de 9, 12, 14 y 16 años, ya que el crecimiento puberal en el maxilar y la mandíbula aparece durante este período.

La muestra seleccionada para este estudio fue de 39 pacientes y se la consiguió con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N}{(N-1) \left(\frac{e}{z \frac{\alpha}{2}} \right) + 1} = \frac{1681}{(238-1) \left(\frac{0.05}{1.95} \right) + 1} = 38,71 = 39$$

A pesar que la formula dio como resultado 39 pacientes, se decidió aumentar la muestra a 40 para que se pueda elegir 20 pacientes femeninos y 20 masculinos y el estudio se vuelva parejo.

Para poder usar la base de datos del Burlington Growth Centre que se encuentra publicada en la página de la AAOF

(http://www.aaoflegacycollection.org/aaof_home.html), se llenó dos formularios. El primero es la Aplicación de las Reglas de BGC (BGC RULES APPLICATION), que contiene las reglas de regulación para el uso de los datos de BGC, además un formulario de aplicación para la investigación, donde se indica: el título de la investigación, una breve descripción de la propuesta de investigación, la cantidad exacta de los registros a utilizar y cuales se van a usar. Y el segundo formulario fue el acuerdo de la base de datos del BGC (BGC Database Agreement), que de igual manera contiene una información general del BGC y las condiciones para evitar la redistribución de los registros donde constó las firmas del investigador (José Luis Domínguez Loaiza) y del supervisor o director del Posgrado de Ortodoncia (Dr. Gerson Cabezas) (referirse a los formularios en los Anexos).

Una vez que fue aprobada la propuesta de investigación por parte del Dr. Suri, que es el director a cargo del BGC, de la Universidad de Toronto, Canadá. Se informó a la AAOF (Dr. Sean Curry) para que los registros radiológicos sean enviados. Las radiografías cefálicas y de mano-muñeca fueron enviadas mediante la plataforma AAOF FTP Server. Esta permitía descargar las radiografías en archivos .tif que podían ser abiertos como fotografías digitales.

Una vez descargadas las radiografías se procedió a hacer las mediciones cefalométricas, usando el análisis cefalométrico de Harvold, que permite medir la longitud del maxilar y la mandíbula de las 160 radiografías cefálicas.

Primero se localizó los dos puntos anatómicos que al unirlos forman planos longitudinales, es decir, dos puntos por maxilar y dos por mandíbula. Los puntos Condilion y Espina Nasal Anterior, al unirlos forman un plano llamado Posición anteroposterior de la maxila. Mientras que para la mandíbula se localizó los puntos anatómicos Condilion y Pogonion que dio como plano Posición anteroposterior de la

mandíbula. Se midió la longitud de cada plano maxilar y mandibular en cada edad (9, 12, 14, 16 años) de cada niño seleccionado para la muestra y se los comparó con las tablas de la Cefalometría de Harvold que tiene valores con normas y desviaciones estándar, que están clasificados en base a las mismas edades seleccionadas para este estudio y son datos obtenidos del mismo BGC (Zamora & Duarte Inguanzo, 2003).

Para hacer las mediciones se tomó en cuenta que las radiografías cefálicas se encontraban en formato digital. Con el fin de identificar adecuadamente los puntos anatómicos o las distancias entre puntos de referencia en las cefálicas de la Colección Legacy de AAOF, se debió conocer la escala de las imágenes. Es por esto que la AAOF envió un manual instructivo que indicaba como se calculaba las escalas de las imágenes de la AAOF Legacy Collection Images. Como se pidió las imágenes en “tamaño completo” de la página Web de la AAOF, las imágenes se encontraban a 300 o 600 dpi (del inglés dots per inch, puntos por pulgada (ppp), que es una unidad de medida de resolución, que es el número de puntos individuales de tinta que un tóner puede realizar en un espacio lineal de una pulgada). A diferencia de las imágenes que eran descargadas directamente de la página de la AAOF Legacy Collection, que se encontraban redimensionadas a 400 pixeles en sentido horizontal en vistas previas y a 800 pixeles en sentido horizontal en imágenes grandes. Este tamaño fue cambiado para que se ajustasen al tamaño de la página web, por lo tanto, no era indicado usar estas imágenes al estar alteradas (AAOF, 2014).

Para poder usar las imágenes que fueron descargadas de AAOF FTP Server, en este mismo manual se indicaba paso a paso como calcular la escala. Indicaba que en cada radiografía cefálica existían fiduciaros, los cuales son marcas de referencia incrustadas en las imágenes digitales, por lo general una en cada esquina, aunque

algunas imágenes pueden tener más. Cada registro radiográfico posee 4 fiduciales llamados A, B, C, D. Se etiquetan comenzando en la esquina inferior izquierda de la imagen y proceden en sentido horario. Cada fiducial era una coordenada que es parte de la imagen que puede utilizarse para calcular la escala de la imagen digital, aunque se haya ampliado o reducido después de la digitalización (AAOF, 2014).

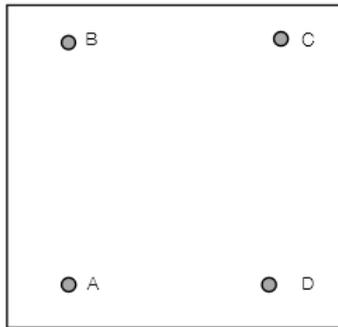


Figura 14: Ubicación determinada Fiducial (AAOF, 2014).

Los fiduciales se colocaron en las películas originales perforando un pequeño orificio redondo. Por lo tanto, se visualizó como pequeños círculos blancos en áreas oscuras de la imagen. En cambio, en las áreas de luz se los veía como ligeros bordes elevados. Existieron algunos pacientes que no fue necesario calcular la escala de las radiografías cefálicas y tampoco localizar los puntos anatómicos, ya que presentaban las coordenadas (localización de un punto determinado en dos dimensiones en el eje de las X y Y) de los puntos cefalométricos necesarios para el cefalograma de Harvold, que se encontraban dentro la página web de la AAOF Legacy Collection, a lo que se denominaba "Landsmark". A estos pacientes fue posible hacer la medición de los planos de la Cefalometría de Harvold del maxilar como la mandíbula directamente con sus coordenadas.

Aplicando la siguiente fórmula del sistema de coordenadas del Teorema de Pitágoras:

$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$, se determinó la longitud de cada plano, introduciendo

en una base de datos de Excel las coordenadas de cada radiografía por edad y diferenciándolos por sexo.

Ya que no todas las radiografías del BGC contenían los Landmark (las coordenadas de los puntos anatómicos), se necesitó calcular la proporción real de las imágenes para realizar las mediciones. Existen tres formas de usar los datos fiduciaros para medir el factor de escala para una imagen individual, de los cuales se eligió uno. En este método, al igual que en los pacientes que poseen Landmark, se utilizó la ecuación del teorema de Pitágoras. Se aplicó las coordenadas de los fiduciaros del BGC en la fórmula y obtuvimos la longitud entre ambos fiduciaros. Luego se midió la distancia de estos dos mismos fiduciaros con una regla en la pantalla del computador, para hacer una relación (división) entre ambos y obtener la proporción real de las imágenes (AAOF, 2014).

Coordenadas fiduciaras en milímetros (AAOF, 2014):

Tabla 3: Coordenadas para Fiduciaros del Burlington Growth Centre (BGC) (mm).

FIDUCIAL	X COORDENADA (mm)	Y COORDENADA (mm)
A	5,6	11,9
B	4,9	233,7
C	280,2	234,5
D	280	13

Por otro lado, se seleccionaron 160 radiografías de mano – muñeca de los mismos pacientes y a las mismas edades para las radiografías cefálicas. Estas fueron analizadas por el método de Fishman (1982), que permite determinar en qué estadio de maduración ósea se encuentra el paciente a sus diferentes edades. Este análisis consta con 11 estadios que permite determinar en qué parte de la curva de crecimiento se encuentran los pacientes. Entre el análisis de Fishman y el aumento de la longitud

de los planos mandibulares y maxilares usados con la Cefalometría de Harvold, se evaluó la relación entre el crecimiento puberal y los maxilares tomando en cuenta el potencial de crecimiento.

