

I

INTRODUCCIÓN

1.1. EL COMIENZO DE UNA CIENCIA

Seguramente nada ha contribuido tanto para el avance de la Ortodoncia como ciencia o especialidad de la Odontología como la "cefalometría". Desde su llegada en 1931, año consagrado como el de su nacimiento, la cefalometría ha sido utilizada intensamente tanto en la investigación como en la clínica diaria, en el campo del diagnóstico de posibles patologías, al estudiar el espacio nasofaríngeo, en la planificación quirúrgica de las deformidades faciales, o en la valoración del crecimiento cráneo facial y finalmente como evaluación de los resultados del tratamiento. Hoy también la cefalometría continúa conservando un papel destacado en la Ortodoncia, incluso en el siglo XXI, hasta el punto de ser imposible obtener un diagnóstico completo sin pasar por la interpretación cefalométrica de la maloclusión. Existe, por tanto, un vínculo indisociable entre Ortodoncia y Cefalometría que se mantiene hasta nuestros días. En este escenario, el presente texto tiene su objetivo en introducir al iniciado en la Ortodoncia en el universo de la cefalometría.

La evolución de la Ortodoncia al comienzo del siglo XX en relación a la interpretación facial de un paciente con maloclusión, así como la preocupación de relacionar los dientes con las bases apicales, maxilar y mandíbula, estimuló el desarrollo de la cefalometría culminando con la creación de los clásicos análisis cefalométricos de Downs, Tweed, Steiner, Ricketts, Sassouni, Jarabak, McNamara, etc..., que darían sustento a las filosofías de diagnóstico y biomecánica dentro de la evaluación ortodóncica. La verdad es que el interés por la belleza y las proporciones faciales es más antiguo que la especialidad misma, comenzando con el Renacimiento en el siglo XVI, cuando los artistas esculpían o pintaban la anatomía humana. Así podríamos mencionar que las primeras contribuciones a la cefalometría fueron realizadas por Da Vinci y Durero en sus trazados anatómicos, aunque no sería hasta mucho más tarde cuando esta disciplina alcanzaría un carácter científico.

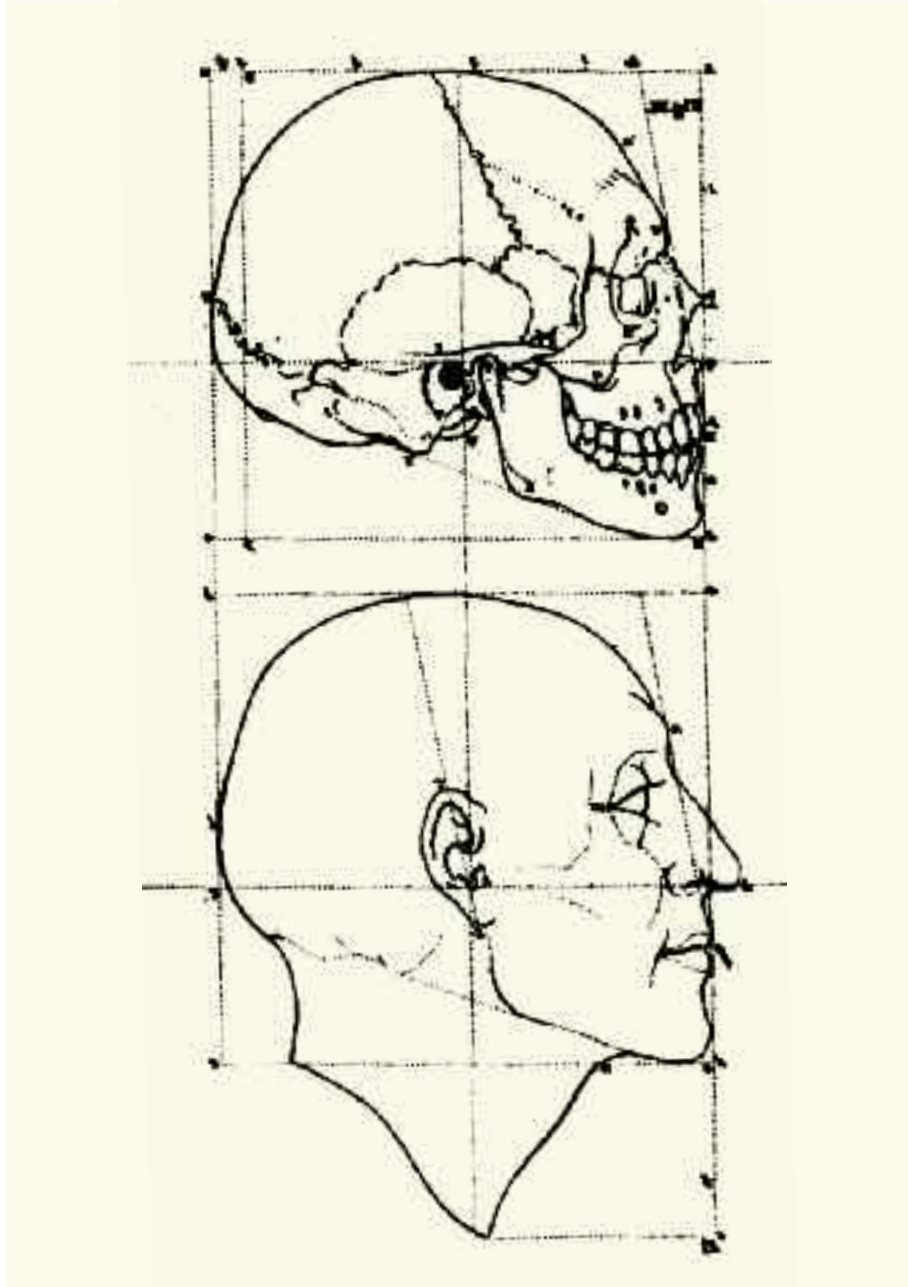
Podemos hablar de la Ortodoncia como ciencia y especialidad en el comienzo del siglo XX gracias al norteamericano Edward Hartley Angle. Cuando Angle se dedicó a los estudios ortodóncicos a finales del siglo XIX, esta práctica era más mutilante que rehabilitadora, donde las extracciones realizadas para compensar el apiñamiento no se acompañaban de aparatología en la mayoría de las ocasiones o como mucho incorporaban una mecánica muy rudimentaria, lejos del control en el movimiento dentario. Con

Angle surge la previsibilidad y el control tridimensional del movimiento ortodóncico en una filosofía revolucionaria "no extraccionista", pues para conseguir una oclusión equilibrada y armónica se pensaba que era imprescindible la presencia de todos los dientes, donde cada uno poseía su lugar exacto en una posición normal. Angle, por tanto, no creía en la etiología genética de la maloclusión.

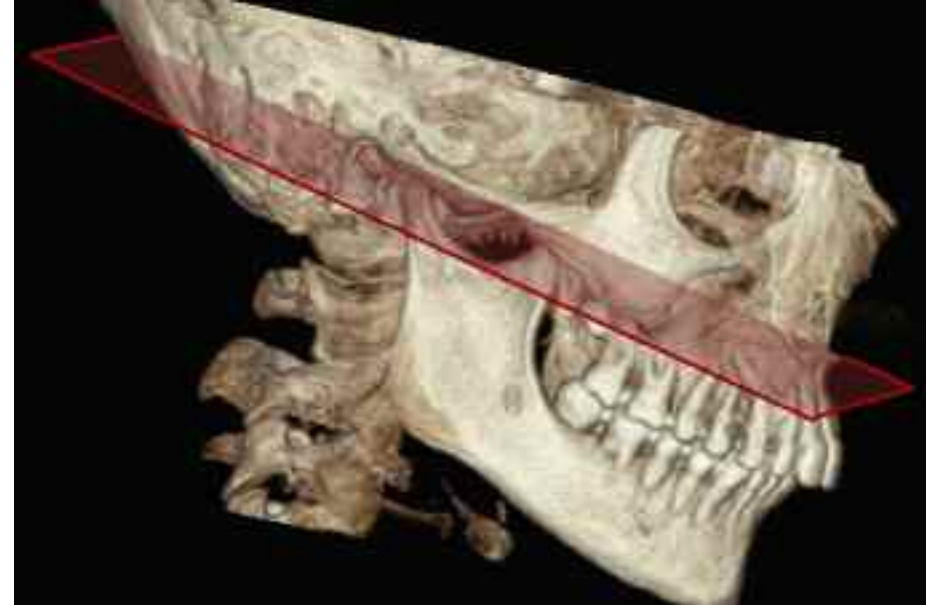
Debido a su fuerte carácter en la defensa de sus ideas, Angle ganó muchos adversarios entre los ortodoncistas que creían en las extracciones dentarias como forma de conseguir mejores resultados con el tratamiento ortodóncico. Calvin Case, por ejemplo, contemporáneo de Angle, preocupado por la posición final de los dientes en relación al resto de estructuras del complejo cráneo facial tras el tratamiento ortodóncico y el crecimiento del individuo, reconocía que en determinados casos la extracción dentaria constituía un procedimiento imprescindible. También defendía la idea de que no debía existir un modelo único de tratamiento, siendo necesaria en algunos casos las extracciones para obtener una estética y función dentofacial adecuadas.

Así se estableció en Ortodoncia una dicotomía "extracción" & "no extracción" que exigía una respuesta individual en cada caso. Con el aumento y la constante mejora de los dispositivos mecánicos en la clínica ortodóncica, se puso en evidencia la necesidad de perfeccionar los medios diagnósticos del momento, de modo que los investigadores comenzaron a buscar otros métodos que pudiesen definir de forma más científica las características dentofaciales del paciente. Angle tan sólo disponía de los modelos obtenidos mediante impresiones tomadas con escayola. Comenzó así la era del análisis de modelos en Ortodoncia; el valor de la información que estos modelos aportaban constituía el principal dato para la confección del diagnóstico y planificación del tratamiento. Estos modelos articulados dieron origen a la primera clasificación morfológica sagital de las maloclusiones, publicada en 1899 en la revista "*Dental Cosmos*", persistiendo su nomenclatura hasta hoy como un lenguaje universal en Ortodoncia: Clase I, Clase II y Clase III. Establecida en función de la relación sagital entre ambas arcadas, dando prioridad a la relación de los primeros molares permanentes, organizando el diagnóstico de la maloclusión.