Se aplicaron las siguientes pruebas estadísticas paramétricas una vez comprobado la normalidad de los datos: ANOVA, Correlación F de Cohen, prueba de Pearson y Tukey.

El nivel de confianza del estudio fue de 95% ($\alpha = 0.05$)

Análisis de Datos

Para analizar la base de datos obtenida de los pacientes del BGC, de las radiografías de mano-muñeca y cefálicas se demostró que no existían valores atípicos ($p=1$) y los datos siguen una distribución normal (maxilar $p=0.137$ y mandibular $p=0.057$). Además, se aplicó una prueba de correlación de Pearson entre los datos continuos de crecimiento maxilar y mandibular, la cual indicó que no existe correlación entre ambas variables ($p=0$).

Por otro lado, para poder verificar si existe correlación entre las radiografías carpales (discretos) y el incremento longitudinal del maxilar y la mandíbula (continuos) por edad se aplicó la prueba de f de Cohen. En base a esta prueba se obtuvo que existe correlación entre los estadios de maduración ósea según el análisis de Fishman y el crecimiento tanto maxilar como mandibular. Por medio de esta relación identificada, se puede inferir que conforme se va dando el crecimiento maxilar el paciente va avanzando paulatinamente por las fases de maduración; lo mismo se puede decir del crecimiento mandibular. De este modo, se realizó una prueba de análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia del 95% ($\alpha = 0.05$), en donde las variables fueron:

- Factores: Género y Edad
- Variables de respuesta: Crecimiento maxilar y mandibular.

Para aplicar el ANOVA se comprobaron los supuestos de normalidad, igualdad de varianzas y aleatorización de las observaciones. Por tanto, por medio del ANOVA se encontró que existe diferencia significativa entre el crecimiento maxilar y mandibular con respecto al género femenino y masculino y existe diferencia en la edad del

paciente y las variables de respuesta ($p = 0.00$). Adicionalmente, se puede establecer que existe mayor crecimiento maxilar y mandibular en hombres que en mujeres y la edad de mayor crecimiento independientemente del sexo fue entre los 9 a 14 años.

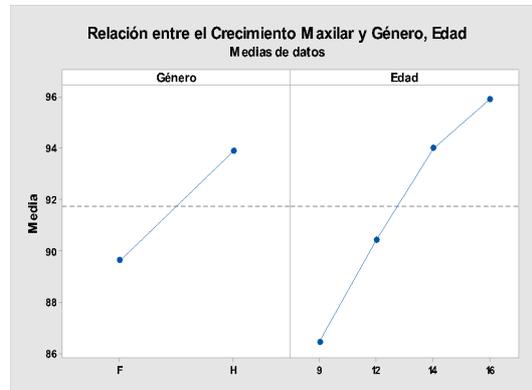


Figura 15: Relación entre el Crecimiento Maxilar y Género, Edad

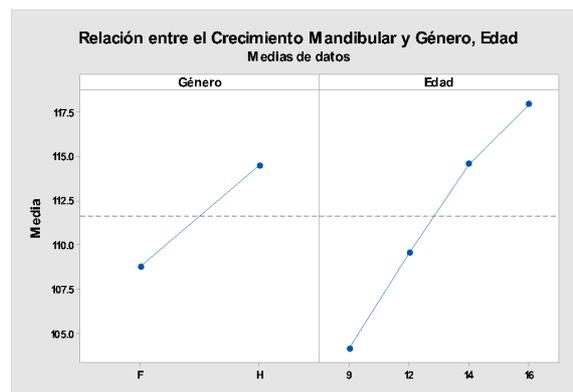


Figura 16: Relación entre el Crecimiento Mandibular y Género, Edad

Adicionalmente se aplicó una prueba de Tukey con el objeto de hacer comparaciones entre las medias de los factores contra la variable de respuesta. En donde se encontró que tanto para el maxilar como la mandíbula existe una diferencia en el crecimiento entre todas las edades excepto entre los 14 y 16 años de edad, la cual se debe a que el crecimiento comienza a decrecer y volverse uniforme y mínimo. Además la prueba de Tukey sirvió para comparar el crecimiento maxilar y mandibular frente al género, en donde se obtuvo que existe diferencia en la media del crecimiento entre mujeres y hombres. También se apreció que el incremento por sexos tanto en el maxilar como en la mandíbula fue de mayor porcentaje en hombres que en mujeres (un incremento

total entre los 9 a 16 años en el maxilar H: 12,51% y M: 9,02%, y en la mandíbula H: 15,51% y M: 9,84%), siendo el crecimiento mandibular el que mayor diferencia entre sexos se evidenció. Esto se debe a que a los 12 años de edad el crecimiento mandibular entre hombres y mujeres fue de porcentaje parecido, pero pasada esta edad los hombres continuaron en incremento mientras que en las mujeres comenzó a disminuir su capacidad de crecer. En el caso del maxilar, el máximo porcentaje de crecimiento fue mayor en mujeres (5,72%) con respecto a los hombres (5,13%), a diferencia que los hombres todavía a los 16 años presentaron potencial de crecimiento (H: 3,62 y M: 0,62).

En el género masculino su crecimiento es por un tiempo más prolongado, mientras que en el femenino alcanza su máximo crecimiento a los doce años (en maxilar y mandíbula) y continua con una disminución acentuada llegando a los 16 años para el maxilar un incremento del 0,62% y en la mandíbula del 1,68%.

También se puede apreciar que los hombres no han terminado de crecer ni en el maxilar ni en la mandíbula a sus 16 años de edad, pero a esta edad es cuando empieza a disminuir su crecimiento. Por lo tanto las mujeres presenta su máximo crecimiento antes que los hombres, con una diferencia aproximada de 2 años y a su vez éstas terminan su crecimiento antes que los hombres.

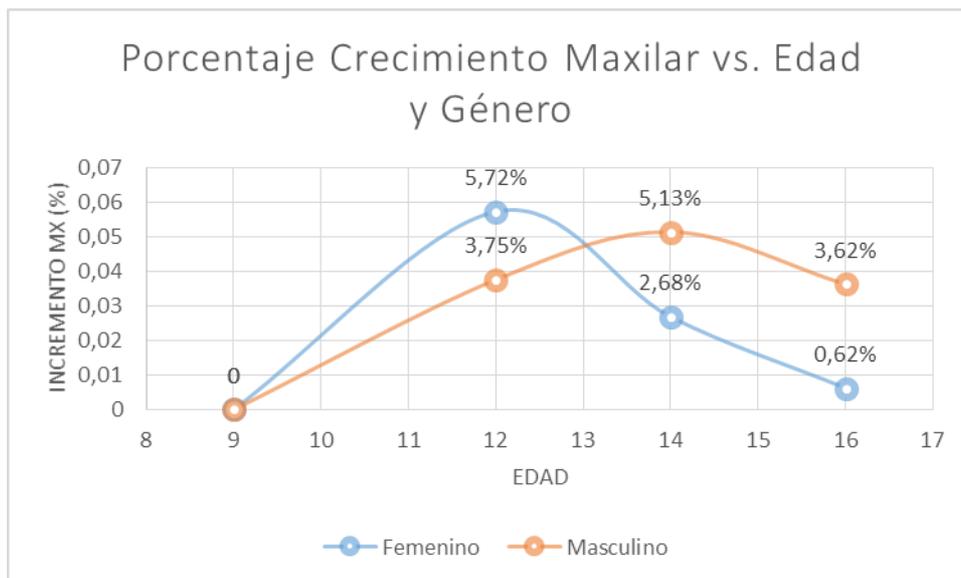


Figura 17: Porcentaje de Crecimiento Maxilar vs. Edad y Género.

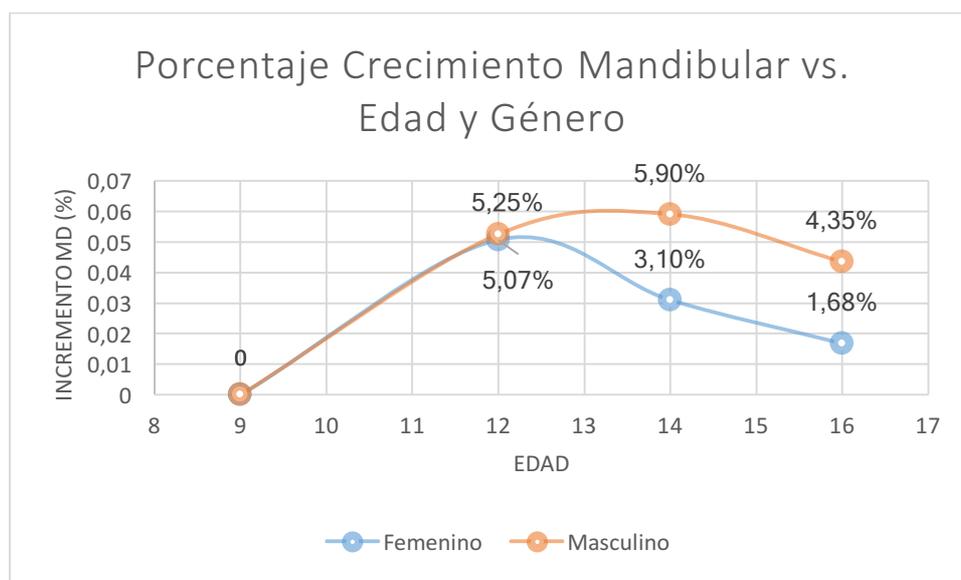


Figura 18: Porcentaje de Crecimiento Mandibular vs. Edad y Género.

Por otro lado, como las edades donde se presentaron el máximo crecimiento fue en hombres a los 14 años, se evidenció que en esta edad se encontraban pacientes entre las fases de Fishman 5 a 8, siendo la fase 6 la más frecuente (61%); mientras que en las mujeres el máximo crecimiento fue a los 12 años, estando las fases en un intervalo de 3 a la 10, siendo la más frecuente la fase 6 (35%). Se presentó en las mujeres un rango más amplio de las fases durante los 12 años, quiere decir, que las mujeres en

un tiempo más corto presentan todo su crecimiento y también que su predicción de crecimiento debe ser más individualizado por esta gran aleatoriedad de las fases dentro de este rango de edad.

Cuando ambos sexos llegaron a los 16 años existe diferencia en cuanto al alcance de las fases de maduración ósea (Fishman), ya que un alto porcentaje de mujeres a esta edad ya alcanzaron su maduración total (85%), mientras que en los hombres se encuentran en un decreciente proceso de crecimiento (70%), y que pocos han llegado a su maduración completa (29%).

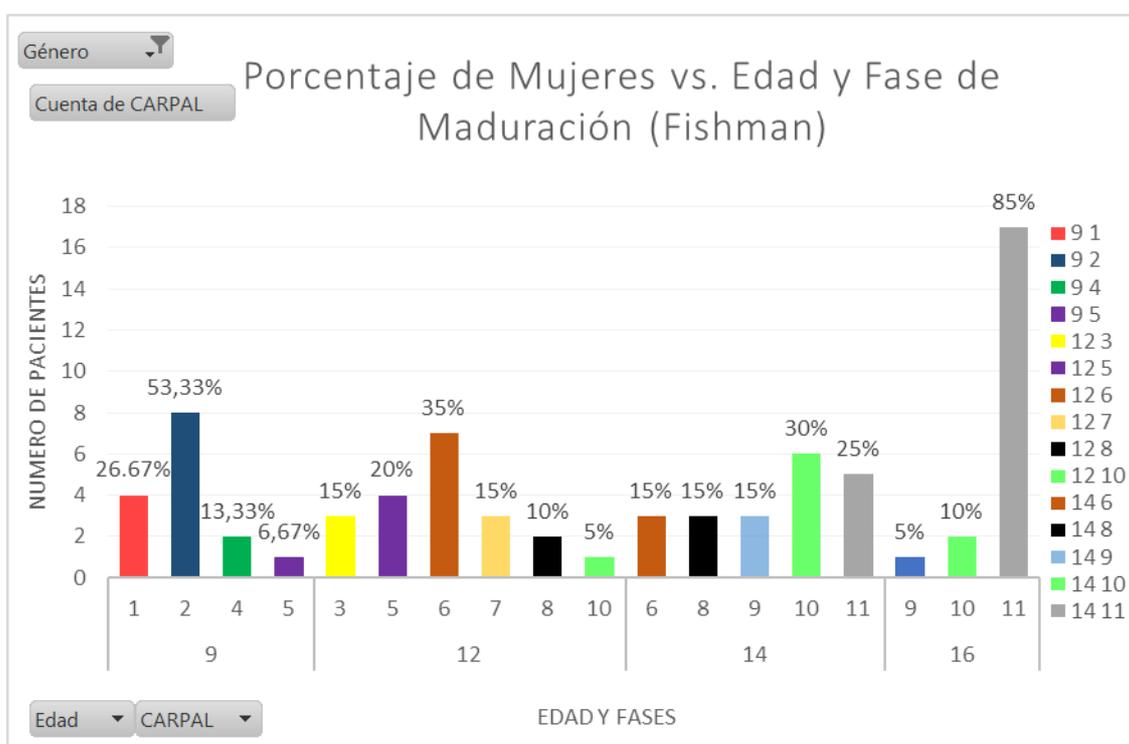


Figura 19: Porcentaje de Mujeres vs. Edad y Fase de Maduración (Fshman).

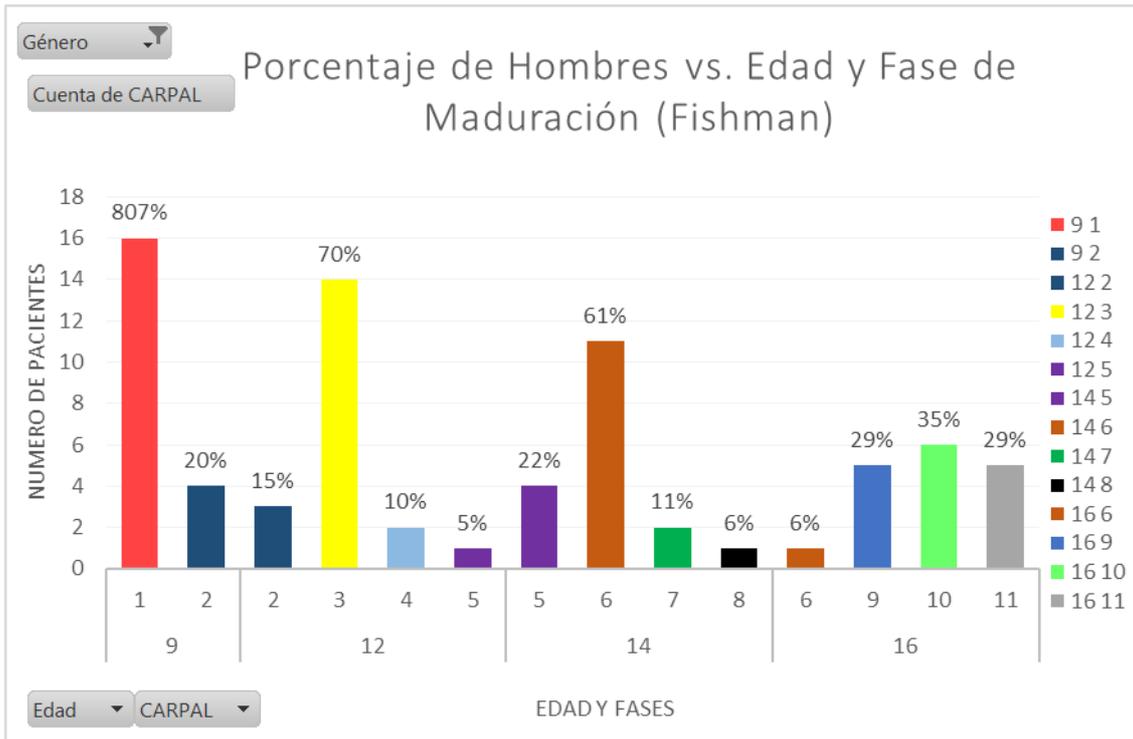


Figura 20: Porcentaje de Hombres vs. Edad y Fase de Maduración (Fshman)