Ya en esta época se generaliza el uso de las fotografías de frente y perfil en blanco y negro, ganando terreno como instrumento para identificar las



▲ **Figura 1.1.** Planos craneométricos y faciales que evolucionaron a las magnitudes que se utilizan hoy en día (Francis A. Countway Library of Medicine, Boston Medical Library).



▲ **Figura 1.2.** Planos craneométricos precursores de las mediciones cefalométricas actuales. Plano de Camper (1780) en la parte superior y Plano de Frankfurt (1872) mucho más empleado en la cefalometría a pesar de su dificultad en la identificación radiográfica de sus puntos (cortesía del Dr. Ortega).

proporciones faciales. Desde entonces, se desarrollaron numerosos dispositivos con el fin de estandarizar las tomas fotográficas. Hoy en día las fotografías faciales de frente y perfil constituyen una parte imprescindible en la documentación ortodóncica permitiendo la realización del análisis facial, recurso contemporáneo manejado en el diagnóstico de la morfología esquelética de la cara, tanto en Ortodoncia como en cirugía ortognática. Sin embargo, las fotografías faciales no permiten relacionar directamente los dientes con la estructura ósea alveolar. El elemento de diagnóstico tradicional con el que calculamos la interacción entre dientes y bases apicales sigue siendo la cefalometría.

La ausencia de medios diagnósticos que relacionasen directamente los dientes con otras estructuras del complejo cráneo facial, en el comienzo del siglo XIX, llevó a la Ortodoncia a profundizar en la craneometría. Los ortodoncistas adaptaron de los anatomistas y antropólogos algunos planos y ángulos craneométricos que nos ayudasen a conocer estas relaciones. La primera contribución en este campo surgió del trabajo del anatomista holandés Petrus Camper en 1780, estableciendo un plano que pasaba por el centro del meato auditivo externo y llegaba a un punto debajo de la nariz (Figura 1.1), recibiendo el nombre de “plano de Camper”. Su intersección con la línea que unía la glabella con el borde alveolar del maxilar formaba el denominado “ángulo de Camper”, constituyendo el primer intento de cuantificar las relaciones entre la cara y el cráneo, elemento de gran valor en el análisis de las diferentes etnias raciales y de los cambios evolutivos faciales.

En el Congreso de Antropología de 1884 en Frankfurt (Alemania), se seleccionaría el plano presentado por Von Ihering en 1872 como plano de referencia universal, recibiendo el nombre de “plano horizontal de Frankfurt” (Figura 1.2). Trazado desde la porción superior del conducto auditivo externo hasta el borde inferior de la cavidad orbitaria. El plano horizontal de Frankfurt, identificado fácilmente en la craneometría, pasaría a ser empleado en los análisis cefalométricos, a pesar de ser la determinación de los puntos de referencia mucho más compleja en la imagen lateral de cráneo.

El holandés Van Loon y el estadounidense Calvin Case idearon un método donde se establecían las relaciones entre los dientes y las demás estructuras del complejo cráneo facial mediante una cefalometría pura. Emplearon máscaras faciales (Figura 1.3) orientadas según el plano de Frankfurt y modelos articulados encajados en estas estructuras para determinar la relación de



▲ **Figura 1.3.** Confección de la máscara facial de Van Loon mediante los registros en escayola de impresión facial y articulación de los modelos del paciente. (De: Jacobson, A. Radiographic Cephalometry; 2006).

las arcadas dentarias y el perfil facial en las tres dimensiones del espacio. La máscara facial era realizada por medio de la reproducción de la cara después del vaciado en escayola de la impresión obtenida. Este método dejaría rápidamente de ser utilizado debido a la gran dificultad que representaba para el paciente y el profesional.

La posibilidad de extrapolar los estudios antropológicos realizados sobre cráneos a la Ortodoncia comenzaron gracias al descubrimiento de los rayos-X por Wilhelm Conrad Röntgen, el 8 de Noviembre de 1895. Habrá estallado el diagnóstico por la imagen. Los rayos-X representaron un avance extraordinario en Medicina y después de tan sólo un año, en 1896, eran utilizados en el diagnóstico médico en hospitales aplicándose inmediatamente con finalidad ortodóncica. En este mismo año, Welker mostraba la importancia de las radiografías de la cabeza tomadas de perfil, y Berglund en 1914, relaciona el perfil de los tejidos blandos con el perfil óseo.

Con el artículo “Principios fundamentales de un diagnóstico sistemático de las alteraciones dentarias” publicado en 1922, Paul Simon intentó transmitir a los ortodoncistas la importancia de los métodos de investigación apli-

cados por la cefalometría y la craneometría, creando el "Gnatostato" un dispositivo semejante a un articulador con arco facial. Su objetivo era relacionar los dientes con el complejo cráneo-facial en las tres dimensiones del espacio mediante los planos de Frankfurt, orbital y mesiosagital.

También en este año, Pacini publicó sus trabajos sobre cefalometría en una tesis titulada "Radiografías antropométricas del cráneo", por la cual le fue otorgado "Leonard Research Price", premio instituido por la Sociedad Americana de Radiología. Se puede decir que en realidad Pacini fue el que adaptó las técnicas utilizadas en la antropometría sobre cráneos secos a la radiografía en pacientes, estandarizando el procedimiento de situar a los sujetos a una distancia de 2 metros de la fuente de rayos, y utilizando, por vez primera el término de cefalometría. Para su análisis llevó a la radiografía puntos cefalométricos como nasion, pogonion, espina nasal anterior y gonion. Además, definió otros nuevos: turcicon (centro de la silla turca) y acustion (el más superior de la proyección del conducto auditivo externo). Utilizó medidas lineales, angulares y sus proporciones, adaptándolas de la antropología. Todos esos trabajos de Pacini fueron obtenidos sobre la base de la telerradiografía lateral observando que las mediciones radiográficas eran numéricamente más altas que las que se obtenían antropométricamente. Este hecho contribuyó a que el método no se hiciera popular hasta que no se pudo conseguir una forma de estandarizar las radiografías de cráneo.

Sin embargo, antes de la invención del cefalostato, algunos eminentes investigadores utilizaron las radiografías cefalométricas con finalidad ortodóncica. Entre ellos se encuentran el propio Paul Simon, Dreyfus e Izard y el argentino Carrea.

La primera magnitud cefalométrica fue establecida por Carrea, intentando evaluar el prognatismo maxilar. Con este objetivo midió la distancia del punto DN (De Neveza) a la línea facial "Glabela-Pogonio", definiendo que en el caso de un perfil armónico ambas debían coincidir. Aunque Carrea no estableciese puntos sobre el tejido blando, debe destacarse la importancia que ya en esta época se atribuía al tejido blando en las radiografías, al utilizar un alambre maleable de plomo superpuesto al perfil facial del paciente.

Sin duda, el reconocimiento de la cefalometría radiográfica como elemento imprescindible en la documentación ortodóncica con la finalidad de diagnóstico o investigación se produce con la estandarización de la toma radio-

gráfica y la invención del "cefalostato", a partir de los trabajos del estadounidense H.B. Broadbent y el alemán Hofrath. En 1925, Broadbent comenzó a utilizar un craneostato desarrollado por Todd en 1920, con un objetivo claro: mantener fija la cabeza del paciente en una posición constante y reproducible en las sucesivas radiografías que futuramente fuesen realizadas. Financiado por la señora Francis Bolton, Broadbent inició su plan de investigación sobre lo que él mismo denominó "cefalostato". En el año 1931 publica el artículo titulado "Una nueva técnica de rayos X y su aplicación en la Ortodoncia" en la revista Angle Orthodontics, introduciendo por primera vez una técnica estandarizada para evaluar el crecimiento y desarrollo cráneo-facial en niños con edades comprendidas entre los 3 meses y 8 años.

El cefalostato Broadbent/Bolton mantenía la cabeza del paciente en posición fija mediante dos posicionadores auditivos calibrados, las olivas auriculares derecha e izquierda. El plano de Frankfurt del paciente se mantenía paralelo al plano del suelo mediante el indicador orbitario izquierdo, que permanecía al mismo nivel que los posicionadores auditivos. Una vez la cabeza era colocada en posición, se mantenía estable ayudada por un soporte nasal encajado en la punta de la nariz. La base del cefalostato se mantenía inmóvil, y sobre ella se acoplaba una silla odontológica que podía elevarse o descender, de forma que el mecanismo se ajustaba al paciente. El equipo se completaba con dos tubos de rayos X dispuestos a un lado y posteriormente, con los que se obtenían las proyecciones laterales y posteroanteriores respectivamente, ambos fijos a una distancia de 5 pies, aproximadamente 1,5 metros, con esta disposición los rayos centrales se entrecruzaban en ángulo recto en un punto central del dispositivo. El chasis de la película radiográfica encajaba en el cefalostato situándose paralelo al plano medio-sagital en las proyecciones laterales y paralelo al plano transmeatal en las posteroanteriores.

Simultáneamente y en el mismo año, Hofrath desarrollaría en Düsseldorf (Alemania), una técnica descrita en el artículo titulado "Importancia de la telerradiografía en el diagnóstico de las anomalías maxilares", estableciendo una distancia de 2 metros entre el paciente y un único tubo de rayos X para la obtención de la telerradiografía lateral de cráneo. Los trabajos de Broadbent, en los Estados Unidos, y de Hofrath, en Alemania, marcan el inicio de la cefalometría en la Ortodoncia, anunciando la era del análisis cefalométrico y extendiéndose desde el descubrimiento del cefalostato hasta la década de 1980, cuando las informaciones obtenidas por medio de las magnitudes cefalomé-

tricas argumentan con preferencia el diagnóstico, planificación y pronóstico del tratamiento en Ortodoncia.

Después de la invención del cefalostato, han sido incontables los investigadores que han contribuido al desarrollo de la cefalometría como una disciplina ligada a la Ortodoncia, perfeccionando la técnica radiográfica para mejorar la nitidez en la imagen de los tejidos duros o blandos y desarrollando incontables métodos de análisis entre dientes y bases esqueléticas. La repercusión de esta mejora técnica y científica ha permitido a los investigadores comprender el efecto de los aparatos ortodóncicos y ortopédicos sobre el complejo dentofacial y a los clínicos beneficiarse de los numerosos análisis cefalométricos confeccionados para el diagnóstico de las deformidades dentofaciales. El primer análisis cefalométrico utilizado con este fin fue el de Downs (1948, 1952, 1956). Más tarde, muchos otros estudios cefalométricos le siguieron; Steiner (1953, 1959, 1960, 1962), Tweed (1953, 1954) y Ricketts (1960, 1972, 1981). Naturalmente otros análisis aparecieron en el auge de la era del análisis cefalométrico, como el enfoque de "Wits" desarrollado por Jenkins en 1955, y descrito más tarde por Johnston en 1968 y Jacobson (1975, 1976), los análisis de Wylie (Wylie & Jonson 1952), Coben (1955), Sassouni (1969, 1970), Jarabak (Jarabak & Frizzel 1972), Bimler (1973), Enlow y colaboradores (1969), McNamara (1984), Arnet (1993) y muchos otros con menor impacto en la Ortodoncia de nuestros días.

1.2. LAS "ERAS" DEL DIAGNÓSTICO EN ORTODONCIA

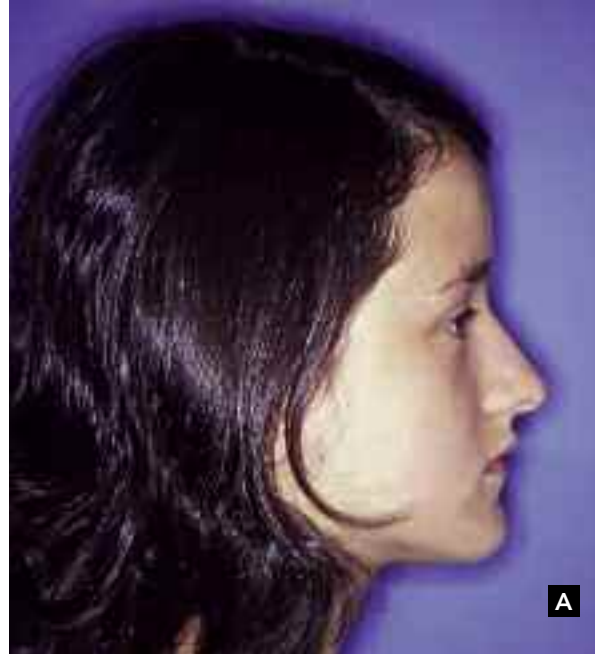
La lectura numérica de la cara y dientes, en la forma que los análisis cefalométricos clásicos proponen, introducen errores y equivocaciones identificadas recientemente, impidiendo que las medidas numéricas obtenidas de estos análisis puedan ser utilizadas aisladamente con una finalidad diagnóstica y sin el auxilio morfológico facial. La cefalometría no pierde importancia en la Ortodoncia clínica, siendo imprescindible en el estudio y la reconstrucción de la maloclusión, independientemente de la ideología mecánica. Sin embargo la cefalometría ganó una nueva perspectiva, el concepto de la interpretación morfológica de la imagen en la telerradiografía: "entender la cefalometría mirando hacia la telerradiografía". La telerradiografía lateral necesita ser evaluada morfológicamente antes que sus estructuras anatómicas sean trazadas y medidas. Esa valoración de estudio morfológico merece una atención por lo menos igual a la desarrollada en la era donde se interpretaba sólo numéricamente al realizar el análisis cefalométrico.

Actualmente la cefalometría comparte su protagonismo en el diagnóstico ortodóncico con el análisis facial. La Ortodoncia contemporánea vive la era del análisis facial, donde la interpretación de la cara por el análisis clínico ganó importancia en el diagnóstico, planificación y definición del pronóstico de tratamiento. El análisis clínico de la estructura de la cara pasó a ser predominante al diagnosticar la maloclusión con la evolución de las técnicas en cirugía ortognática, en la década de 1980. En esta era de estudio facial en la Ortodoncia, la interpretación morfológica de la telerradiografía pasó a tener más utilidad en el diagnóstico que la convencional lectura numérica tradicional de los análisis cefalométricos. El análisis facial, el análisis oclusal y la interpretación de la telerradiografía son importantes en la medida que lo exija la maloclusión. Resumiendo la evolución conceptual, la Ortodoncia puede ser dividida en base a la importancia de los medios de diagnóstico en era del análisis oclusal, era del análisis cefalométrico y, recientemente, era del análisis facial.

1.3. EL DIAGNÓSTICO TRIDIMENSIONAL

Con el creciente aumento en la interpretación morfológica de la imagen en el diagnóstico ortodóncico, la tomografía computerizada (TC) ha ganado espacio en el diagnóstico por la imagen. Este recurso no ha sido usado de rutina pero cada vez más esta siendo solicitado con una frecuencia creciente como complemento del diagnóstico en aquellos casos donde la limitación inherente de una imagen bidimensional en la ortopantomografía y telerradiografía representan límites para la comprensión morfológica de los dientes en la maloclusión (Figuras 1.4 y 1.5). La tomografía computadorizada constituye un recurso útil para definir la posición tridimensional de los dientes dentro del hueso alveolar, disposición de la relación espacial entre los dientes (Figura 1.6), cuantificación y localización de reabsorción radicular y a la vez identifica defectos óseos alveolares imposibles de valorar en imágenes bidimensionales. Quedaría aún mencionar en este apartado la importancia del estudio tridimensional del esqueleto dentofacial mediante la estereolitografía y el prototipaje fruto de la asociación del avance en la informática y los programas de imagen.

La estereolitografía como herramienta del ortodoncista contemporáneo constituye en la actualidad una tecnología realmente útil. Consiste simplemente en poder imprimir la información del estudio de tomografía axial en un modelo en tercera dimensión esto es una escultura de la realidad. Esta tecno-



▲ **Figura 1.4.** La retención en esta paciente (A) de los caninos superiores permanentes patente en la radiografía lateral del cráneo (B), y en la ortopantomografía (C) vaticina un pronóstico pobre en el traccionamiento de los dientes incluidos. Las exploraciones convencionales radiográficas aportan una información limitada en este tipo de alteraciones en la oclusión.



▲ **Figura 1.5.** Las fotografías frontal, laterales y oclusales de la paciente (**Figura 1.4**) muestran la inclinación hacia lingual del sector anterosuperior, así como la falta de espacio en la región de los caninos permanentes de la arcada superior.

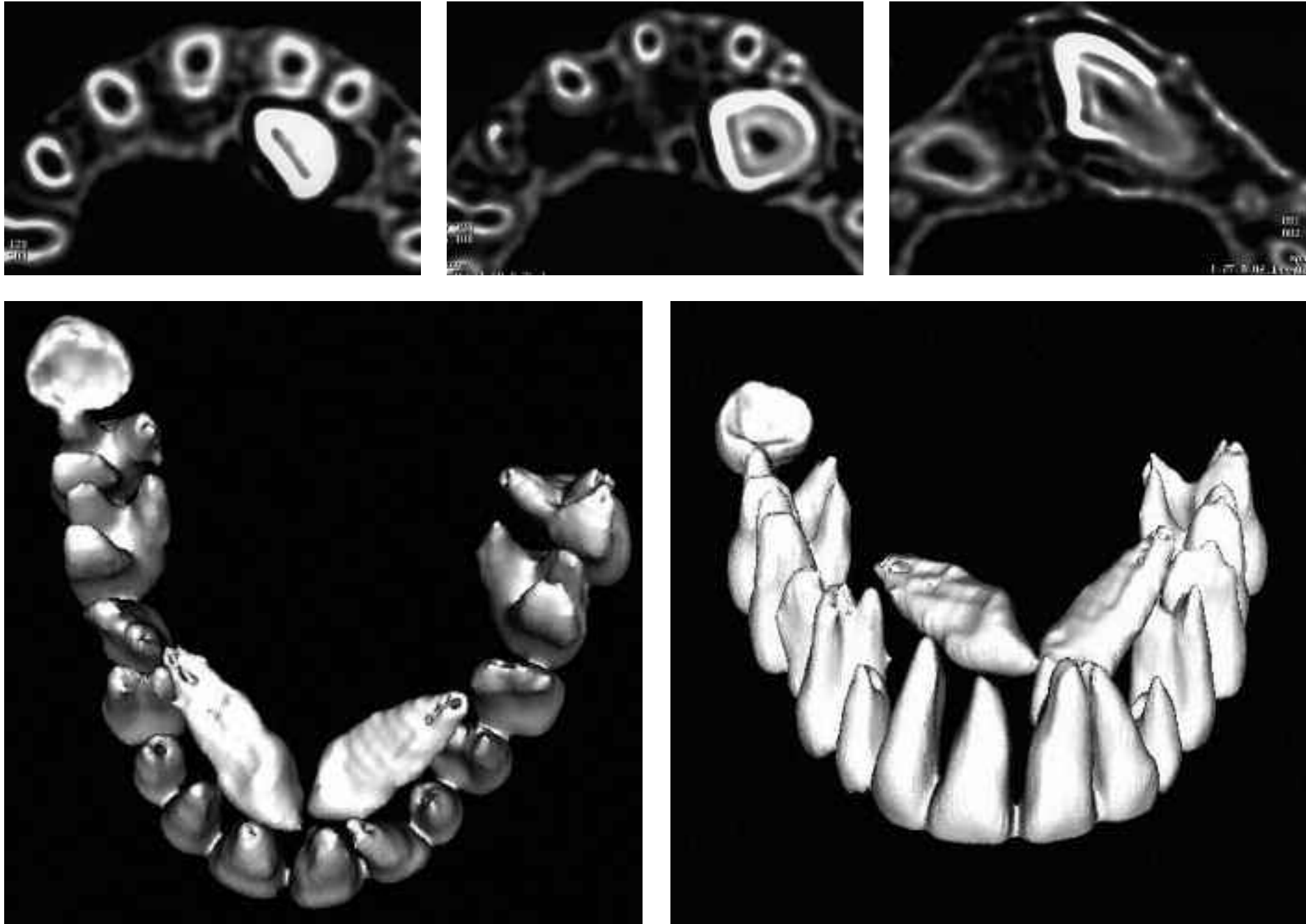
logía se comenzó a utilizar en 1990 con el objetivo industrial de realizar prototipos en metalurgia.