Discusiones

En el estudio se encontró que el crecimiento es mayor en cantidad y en magnitud en los hombres que en las mujeres, ya sea en el maxilar como en la mandíbula. Estos mismos resultados se encontraron en el estudio de Mitani (1977), donde se valoró el crecimiento entre las edades de 8 a 17 años de edad (Mitani, 1977). Así mismo se evidenció en el estudio de Jamison como a su vez en este presente estudio que existe una diferencia en el crecimiento de hombres con respecto al de las mujeres (Jamison, Bishara, Peterson, & Kremenak, 1982). Jamison utilizó como referencia de maduración esquelética el perfil de crecimiento en altura, la cual no presentó correlación con el crecimiento facial del maxilar y la mandíbula, mientras que en el presente estudio, se evidenció que sí existe correlación entre el crecimiento facial con el análisis carpal de Fishman de maduración esquelética (Fishman, 1982) (Jamison, Bishara, Peterson, & Kremenak, 1982). Esto demuestra que es más preciso utilizar este medio diagnóstico para saber en qué estado de maduración se encuentra un paciente (Jamison, Bishara, Peterson, & Kremenak, 1982).

En cuanto a los estadios de maduración esquelética de Fishman, coincidió con el presente estudio que en la fase 6 es donde los hombres como las mujeres han alcanzado el 50% del crecimiento total y además se encuentran en el máximo pico de crecimiento puberal (Fishman, 1982). También se puede apreciar que las edades en las que se presentó el pico puberal, en este estudio como en el de Fishman se asemejan, teniendo en cuenta que difieren entre sexos, siendo en los hombres a los 14 años y en las mujeres a los 12 años de edad (Fishman, 1982). En otro estudio, según Buschang, reafirma que entre los 11,4 y 12,8 años de edad el pico de

crecimiento puberal aparece en el sexo femenino (Buschang, Jacob, & Demirjian, 2013).

Varios estudios muestran que la edad cronológica media donde se da el máximo crecimiento mandibular es entre los 13,6 y 14,5 en hombres y de 10 a 12 en mujeres de raza blanca, siendo parecido a los datos del estudio donde se enuncia que en mujeres se presenta a los 12 años y en hombres a los 14 años (Hunter, Baumrind, Popovich, & Jorgensen, 2007) (Bambha, 1961) (Ball, Woodside, Tompson, Hunter, & Posluns, 2011).

Fishman evaluó a qué edad cronológica se terminaba el crecimiento, siendo que las mujeres terminan su crecimiento o entran a su fase 11, a los 16 años, mientras que los hombres a los 18 años aproximadamente. Estos datos fueron iguales a los del presente estudio, con la diferencia que no se analizó pacientes a los 18 años, sino hasta los 16, pero de todas maneras se aprecia que en el caso de los hombres a esta edad recién empieza a descender el porcentaje de incremento de la longitud de los huesos faciales (Fishman, 1982).

Por lo tanto, se presentó en las mujeres un rango más amplio de las fases durante los 12 años, quiere decir, que las mujeres en un tiempo más corto presentan todo su crecimiento y también que su predicción de crecimiento debe ser más individualizado por esta gran aleatoriedad de las fases dentro de este rango de edad.

Existen estudios que indican que las mujeres inician su pubertad alrededor de los 10 y terminan a los 14 años (Hagg & Taranger, 1982). Con respecto a este estudio coincide el inicio a los 10 años, pero se muestra que las mujeres terminan a los 16 años en su totalidad su crecimiento.

En el estudio de Bjork y Helm, encontraron que ante la presencia el estado de campana en la segunda falange del dedo medio, equivalente al quinto estadio de

Bjork, es donde ocurre el máximo pico puberal, que equivale a la sexta fase del análisis de Fishman (Bjork & Helm, 1962) (Urzúa, 2005). En el presente estudio se evidenció que también el máximo crecimiento se presentó en el sexo femenino y masculino durante esta fase 6.

Conclusiones

- Ante la presencia del PIC puberal existe un incremento de tamaño significativo en el maxilar como en la mandíbula, ambos huesos tienen un crecimiento independiente uno de otro, sin existir una correlación. En el sexo masculino el PIC puberal es más prolongado, por lo que el crecimiento es paulatino, mientras que en las mujeres se expresa en un tiempo más corto, siendo el crecimiento más abrupto.
- El incremento en el sexo masculino fue mayor que en el femenino tanto en el maxilar como en la mandíbula durante los 9 a 16 años de edad. Pero el hueso mandibular es el hueso que presentó crecimiento por más tiempo. En mujeres el maxilar entre los 14 a 16 años su potencial de crecimiento es casi nulo.
- Se comprobó que, si existe un crecimiento diferencial en la mandíbula como en el maxilar en el sexo femenino y masculino, además que conforme variaban las edades de los pacientes sí existía cambios en el tamaño de ambos huesos, los cuales iban aumentando. Se comprobó que sí existe correlación entre el crecimiento maxilar y mandibular con las fases del análisis de Fishman.
- En cuanto a las radiografías de mano-muñeca existió un mayor aumento durante la fase 6 del análisis de Fishman en ambos sexos, pero su diferencia fue que se presentaron a diferentes edades, primero en el sexo femenino a los 12 años y en el masculino a los 14 años. En el sexo masculino las fases de Fishman tuvieron un comportamiento más predecible, mientras que en las mujeres las fases aparecían aleatoriamente a las diferentes edades.
- La edad adecuada para un tratamiento ortopédico, tomando en cuenta el mayor crecimiento, para las mujeres es entre los 9 a los 13 años, mientras que en los hombres entre los 12 a los 16 años.

Limitaciones.

- Se esperaba tener una muestra de 100 pacientes para el estudio pero la BGC rechazó la propuesta inicial de investigación, ya que la transferencia de los registros (las radiografías cefálicas y mano-muñeca) era muy elevada; así mismo, la política era no enviar un número grande de pacientes vía web. Por tanto, el BGC estaba dispuesto a otorgar los 100 pacientes con la condición de que los registros debían ser manipulados dentro de la Universidad de Toronto, Canadá, pero por falta de presupuesto por parte del investigador el viaje no se podía realizar.
- Se tuvo que disminuir la cantidad de observaciones de 160 a 150, ya que al realizar las pruebas de normalidad existían datos atípicos que no permitían aceptar dicha prueba. Cabe recalcar que la prueba de normalidad es importante comprobar, ya que a través de esta se aplica estadística paramétrica (ANOVA, Correlación F de Cohen, prueba de Pearson y Tukey) que se aplicó en este estudio.

Este estudio es significativo, ya que muestra cómo se debe proceder ante el diagnóstico de un paciente en crecimiento y que necesite de un tratamiento ortopédico. Es de gran utilidad para Odontólogos como para Especialistas en Ortodoncia, Ortopedia y Odontopediatras, ya que permite un diagnóstico precoz del potencial y la dirección del crecimiento en el paciente. Además permite saber cuáles son las edades indicadas para un tratamiento de ortopedia tanto para el maxilar como para la mandíbula. Por otro lado, permite saber que existen diferencias entre el crecimiento femenino y masculino que se debe valorar, en especial en el sexo femenino, donde su crecimiento aparece más impredeciblemente en comparación del masculino que es más predecible.