En el modelo actual la utilidad de obtener un modelo mediante estereolitografía se puede resumir en tres argumentos:

- a) La mejora en la comprensión de la patología del paciente. En el caso de las inclusiones o retención de dientes (**Figura 1.7**) la mejora en la comunicación con él.
- b) Poder realizar un mejor planteamiento prequirúrgico, mejorando la confianza del cirujano y el consiguiente ahorro de tiempo. Como

ejemplo de esta situación podemos pensar en la colocación de injerto óseo secundario de hueso autógeno (cresta iliaca) en pacientes afectados de fisura labiopalatina. Lo que nos lleva a la tercera ventaja.

- c) Tener la oportunidad de preparar el material que vamos a introducir en la cirugía como podrían ser los aditamentos de tracción ortodóncica de dientes incluidos (**Figura 1.8**). Un paso más en la escala tecnológica consiste en el prototipado rápido (**Figura 1.6**) donde se obtienen exclusivamente las estructuras dentarias al separar, mediante complejos programas informáticos, hueso y tejidos de menor densidad al diente.



▲ **Figura 1.6.** Las imágenes de la paciente anterior (Figura 1.4 y 1.5) aportadas por la tomografía computerizada, revelan una mayor información posicional de los caninos retenidos, permitiendo establecer un diagnóstico y principalmente un pronóstico del tratamiento más adecuado.

Estos modelos o prototipados dentarios rápidos cuentan con una exactitud del 97%, pero lo más importante es la posibilidad de manipular el modelo físico del problema antes de que la propia cirugía sea realizada.

En los últimos años la tomografía computerizada también ha sufrido una mejora en dos aspectos que limitaban notablemente su uso.

El alto coste de las exploraciones y las dosis elevadas de radiación, que por la tecnología basada en cortes axiales del volumen a estudiar, precisaban de un tiempo de radiación extenso.

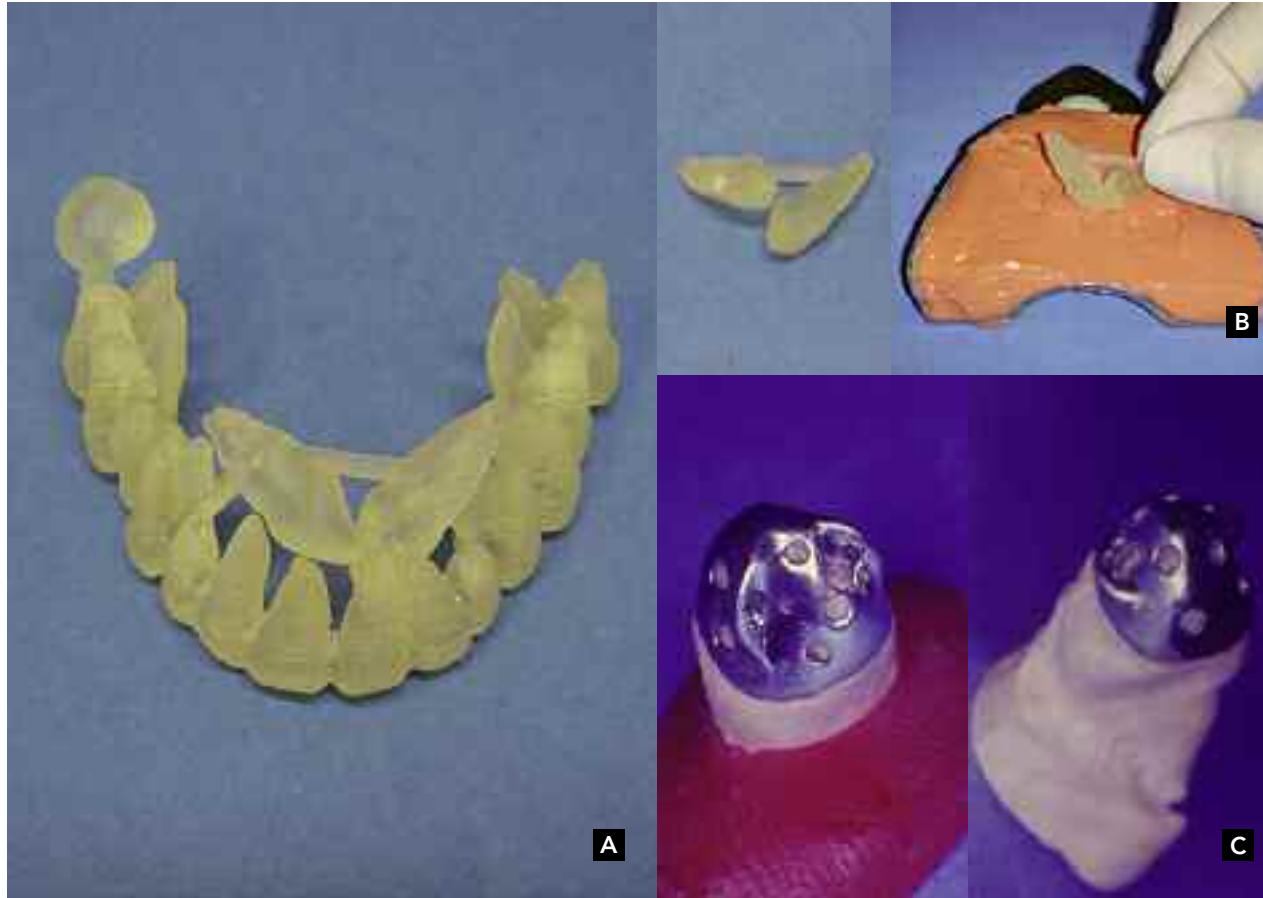
Estos inconvenientes para nuestra especialidad fueron resueltos con los aparatos de tomografía helicoidal de haz cónico (Cone beam) que principalmente por su emisión de radiación en forma de barrido y por el aumento de tamaño y sensibilidad de los captadores del propio tomógrafo, han disminuido el tiempo de exposición espectacularmente.

Las posibilidades de aplicación de la tomografía computerizada en Ortodoncia pasarían por los siguientes puntos:

- 1.º Evaluación del grado de reabsorción radicular de dientes retenidos y su relación con los dientes y estructuras vecinas.
- 2.º Estudio de la posición tridimensional de los dientes retenidos y su relación con los dientes y estructuras vecinas.
- 3.º Control de la remodelación ósea por el movimiento dentario gracias a la observación de la tabla ósea vestibular y lingual.
- 4.º Evaluación de las dimensiones transversales de las bases óseas apicales y en la dimensión de la vía aérea superior.
- 5.º Preparación del injerto óseo en los pacientes con fisura labiopalatina o evaluación de los defectos óseos en la zona del futuro implante.
- 6.º Análisis de la cantidad de hueso alveolar (cuantitativa y cualitativa) para la realización en la zona de microimplantes con objetivos de anclaje ortodóncico.



▲ **Figura 1.7.** La elaboración de modelos físicos en resinas (estereolitografía) obtenidos mediante la superposición de los cortes tomográficos podrán ser utilizados por el cirujano oral en la valoración y planificación del abordaje quirúrgico del traccionamiento.



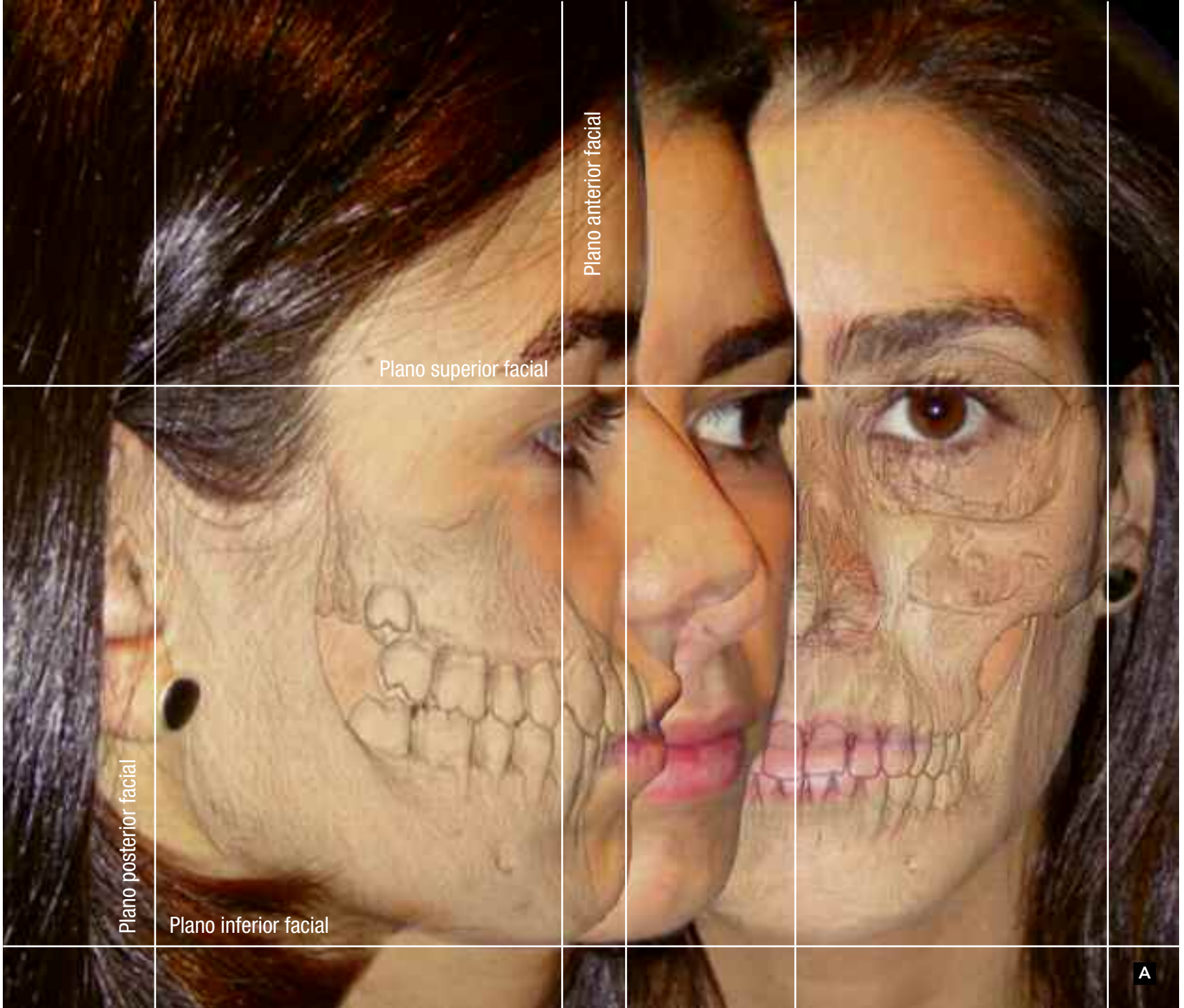
▲ **Figura 1.8.** El prototipo oclusal obtenido mediante la tomografía computerizada (A) permite la fabricación en la superficie coronaria de los dientes retenidos (B) de dispositivos individualizados para el traccionamiento (C). El ahorro de tiempo en la cirugía de exposición y cementado del dispositivo, redundara en un mejor pronóstico del tratamiento.

- 7.º Observación de cálculos que puedan obstruir glándulas salivares.
- 8.º Estudio convencional cefalométrico o posteroanterior con la posibilidad de obtener el corte sagital, transversal o anteroposterior que interesa (Figura 1.9).

La tomografía computerizada de haz cónico da al ortodoncista la capacidad de sólo con un examen, obtener todas las imágenes convencionales en 2D que componen la documentación ortodóncica, sumadas a la visión tridimensional detallada de las estructuras dentofaciales.

Pero no podemos olvidar que no todos los pacientes van a necesitar una exploración tridimensional para su diagnóstico ortodóncico. El profesional debería evaluar cuidadosamente la relación coste-beneficio de esta exploración complementaria: ¿Va la TC a contribuir a cambiar el plan de tratamiento?

Sólo ante una respuesta positiva, el examen tomográfico estará indicado.



Plano posterior facial

Plano superior facial

Plano anterior facial

Plano inferior facial

A



▲ **Figura 1.9.** La utilización de la tomografía computerizada de plano corto (CBCT) aplicada al análisis cefalométrico y facial en tres dimensiones permite ampliar nuestro diagnóstico en múltiples perspectivas. El análisis facial puede desglosarse en vistas laterales, frontales y tres cuartos (A), además de los cuatro planos primarios de referencia que utiliza el análisis: plano anterior facial y lateral (B), plano facial anterior inferior (C) y el plano facial superior (D). La representación volumétrica (*volumetric surface rendering*), utilizando los mismos planos y desde el punto de vista esquelético es observada de las imágenes E, F y G.

2

CEFALOMETRÍA EN LA ORTODONCIA ACTUAL

CONCEPTOS EN LA CEFALOMETRÍA ACTUAL

La *cefalometría* constituye el diagnóstico morfológico del complejo dentofacial mediante la inspección visual de la telerradiografía y de registros o mediciones realizados sobre el trazado cefalométrico. Por tratarse de una evaluación en imagen radiográfica, su denominación más precisa es "*cefalometría radiográfica*", aunque sea conocida y divulgada en la literatura científica simplemente como "*cefalometría*".

La cefalometría constituye el elemento central del concepto y conocimiento actual en Ortodoncia. Sin embargo, presenta también importantes limitaciones, como la ampliación de la imagen y la dificultad de localización en la telerradiografía del contorno exacto de algunas estructuras anatómicas, principalmente las imágenes que se alejan del plano medio sagital, como por ejemplo, la imagen del porion en el conducto auditivo externo, el borde inferior de las órbitas o el contorno de los molares.

A pesar de esto la principal limitación de la cefalometría radica en la bidimensionalidad de una estructura con tres dimensiones, debiendo ser considerada un elemento diagnóstico más, en el intento de establecer un pronóstico y el plan de tratamiento del paciente ortodóncico.

2.1. TERMINOLOGÍA DE LA CEFALOMETRÍA RADIOGRÁFICA

Los términos utilizados normalmente y relacionados con la cefalometría constituyen una terminología muy característica:

Craniometría: ciencia que estudia los registros realizados sobre cráneos secos (Figura 2.1). Fue creada en 1843 como disciplina separada de la Antro-

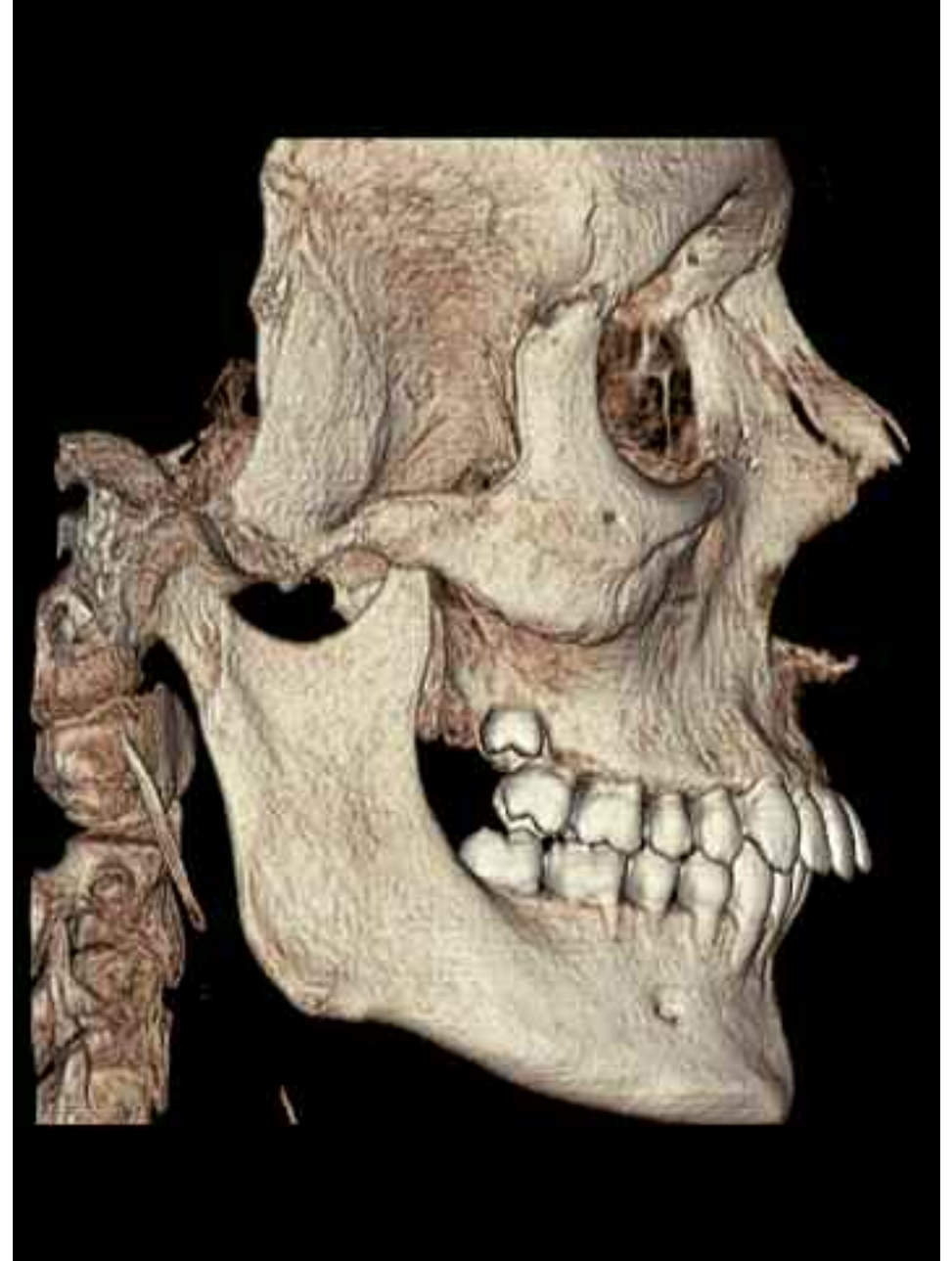
pología por el antropólogo sueco A. Retzius. El cráneo humano posee una gran capacidad de conservación y excelentes posibilidades para el estudio de los elementos básicos del proceso evolutivo biológico a la vez que otros rasgos diferenciales como el sexo, edad o raza.