Bibliografía

- Moss, M. L., & Greenberg, S. N. (1967). Functional cranial analysis of the human maxillary bone. *The Angle Orthodontist*, 151-164.
- Enlow, D. H. (1990). *Crecimiento Maxilofacial*. Mexico: Interamericana.
- Enlow, D. H. (1966). A morphogenetic analysis of facial. *Am J Orthodontics*, 283-299.
- Enlow, D. E., & F., J. A. (s.f.). *Crecimiento Craneofacial ortodoncia y ortopedia*. Actualidades Medico Odontológicas Latinoamerica, C.A.
- Enlow, D. E., & Hunter, S. W. (1966). A difeyential analysis of sutural and remodeling growth in the human face. *Am. J Orthodontics*, 823 - 830.
- Gomez de Ferrari, M. E. (2009). *Histología, embriologica e ingeniería tisular bucodental*. Mexico DF: Medica Panamericana.
- Gomez de Ferrari, M. E. (2004). *Histología y Embriología Bucodental*. Madrid: Medica Panamericana.
- Eynard. (2008). *Histología y embriología del ser humano*. Buenos Aires: Medica Panamericana.
- Avery, J. K. (2007). *Principios de Histología y Embriología Bucal con orientación clínica*. Madrid: Elsevier.
- Gutierrez Gomez, J. (2008). El proceso de remodelación ósea. *Ortho-tips*, vol4, num3, pag 170-176.
- Weiner, S., Traub, W., & Wagner, D. (1999). Lamellar Bone: Structure–Function Relations. *Journal of Structural Biolog*, 126, 241–255.
- Wagemans,, P., van de Velde, J. P., & KuijpersJagtman, A. M. (1988). Sutures and forces: A review . *AM J ORTHOD DENTOFAC ORTHOP* , 4:129-41.) .
- Remmelink, H. (1985). The postnatal development of the human maxillary sutural surface. *University of Groningen* , .

- Moss, M. L., & Salentijn, L. (1969). The primary role of functional matrices in facial growth. *Am. J. Orthodontics*, 566-577.
- Peskin, S., & Laskin, D. M. (1965). Contribution of autogenous condylar grafts to mandibular growth. *Oral Surg., Oral Med. Oral Path*, 20: 517.
- Moss, M., & Rankow, R. (1968). The Role of the Functional Matrix in Mandibular Growth. *Angle Orthodontics*, vol. 38, No 2; pag 95-103.
- Moss, M. (1969). Functional Cranial Analysis of the Mandibular Angular Cartilage in the Rat. *Angle Orthodontics*, 209-214.
- Manson, J. (1966). A comparative study of postnatal growth of the mandible in the rat, guinea-pig and cat. *Royal Dental Hospital of London School of Dental Surgery*.
- Meikle, M. C. (1973). The role of the condyle in the postnatal growth of the mandible. *Am. J. Orthodontics*, 50-62.
- Sicher, H. (1947). THE GROWTH OF THE MANDIBLE. *American Journal of Orthodontics and Oral Surgery*, 30-35.
- Enlow, D. H., & Bang, S. (1965). Growth and remodeling of the human maxilla. *Am. J. Orthodontics*, 446-464.
- Bedoya Rodríguez, A., Osorio Patiño, J., & Tamayo, J. A. (2016). Edad cronológica y maduración ósea cervical en niños y adolescentes. *Revista Cubana de Estomatología*, 28-34.
- Toledo Mayarí, G., & Otaño Lugo, R. (2010). Evaluación de la maduración ósea a través de las vértebras cervicales en pacientes de ortodoncia. *Revista Cubana de Estomatología*, 47(3)326-335.
- Hassel, B., & Farman, A. (1995). Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *Am J Orthod Dentofac Orthop*, 107(1):58-66.

- Urzúa, R. (2005). *Técnicas Radiográficas, Dentales y Maxilofaciales*. Caracas: Amolca.
- Faini, E. (1988). INDICADORES DE MADURACIÓN ESQUELETAL. EDAD ÓSEA, DENTAL Y MORFOLÓGICA. *Rev Cubana Ortod*, 13(2):121-125.
- Clinton, H. (1932). A PHASE OF SKELETAL GROWTH AS INFLUENCED BY THE SEX HORMONES. *The International Journal of Orthodontia, Oral Surgery and Radiography*, 659- 666.
- Demirjian, A., & Buschang, P. H. (1985). Interrelationships among measures of somatic, skeletal, dental, and sexual maturity. *AM J ORTHDD* 8, 433-438.
- Escuela Andaluza de Salud Pública. (2006). Tratamiento de la pubertad precoz. *CADIME*, 21-24.
- Ceglia, Á. (2005). Indicadores de maduración de la edad ósea, dental y morfológica. *Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría*.
- NANDA, R. (1960). ERUPTION OF HUMAN TEETH. *Am J. Orthodontics*, 363-378.
- Jacome Lopes, L., & de Oliveira Gamba, T. (2016). Utility of panoramic radiography for identification of the pubertal growth period. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 149:509-15.
- Nigle, P., & Field, D. (2000). *Anatomía y movimiento Humano*. Barcelona: Paidotribo.
- Sinnatamby, C. S. (2003). *Anatomía de Last Funcional y Aplicada*. Barcelona: Paidotribo.
- Bjork, A., & Helm, S. (1962). Prediction of th Age of MAXimum Puberal Growth in Body Height. *Angle Orthod*, Vol 37 pag 134-143.
- Fishman, L. (1982). Radiographic Evaluation of Skeletal Maturation. *The Angle Orthodontist*, Vol. 52 No.; 89-102.
- Zamora, C. E., & Duarte Inguanzo, S. (2003). *Atlas de Cefalometría* . Bogotá: Amolca.

- Popovich, F. (1957). The Burlington Orthodontic Research Centre. *Am J. Orthodontics*, 291-293.
- Hunter, S., Baumrind, S., & Moyers, R. E. (1993). An inventory of United States and Canadian growth record sets: Preliminary report. *AM J OnTHOO DENTOFAC ORTHOP*, ;103: 545-55.
- Perry, H. T. (1972). Anticipating adolescent growth vectors and velocities. *Am. J. Orthod.*, 580-590.
- AAOF, L. C. (24 de 9 de 2014). Scaled Measurements from the AAOF Legacy Collection Images.
- Rakosi, T., & Jonas, I. (1992). *Atlas de Ortopedia Maxilar: Diagnóstico*. Barcelona: Masson.
- Sinnatamby, C. S. (1999). *Anatomía de Last Regional y Aplicada*. Barcelona: Paidotribo.
- Palastanga, N., Field, D., & Soames, R. (2000). *Anatomía y movimiento humano*. Barcelona: Paidotribo.
- Hassel, B., & Farman, A. G. (1995). Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *AM J ORTHOD DENTOFAC ORTHOP*, 107:58-66.
- Saadia, M., & Ahlin, J. (1999). *Atlas de Ortopedia Dentofacial durante el crecimiento*. Barcelona : ESPAXS.
- Uribe Restrepo, G. A. (2004). *Ortodoncia Teoría y Clínica*. Medellín: Corporacion para Investigaciones Biológicas.
- Vellini Ferreira, F. (2002). *Ortodoncia Diagnóstico y Planificación Clínica*. Sao Paulo: Editora Artes Medicas LTDA.
- Saturno, L. d. (2007). *Ortodoncia en Dentición Mixta*. Caracas: AMOLCA.

- de Ciola, É. G. (2008). *Ortodoncia I Manual práctico para el odontopediatra y odontólogo general*. Rosario.
- Mitani, H. (1977). Occlusal and craniofacial growth changes during puberty. *Am J Orthod*, 72: 76-84.
- Jamison, J. E., Bishara, S. E., Peterson, L. C., & Kremenak, C. R. (1982). Longitudinal Changes in the maxila and the maxillary-mandibular relationship between 8 and 17 years of age. *Am J Orthod.*, Vol 82, N° 3, 2018-230.
- Buschang, P. H., Jacob, H. B., & Demirjian, A. (2013). Female adolescent craniofacial growth spurts: real or fiction? *European Journal of ORthodontics*, 819-825.
- H. W., B. S., P. F., & J. G. (2007). Forecasting the timing of peak mandibular growth in males by using skeletal age. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 131, 327-33.
- B. G., W. D., T. B., H. W., & P. J. (2011). Relationship between cervical vertebral maturation and mandibular growth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 139, e455-61.
- B. J. (1961). Longitudinal cephalometric roentgenographic study of face and cranium in relation to body height. *J Am Dent Assoc*, 63, 776-99.
- H. U., & T. J. (1982). Maturation indicators and the pubertal growth spurt. *Am J Orthod*, 82, 299-309.

INDICE DE ANEXOS

Anexo A: BURLINGTON GROWTH CENTRE DATABASE AGREEMENT.....	91
Anexo B: REGULATIONS FOR USE OF BURLINGTON GROWTH CENTRE DATA.....	97
Anexo C: RESEARCH DESPCRIPTION.....	106

ANEXO A

BURLINGTON GROWTH CENTRE DATABASE AGREEMENT (BGC) DATABASE RELEASE AGREEMENT

**Burlington Growth Centre
University of Toronto
Faculty of Dentistry
124 Edward
Street, Rm
345 Toronto,
ON M5G 1G6**

Director, Dr. Sunjay

Suri

**Administrative Assistant, Diana Tucker
Contact Phone: (416)**

979-4900, Ext. 4396

Fax: (416) 979-4763

General Information

The Burlington Growth Centre is a collection of longitudinal growth data and one of the most significant databases for craniofacial growth in the world. The collection contains complete orthodontic records of growing children consisting of 6 Cephalometric radiographs, containing: 1 PA; 2 obliques (45 deg.); 1 lat. in occlusion; 1 lat. with open bite; 1 lat. in rest position (enlargement 9.84%); 1 hand-wrist; Dental models; Height and weight; history containing: diagnosis, habits, childhood diseases, ethnic background; TA notation if applicable; details of any orthodontic treatment given at the BGC; and photographs.

Recently the sample was extended to 40 years for the original three-year-old sample and to 70 years for the original parent sample. There are, in total, approximately 8,000 sets of records and 46,746 cephalometric X-rays. The sample is thus one of the world's most important collections of longitudinal craniofacial and occlusal, growth and development data.

Initially established to help develop parameters to study the successes of orthodontic treatment, this information is important to not only the orthodontic community, but also medicine, genetics and anthropology. Most significantly, the anthropometric data has contributed to our understanding of general and craniofacial growth and development. There have been over 330 graduate and postgraduate studies that have utilized this data as a standard for normal craniofacial growth. Researchers from across Canada and around the world come to the University of Toronto to visit the Burlington Growth Centre and utilize the data. Graduate orthodontic residents are frequent users of the Burlington Records.

The Burlington Growth Centre, University of Toronto, owns copyright of the collection of radiographs and models and serves as the source for distribution of the Database.

Access to the Database

The BGC database will be made available to researchers on a case-by-case basis. To receive a copy of the imagery and associated data, the requestor must sign this document and agree to observe the conditions listed in this document. In addition to other possible remedies, failure to observe these conditions may result in access being denied for any other portion of the database, loss of use of the database, and the possibility of being subject to civil litigation. Current installments of the database may be made available to researchers on CD or other media.

Conditions for use of the Database

In consideration for access to the Burlington Growth Centre Database, the researcher(s) agrees to the following conditions:

1. Signed permission may be granted for use of the Burlington Growth Centre data after consideration of a written request for the limited time use of the records by the Director of the Department of Orthodontics or Director of the Burlington Growth Centre, Faculty of Dentistry, University of Toronto. To apply to use the database, a researcher must fill out a regulation form letter, an application form and a Summary Record Inventory Sheet of all individuals included in the Burlington sample. This must be accompanied by a proposal which indicates the records, ages and sample sizes required as well as the coordinates or measurements to be recorded. Criteria to be considered for granting permission to use the Centre data are: the importance and feasibility of the proposed analysis, the competence of the investigator and overlap or relationship to other analyses currently being undertaken.

Persons wishing to use the Burlington Growth Centre data should send a written proposal and the formal application for the use of the Centre records to the Director at the above address.

2. The proposal should include a statement of the data required, the purpose for which it will be used, the names of the persons intending to use it and plans for publishing results.
3. The Burlington Growth Centre data are made available to specific individuals to use for specific purposes only for a specific length of time only.
4. Permission to use the data expressly forbids its being passed on or disclosed to any individual not specified in paragraph 2.
5. The data provided may not be used for any but the originally stated purposes. Any change can only be agreed to after receipt of a new request and agreement. For example, if the initial data is incorporated into a new phase or additional studies, further approval is necessary.
6. The data obtained from the files of the Burlington Growth Centre **MUST BE DESTROYED** after the specific research proposed is completed **AND THE SUPERVISOR WHO SIGNS THIS AGREEMENT IS RESPONSIBLE TO NOTIFY BURLINGTON GROWTH CENTRE OF THE DATE THAT THIS IS DONE** and the **SUPERVISOR AND RESEARCHER(S) WHO HAVE SIGNED THIS DOCUMENT WILL BE LIABLE IF IT IS DETERMINED THAT ALL FILES WERE NOT DESTROYED WHEN THE RESEARCH WAS COMPLETE.**
7. Data from the Centre files is the property of the University of Toronto and not of any one individual researcher. Therefore, upon the completion of the project the **raw non-digital and digital data as well as a summary or thesis of the work must be**

submitted to the Director of the Burlington Growth Centre to be stored in a data bank and be available to other users.

8. Any derived data at the individual level, e.g., individual growth curves fitted by a user, are to be returned to the files of the Burlington Growth Centre where they will become available to other users. They may not be copied for commercial purposes.
9. Each user must submit a detailed report on research progress and any relevant publications by June 30th of each year. The raw non-digital and digital data and six reprints of all publications or a copy of their thesis are to be forwarded to the Burlington Growth Centre as soon as possible after receipt.

Conditions for Redistribution:

1. The Burlington Growth Centre Database, in whole or in part, **shall not** be further distributed, published, reproduced, copied, or disseminated in any way or form whatsoever, including but not limited to digital images, negatives, electronic, paper, video, print, cable, or the Internet, whether for profit or not. This includes further distributing, copying or disseminating to a different facility or organizational unit within the requesting university, organization, or company.
2. **Modification and Commercial Use:** Without prior approval from the University of Toronto, Canada, raw data from the Burlington Growth Centre Database, in whole or in part, may not be modified or used for commercial purposes.
3. **Warranties:** The University of Toronto makes no warranties of any kind - expressed or implied - including but not limited to warranties of fitness of purpose or of results obtained from Researcher's use of the Burlington Growth Centre Database.
4. **Requests for the Burlington Growth Centre Database:** All requests regarding the Burlington Growth Centre Database will be forwarded to the Director or Administrative Assistant of the Burlington Growth Centre Database (noted above).
5. **Publication Requirements:** Publication is encouraged, and appropriate recognition of the source of the data must be included in publications. Prior written approval must be obtained from the Director of the Burlington Growth Centre for those seeking to include renderings from the Burlington Growth Centre Database in reports, papers, and other documents. In no case should the facial images be used in a way that could cause the original subject humiliation, harassment, or mental anguish, or be perceived in a false light. Anyone utilizing the Burlington Growth Centre Data has to supply the Burlington Growth Centre Library with a copy of the completed and approved thesis or four (4) copies of the published article.
6. **Citation:** All documents and papers that report on research that uses the Burlington Growth Centre Database must acknowledge the use of the database by including the appropriate citation:

“This study was made possible by use of material from the Burlington Growth Centre, Faculty of Dentistry, University of Toronto, which was supported by funds provided by Grant (1) (No. 605-7-299) National Health Grant (Canada), (data collection); (2) Province of Ontario Grant PR 33 (duplicating) and (3) the Varsity Fund (for housing and collection)”.