Telerradiografía: registro radiográfico extrabucal reproducible y estandarizado obtenido mediante la fijación de la cabeza del paciente en un cefalostato y situando el foco emisor de rayos X a una distancia de 1,52 metros. Puede realizarse mediante dos proyecciones: la norma lateral, donde el haz central de rayos X incide perpendicularmente al plano sagital medio, y la norma frontal, donde el haz es perpendicular al plano frontal.

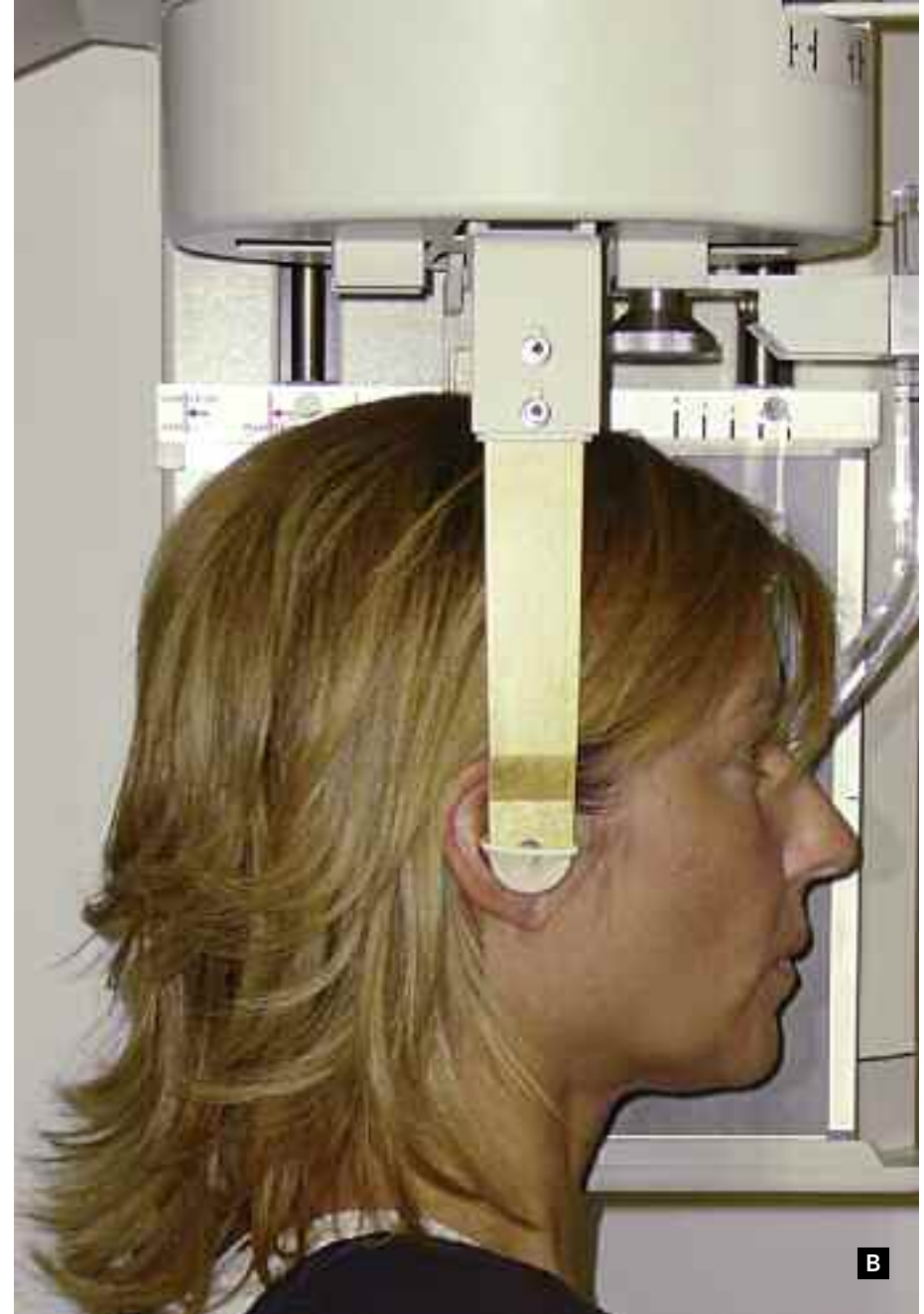
Cefalostato: dispositivo que posiciona e inmoviliza la cabeza del paciente en una relación fija respecto al tubo de rayos X y la placa (Figura 2.2). Estandariza las telerradiografías, permitiendo repetir indefinidamente la misma toma radiográfica.

Cefalograma: trazado realizado en papel de acetato que delimita el dibujo anatómico de la telerradiografía cefalométrica y engloba el conjunto de medidas lineales y angulares obtenidas de la telerradiografía (Figura 2.3). Su comprensión facilita el diagnóstico y plan de tratamiento ortodóncico al determinar el análisis numérico del complejo bucofacial, sus posibles alteraciones y la tendencia de crecimiento, permitiendo además realizar análisis cefalométricos comparativos para un mismo paciente a lo largo del tiempo.

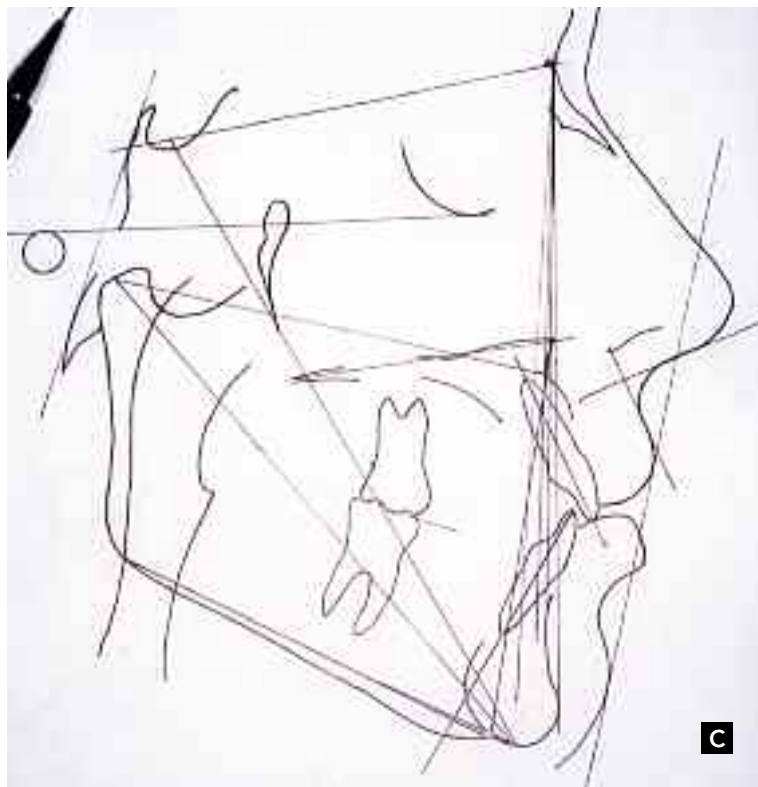
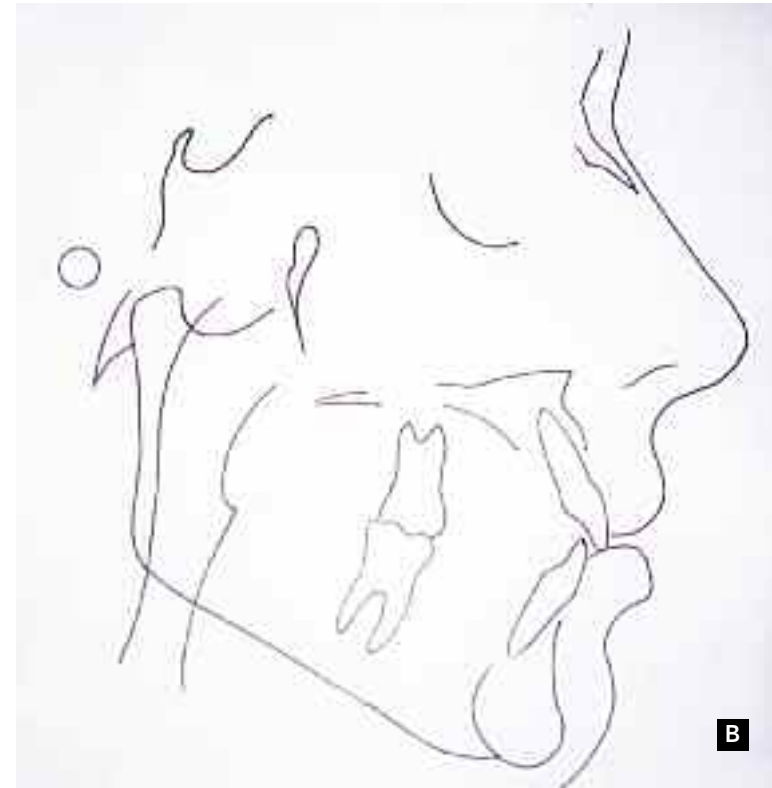
Análisis cefalométrico: es un conjunto de medidas angulares y lineales, agrupadas sistemáticamente con la finalidad de interpretar la posición de los dientes y de las bases óseas apicales: maxilar y mandíbula.



▲ **Figura 2.1.** Los primeros trabajos, en la identificación de los numerosos puntos de referencia, que en la actualidad utilizamos en Ortodoncia, datan de la Antropología. Así, los estudios sobre cráneos secos fueron adaptados a los análisis cefalométricos sobre la imagen radiográfica lateral. Imágenes tomográficas cortesía del Dr. Ortega Aranequí.



▲ **Figura 2.2.** Posición correcta del paciente en el cefalostato en la obtención de una telerradiografía en norma frontal (A) y en norma lateral (B). La protección del paciente con delantal plomado es de vital importancia.