7. **Publications to University of Toronto:** A copy of all reports, papers, and other documents that are for public or general release that use the Burlington Growth Centre Database must be forwarded immediately upon release or publication to the Director of the Burlington Growth Centre.
8. **Indemnification:** Researcher agrees to release, indemnify, defend, and hold harmless the University of Toronto and its Board of Trustees, officers, employees and agents, individually and collectively, from any and all losses, expenses, damages, demands and/or claims based upon any such injury or damage (real or alleged) and shall pay all damages, claims, judgments or expenses resulting from Researcher’s use of the Burlington Growth Centre Database.
9. **No Assignment:** Researcher may not assign this Agreement, nor may any rights under this Agreement be assigned or otherwise transferred to any third party, without the prior written consent of Director of the Burlington Growth Centre.
10. **Following the completion of the use of the Burlington Database material,** Anyone utilizing the Burlington Growth Centre Data agrees to destroy all the Burlington Database material in his/her possession.
11. **Governing Law:** The laws of the Ontario, Canada govern this Agreement.
12. **Equitable Relief:** Researcher acknowledges and agrees that the University of Toronto shall be entitled to seek injunctive relief to prevent an actual breach of this Agreement and enforce its terms. The University of Toronto may pursue any other remedy to which it is entitled in law or in equity.
13. **Term:** The University of Toronto may terminate access to the Burlington Growth Centre database at any time, for any reason and at its sole discretion.

JOSÉ LUÍS DOMINGUEZ LOAIZA [Signature] 23/01/2017
NAME (in capitals) SIGNATURE DATE

GERSON CABEZAS BERNHARDT. [Signature] 23/01/2017
NAME OF SUPERVISOR (in capitals) SIGNATURE DATE

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO, DIEGO DE ROBLES
ORGANIZATION AND ADDRESS (in capitals)

josedomilo_17@gmail.com +593999024213
EMAIL ADDRESS PHONE NUMBER

RESEARCH DESCRIPTION: (Please provide a brief description and attach your research proposal)

ANEXO B

MACROBUTTON HTMLDirect

REGULATIONS FOR USE OF BURLINGTON GROWTH CENTRE DATA

**Burlington Growth Centre
University of Toronto
Faculty of Dentistry
124 Edward Street, Rm 345
Toronto, ON M5G 1G6
(416) 979-4900, Ext. 4396**

GENERAL INFORMATION

Anyone utilizing the Burlington Growth Centre Data has to supply the Centre with a copy of the completed and approved thesis or four (4) copies of the published article.

This document also contains an application form. Each set of BGC records includes lateral and P.A. cephalograms, an oblique projection, dental casts, photographs, and medical and dental histories. Isolated bitewings were also taken for alveolar bone loss studies.

In filling out your application, please ensure that your proposal indicates the records, ages and sample sizes required as well as the coordinates or measurements to be recorded.

If you have any questions concerning your application or the Burlington data collection, please contact the Centre and we will be glad to assist you.

REGULATIONS

1. Permission may be granted after consideration of a written request for the use of the records by the Director of the Burlington Growth Centre, Faculty of Dentistry, University of Toronto.
2. The Centre data are made available to specific individuals to use for specific purposes only.
3. Permission to use the data expressly forbids its being passed on or disclosed to any individual not specified in paragraph 2.
4. The data provided may not be used for any but the originally stated purposes. Any change can only be agreed to after receipt of a new request and agreement. For example, if the initial data is incorporated into a new phase or additional studies, further approval is necessary.
5. Data from the Centre files is the property of the University of Toronto and not of any one individual researcher. Therefore, upon the completion of the project the **raw data and a summary or thesis of the work must be submitted to the Director of the Centre** to be stored in a data bank and be available to other users.
6. Any derived data at the individual level, e.g., individual growth curves fitted by a user, are to be returned to the files of the Centre where they will become available to other users. They may not be copied for commercial purposes.
7. Publication is encouraged, and appropriate recognition of the source of the data must be included in publications.

All projects and subsequent publications must acknowledge assistance as follows:

“This study was made possible by use of material from the Burlington Growth Centre, Faculty of Dentistry, University of Toronto, which was supported by funds provided by Grant (1) (No. 6057-299) National Health Grant (Canada), (data collection); (2) Province of Ontario Grant PR 33 (duplicating) and (3) the Varsity Fund (for housing and collection)”.

8. Authorship of potential publications will first be discussed at the time permission to use the data is granted and further as the project develops.
9. Each user must submit a detailed report on research progress and any relevant publications by June 30th of each year. The raw data and four reprints of all

publications or a copy of their thesis are to be forwarded to the Burlington Growth Centre as soon as possible after receipt. A reminder will be sent out.

10. Failure to adhere to the above regulations will, in addition to any other legal remedies available to the University, result in denial of access to the data by the individual and the institution to whom he or she belongs.
11. Criteria to be considered for granting permission to use the Centre data are: the importance and feasibility of the proposed analysis, the competence of the investigator and overlap or relationship to other analyses currently being undertaken.
12. Persons wishing to use the Centre data should send a written proposal or the formal application for the use of the Centre records to the Director at the above address.
13. The proposal should include a statement of the data required, the purpose for which it will be used, the names of the persons intending to use it and plans for publishing results.
14. Upon receipt of a proposal, a meeting shall be arranged between the potential user and the Director of the Burlington Growth Centre.
15. Burlington Growth Centre Records are to be used only in the specified Rooms of the Faculty of Dentistry, University of Toronto.
16. **Films must be handled with white cotton gloves and measuring instruments must be separated from the films by tracing paper.** Casts must be handled with great care while digitizing or when gauges are used directly for measurements to avoid scraping the plaster and thus modifying the dimensions. This problem will be minimized as the data bank is well established and the routine measurements are made available through the utilization of the same data bank.
17. Any accidental damage to records while in use must be reported immediately to the Administrative Assistant of the Burlington Growth Centre and Director.

Faculty of Dentistry

July 2016

APPLICATION

(Submit in duplicate; acknowledged copy to be returned to Principal Researcher)

USER UNDERTAKING

To: The University of Toronto

Faculty of Dentistry (the “University”)

Re: Data of the Burlington Growth Centre

(the “Centre”)

In consideration of permission to use the following data from the Centre:

The undersigned hereby undertakes and agrees:

- to observe and comply with the Regulations to Use of Centre Data, a copy of which is attached hereto;
- to use the data for scholarly and scientific research and teaching purposes only, and not to use the same or permit or allow any use thereof by others for any commercial purpose;
- to keep the documentation, data, records or other information concerning the Centre confidential and not to disclose or otherwise make available such data or information, in any form, to anyone without the prior written consent of the University;
- to not to make copies of any documentation, data or records without prior written consent of the university;
- if any copies are permitted to be made, to produce and include thereon a copyright notice in the following form:

“COPYRIGHT © The University of Toronto

REPRODUCTION IN WHOLE OR IN PART IS PROHIBITED”

- to give acknowledgement and credit to the University, its Faculty of Dentistry and the granting agencies in connection with the projects and publications of the undersigned, in the manner specified in the Regulations;
- to return all documentation, data and records to the University immediately upon demand and, in any event, upon completion of the research project;
- to deliver a copy of the data derived from the research project to the University, which will be made available to future users of the Centre data
- to deliver a detailed report of the results of the research to the University upon completion of the research project
- to deliver a copy of any publication arising from the research to the University

The undersigned agrees that Schedule “A” attached hereto shall form part of this undertaking.

DATED at Quito this 23 day of January of 2017

[Place]

[Month, Year]

Witness

Principal Researcher



Dra. Maria Tuttolomondo



Dr. José Domínguez



Dr. Gerson Cabezas B. DDS, MSD
MASTER EN ORTODONCIA
MSP: 1705070926

Dean or Head/ Dr. Gerson Cabezas

ACKNOWLEDGED this Quito this 23 day of January of 2017

[Month, Year]

Director, Burlington Growth Centre
Dr. Sunjay Suri

SCHEDULE "A"

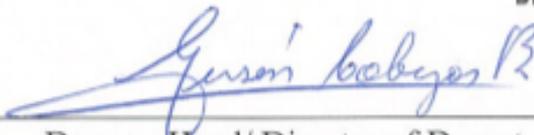
1. The data expected to be derive from this research are as follows:

Through the study the researcher hopes to determine the longitudinal growth of the maxilla and the mandible taking the cephalometric analysis of Harvold as the resource to quantify this growth. The investigation will be carried out on lateral radiographs, within ages of growth (9 to 16 years), considering that they are ages that are within the range of the PIC. To contrast this growth, the size of the maxilla and the jaw will be compared with the stage of bone maturation at each age of the individual. Therefore, based on the study of Fishman applying on wrist carpal radiographs will determine the stage of maturation.

A copy of the derived data shall be delivered to the University in the following form:

Excel and Word

The publication(s) anticipated from this research project is (are) as follows:

and will be authorized by  Dr. Gerson Cabezas B. DDS, MSD
MASTER EN ORTODONCIA
MSP. 1705070926
Dean or Head/ Director of Department

It is expected that this research shall be completed by 30 of June of 2016, or that a detailed report on research progress shall be delivered to the University by that date.

**SUMMARY OF FORM OF PROJECT OUTLINE
UTILIZING THE BURLINGTON GROWTH CENTRE RECORDS**

FACULTY OF DENTISTRY

UNIVERSITY OF TORONTO

Quito, 9 of November of 2016

1. José Luis Domínguez Loaiza Orthodontist
Name (Print) Degrees

2. Quito – Ecuador, Diego de Robles y Vía Interoceánica
Address

3. Student of Orthodontics Universidad San Francisco de Quito
Official Position or Student Institution

4. Title of Proposed Research Growth Assessment of the maxilla and mandible with cephalometry of Harvold in cephalometric radiographs in contrast with the pubertal growth stage based on the analysis of Fishman in carpal radiographs obtained from the Burlington Growth Center

5. Project:- Diploma _____ M.Sc. _____ Ph.D. _____ Other X (Graduate Thesis)

6. Brief description of Proposed Research (use additional sheet if necessary).
 - The aim of this study is to verify the relationship between ICP and magnitude of maxillary and mandibular growth within the ages of 9 to 16 years.
 - Understand how is the growth dynamics during the ages between 9 to 16 years and at the time of presenting the highest PIC analyze how it occurs in the maxillary and jaw bones.
 - Determine which bone (maxillary or mandibular) shows the greatest growth, which of the two bones grows first, which bone expresses the PIC, and which of the two bones grows longer. For this reason, a sample between the ages of 9 and 16 is required, since it is the age where the PIC curve begins and ends.
 - Harlvol'd's cephalometric analysis will be used to take measurements in length, specifically in the sagittal sense, of maxillary and mandibular growth. These measures will be contrasted with the stage of ossification at each age between 9 and 16 years. For

this, Fishman's analysis of the wrist radiographs will be used, which will allow to detect at what stage of ossification are the skeletal structures.

- The measurement of the maxillar and the study of the ossification stage will be performed on each patient and during each age. The gender of the patient will be taken into account, since the presence of PIC occurs at different ages in men and women.
- It is important to intervene in skeletal problems on time, because once the PIC has occurred it is difficult to perform an orthopedic correction, which may prevent correction to orthodontic or even surgery orthodontics.
- It is important to intervene in skeletal problems on time, because once the PIC occurred it is difficult to perform an orthopedic correction. In the case of not being diagnosed with skeletal problems, the patient could receive more severe treatments such as orthodontic compensation or even orthodontic-surgical correction.
- The conclusions of this study will allow us to know how the growth of the bones behaves to establish a correct diagnosis and orthopedic treatment, on patients with skeletal discrepancy during growth.

7. Exact List of Records required (use additional sheet if necessary) of age group and numbers:

	Age Group	Quantity
Histories <u>from 9,12,14,16 years old</u>	<u>C – 6 Control at age 6</u>	<u>238</u>
Dental Casts _____	_____	_____
Cephalometric <u>from 9,12,14,16 years old</u>	<u>C – 6 Control at age 6</u>	<u>952</u>
Radiographs		
Carpals <u>from 9,12,14,16 years old</u>	<u>C – 6 Control at age 6</u>	<u>952</u>
Photographs _____	_____	_____

- The Cephalometric Radiographs and the Carpals Radiographs have to be from de same patients and of the same ages from 9, 12, 14 and 16 years old, also only those patients

that have both radiographs in each year. If in the mentioned years is missing a radiograph that patient will be excluded.

- I have known that in this group are 297 patients. I want to exclude those that have received treatment before that is 59 patients, so in total will be 238 patients.
- I need the histories of this patients in order to know they background.
- The files I need in Jpeg format and their real sizes in orther to measure the cephalometric Harvold analysis in the lateral radiographs.

8. Date of Commencement of Project 30 of January of 2017

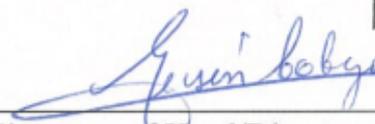
9. Estimated Date of Completion of Project 30 of June of 2017

10. Date of Actual Use of Records: Commenced 30 of January of 2017

Terminated 30 of June of 2017

Quito, 23 of January of 2017
Date


Signature of Applicant


Signature of Head/Director of Department

Dr. Gerson Cabezas B. DDS, MSD
MASTER EN ORTODONCIA
MSP. 1705070020

Research Committee Decision:

Approval _____ Disapproval _____

Date

Signature

ANEXO C

QUITO - ECUADOR

23 JANUARY 2017

RESEARCH DESCRIPTION

- The aim of this study is to verify the relationship between ICP and magnitude of maxillary and mandibular growth within the ages of 9 to 16 years.
- Understand how is the growth dynamics during the ages between 9 to 16 years and at the time of presenting the highest PIC analyze how it occurs in the maxillary and jaw bones.
- Determine which bone (maxillary or mandibular) shows the greatest growth, which of the two bones grows first, which bone expresses the PIC, and which of the two bones grows longer. For this reason, a sample between the ages of 9 and 16 is required, since it is the age where the PIC curve begins and ends.
- Harlvol'd's cephalometric analysis will be used to take measurements in length, specifically in the sagittal sense, of maxillary and mandibular growth. These measures will be contrasted with the stage of ossification at each age between 9 and 16 years. For this, Fishman's analysis of the wrist radiographs will be used, which will allow to detect at what stage of ossification are the skeletal structures.
- The measurement of the maxillar and the study of the ossification stage will be performed on each patient and during each age. The gender of the patient will be taken into account, since the presence of PIC occurs at different ages in men and women.
- It is important to intervene in skeletal problems on time, because once the PIC has occurred it is difficult to perform an orthopedic correction, which may prevent correction to orthodontic or even surgery orthodontics.
- It is important to intervene in skeletal problems on time, because once the PIC occurred it is difficult to perform an orthopedic correction. In the case of not being diagnosed with skeletal problems, the patient could receive more severe treatments such as orthodontic compensation or even orthodontic-surgical correction.
- The conclusions of this study will allow us to know how the growth of the bones behaves to establish a correct diagnosis and orthopedic treatment, on patients with skeletal discrepancy during growth.

BGC Database Agreement Form

JOSE LUIS DOMINGUEZ

josedomilo17@gmail.com