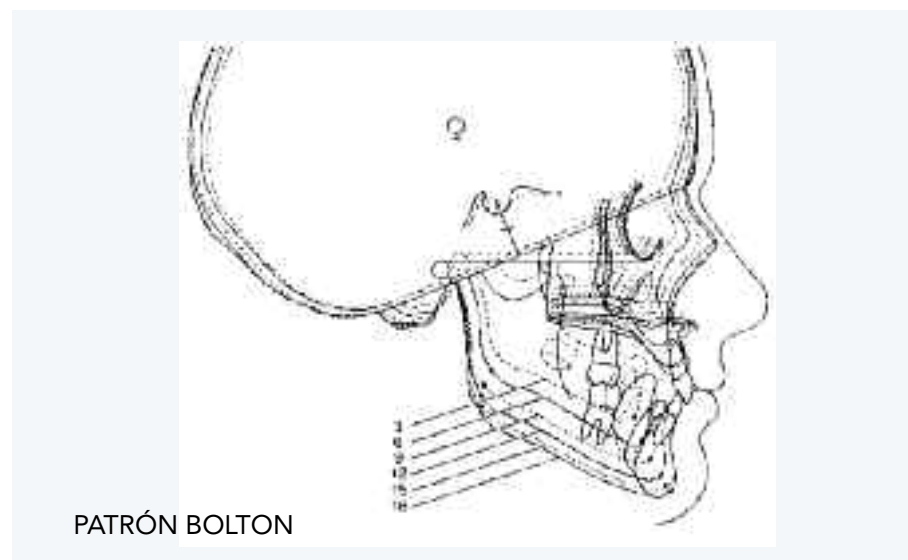


▲ **Figura 2.3.** El trazado de la telerradiografía (A) sobre el negatoscopio y en papel de acetato (Ultraphan: 17,5 cm x 17,5 cm) identifica las regiones anatómicas que serán utilizadas posteriormente en el estudio cefalométrico del paciente (B). El trazado de las magnitudes lineales y angulares (C) compone el cefalograma, verdadero instrumento diagnóstico en la planificación ortodóncica.

2.2. APLICACIÓN DE LA CEFALOMETRÍA EN ORTODONCIA

En nuestra especialidad, la cefalometría posee un gran número de aplicaciones clínicas:

- a) Valoración del crecimiento cráneo facial. Su importancia reside en la gran fiabilidad y precisión que presenta la superposición de sucesivos cefalogramas. Los estudios longitudinales de crecimiento (Figura 2.4) permiten obtener unos patrones de normalidad según la raza y el sexo de gran utilidad comparativa en Ortodoncia.
- b) Evaluación del espacio nasofaríngeo. Los tejidos linfáticos adenoideos pueden obstruir el espacio aéreo de la nasofaringe (Figura 2.5), estos constituyen un importante factor etiopatogénico en el predominio de la respiración bucal que debe ser tenido en cuenta por el ortodontista. La reducción de la permeabilidad aérea puede ser constatada en la telerradiografía lateral cuando el problema tiene su origen en la nasofaringe.
- c) Planificación diagnóstica en las deformidades cráneo faciales. Mediante el análisis de las estructuras dentofaciales (Figura 2.6), la cefalometría ayuda a detectar si la alteración morfológica producida afecta a las estructuras dentarias o esqueléticas permitiendo además valorar la implicación de los tejidos blandos en el futuro pronóstico ortodóncico.
- d) Diagnóstico de posibles patologías instauradas. Son muy variados los cuadros clínicos dentro de la estomatología que cursan con alteración en los registros radiográficos (Figura 2.7) y que pueden detectarse al estudiar la radiografía lateral de cráneo. La cefalometría proporciona una herramienta diagnóstica precoz y efectiva.
- e) Evaluación de los resultados del tratamiento. A través de mediciones seriadas y de superposiciones cefalométricas, es posible discriminar las modificaciones producidas por la mecánica del tratamiento de aquellas suscitadas por el crecimiento cráneo facial (Figura 2.8).



▲ **Figura 2.4.** Registros secuenciales de superposición obtenidos por Bolton en los trazados cefalométricos para ambos sexos desde los 3 a los 18 años representado el crecimiento longitudinal de un paciente facialmente equilibrado.



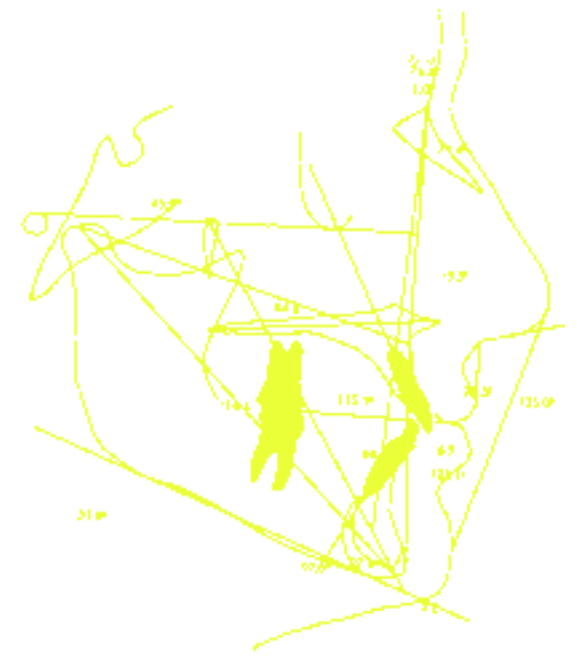
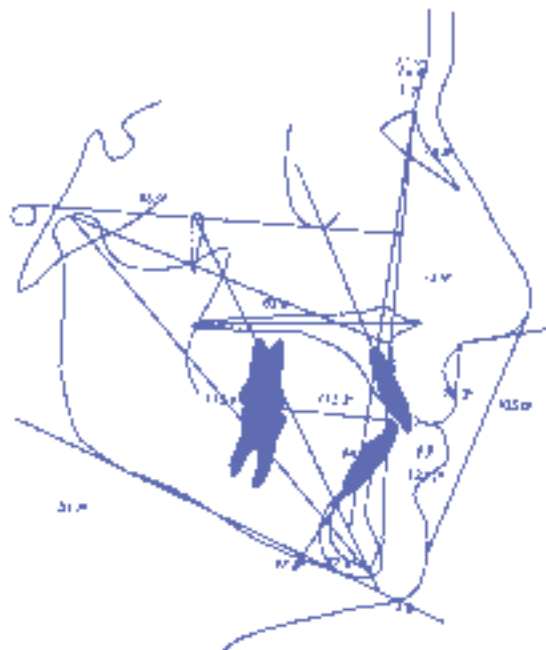
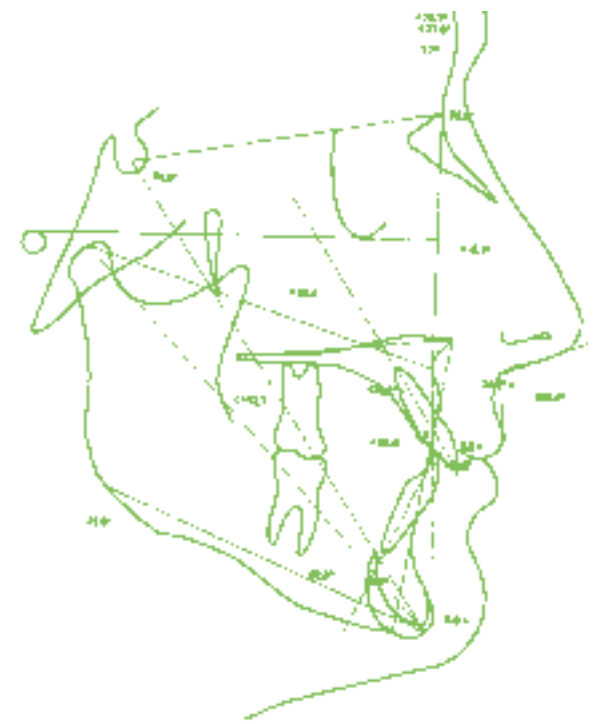
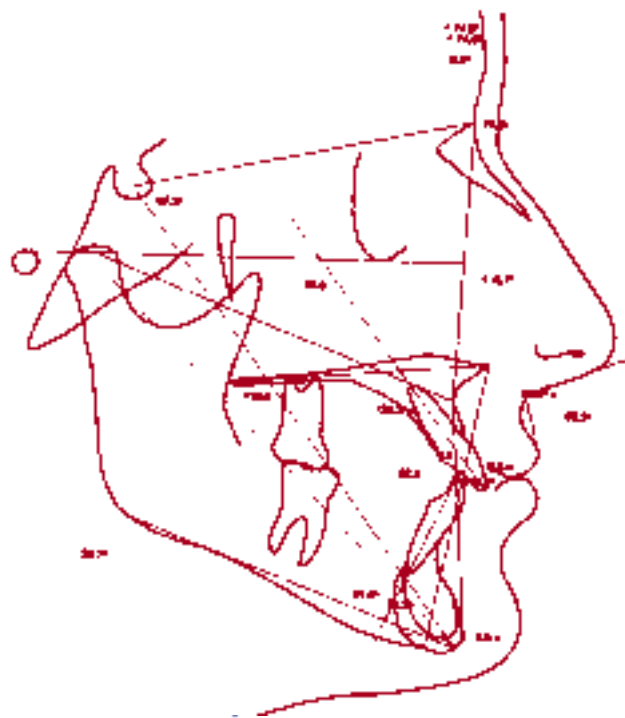
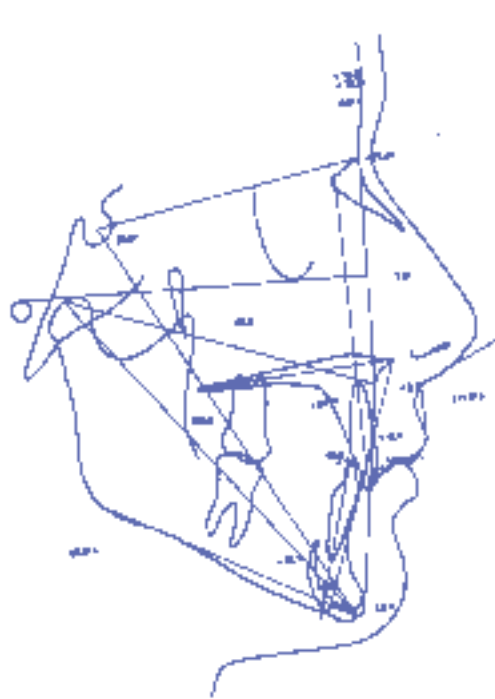
▲ **Figura 2.5.** Obstrucción del espacio aéreo observado en la telerradiografía que sugiere la necesidad de realizar un estudio más profundo por el especialista en Otorrinolaringología.



▲ **Figura 2.6.** El pronóstico en la viabilidad del futuro tratamiento en pacientes con el reborde alveolar maxilar afectado (fisura labiopalatina) puede ser valorado con gran exactitud en la radiografía lateral. Los movimientos de vestibularización en la delgada o inexistente pared ósea cuando no tienen el resultado final de la mecánica ortodóncia.



▲ **Figura 2.7.** El traumatismo precoz de los incisivos temporales superiores impactando sobre el germen del permanente ha originado una alteración en la formación radicular del central superior. Su identificación en la telerradiografía lateral de cráneo aporta una información pronóstica de gran valor.





▲ **Figura 2.8.** Las modificaciones faciales, esqueléticas o dentarias a lo largo del tratamiento ortodóncico son fácilmente cuantificables de forma numérica mediante el trazado de la telerradiografía y la interpretación de las magnitudes del cefalograma. El seguimiento de esta paciente a lo largo del tiempo demuestra los cambios faciales ocurridos durante el crecimiento facial.

3

TOMA DE LA RADIOGRAFÍA CEFALOMÉTRICA

3.1. EL APARATO DE RAYOS X Y EL CEFALOSTATO

La aparatología utilizada para la realización de telerradiografías con fines ortodóncicos debe cumplir una serie de condiciones:

1. Voltaje medido en Kilovoltios, establece la fuerza de penetración de los rayos X. Su amplitud varía entre 80 a 96 KVp. Un voltaje de 90 KVp sería suficiente para atravesar la cabeza del paciente y obtener una imagen de adecuada calidad, aunque puede variar en relación a la edad o la constitución física del paciente.
2. Miliamperaje determina la intensidad de la corriente que pasa por el tubo en forma de electrones. Los valores utilizados oscilan entre 20 a 30 mA.
3. El tiempo de exposición indirectamente influye en la dosis de radiación que el paciente sufre. Viene determinada en miliamperios por segundo (mAs), estableciéndose 0,4 segundos por disparo radiográfico.
4. Tamaño del punto focal menor de 2 mm². La reducción del tamaño del foco emisor disminuye la distorsión de la imagen.
5. Idealmente, la fuente de rayos X debe estar fija, evitándose de esta manera la alteración en la distancia desde el foco a la placa radiográfica.

Para la obtención de una telerradiografía, el aparato de rayos X recibe ciertos ajustes:

1. El haz de rayos X debe dirigirse hacia las olivas auriculares, siendo perpendicular al plano sagital del paciente;
2. La distancia ideal entre el foco emisor y la placa radiográfica se establece según Broadbent en 1,52 metros, mientras que la distancia entre el objeto y la película debe ser la menor posible.

Respetando estos principios, la distorsión por ampliación de la imagen radiográfica es mínima y constante para todas las telerradiografías.

El *cefalostato* es el dispositivo que inmoviliza la cabeza del paciente en una posición constante, garantizando la reproducción de la imagen en suce-

sivas proyecciones radiográficas. Introducido en Ortodoncia por vez primera en 1931, a partir de los trabajos de Broadbent (1931), en Estados Unidos, y Hofrath (1931), en Alemania, volviéndose desde entonces imprescindible en la obtención de la telerradiografía con fines cefalométricos.

Provisto de dos astas radiolúcidas, en cuyos extremos se fijan las olivas auriculares el cefalostato inmoviliza la cabeza del paciente al ser introducidas en los orificios del conducto auditivo externo. Además consta de un soporte fijo que recibe el chasis de la película radiográfica y lo mantiene próximo a la cabeza del paciente, reduciendo la distancia objeto-película y por tanto la distorsión en la imagen obtenida.

Aunque con pequeñas variaciones, existen tres tipos básicos de cefalostatos:

- BROADBENT-BOLTON. Con los mismos principios que el craniostato (fijación de cráneos secos) utilizando un equipo odontológico infantil, Broadbent usó dos fuentes emisoras de rayos X y dos chasis independientes. A pesar de no tener que modificar la posición del paciente en la toma de la telerradiografía lateral y posteroanterior este cefalostato necesitaba dos emisores de rayos X y un mayor espacio físico.
- HIGLEY, presenta en 1940 una única fuente de rayos X y un soporte para un chasis giratorio permitiendo la toma de radiografías laterales, oblicuas y posteroanteriores sin tener el paciente que cambiar la posición.
- MARGOLIS, también en ese mismo año, desarrolló un cefalostato con una sola fuente de rayos y un mínimo de distorsión. La variación angular obtenida con este cefalostato en las diferentes radiografías obtuvo una amplia aceptación en la época.

La estandarización de la toma radiográfica fue establecida de forma universal en el *Primer Congreso de radiografía cefalométrica* realizado en 1957. En esta reunión se acordó utilizar la distancia de 1,524 metros (5 pies) preconizada por Simpson (1928, 1929) y Broadbent (1931). La colocación de la zona izquierda de la cara en contacto con la película y lo más cercana posible para evitar la amplificación en la radiografía fueron normas también establecidas en este primer congreso.

3.2. LAS PELÍCULAS RADIOGRÁFICAS Y LOS INTENSIFICADORES

Compuestas de una base de acetato de celulosa transparente, las películas radiográficas están recubiertas por gelatina que soporta una emulsión de cristales haloides de plata, principalmente bromuros y cloruros.

Clasificadas como lentas, normales, rápidas o ultrarrápidas, la velocidad de la película está en relación directa con el tamaño de los cristales de plata y es inversamente proporcional a la nitidez de la imagen. De esta forma cuanto más rápidas son las películas, una menor exposición de radiación necesitan pero resultando una nitidez pobre.

Los cristales haloides de plata son extremadamente sensibles a numerosos agentes físicos como la radiación visible, los rayos X y Gamma, gases y vapores, como formol, ácido sulfúrico, agua oxigenada o amoníaco, calor o humedad, por lo que deben observarse estrictas condiciones de almacenamiento y caducidad, ya que el paso del tiempo produce una pérdida de sus cualidades.

Por otra parte y unidas a las películas radiográficas se utilizan las pantallas de intensificación con el objetivo de producir un aumento del efecto de los rayos X, permitiendo así disminuir el tiempo de exposición a la radiación. Al ser atravesadas por los rayos X emiten luz visible, fenómeno conocido como “fluorescencia”.

La formación de la imagen se produce por la acción combinada de los rayos X y la fluorescencia. Así, la luz visible contribuye en un 80-95 % del total, mientras que los rayos X completan el 5-15 % restante. Están constituidas por una base de plástico o cartulina recubierta de cristales fluorescentes de tungstenato de calcio o sulfato de bario. El tamaño de estos cristales determina la sensibilidad de la película radiográfica, de forma que a mayor tamaño, mayor rapidez en la producción de la imagen, aunque con una menor nitidez. Para telerradiografías, habitualmente se utilizan placas de sensibilidad de tipo medio.

La película se coloca entre dos pantallas de intensificación, de modo que exista un uniforme y estrecho contacto entre ambas. En caso contrario, se produzcan imágenes con escasa definición y pérdida de claridad.

3.3. REQUISITOS TÉCNICOS EN LA TELERRADIOGRAFÍA

La *telerradiografía* es un tipo de radiografía de la cabeza obtenida bajo condiciones estables, y que ofrece un registro de las estructuras dentarias, tejidos duros y blandos, sin deformación ni aumento apreciable de la imagen, siendo posible superponer sucesivas proyecciones para un mismo paciente con gran precisión. La telerradiografía puede realizarse mediante dos tipos de proyecciones, las normas frontal y lateral (*Figura 3.1*), siendo la segunda mucho más frecuente en Ortodoncia. La norma frontal suele emplearse en clínica para el diagnóstico de asimetrías faciales, en especial en casos donde la cirugía ortognática esté indicada. Sobre ellas se trazan los cefalogramas, que hacen posible la interpretación morfológica del patrón dentofacial de cada paciente.

Como resumen técnico se describen a continuación los requisitos que una telerradiografía debe reunir para ser aceptable en el diagnóstico ortodóncico:

1. La imagen radiográfica de las estructuras dentarias, tejidos duros y blandos, debe observarse con nitidez.
2. El plano de Frankfurt del paciente ha sido situado en la toma de la radiografía paralelo al suelo.
3. La línea del perfil debe mantener cierto paralelismo con el margen derecho de la película radiográfica.
4. El área comprendida entre la silla turca y el punto Nasion será equidistante a los márgenes laterales de la telerradiografía.
5. La punta de la nariz debe encontrarse a una distancia aproximada de 2 cm del margen derecho de la película, y el límite inferior del mentón óseo se situará a 3 cm del margen inferior de la placa.
6. La imagen radiográfica de la oliva posicionadora del cefalostato debe encontrarse lo más cercana posible de la imagen del conducto auditivo externo.
7. Los dientes deben mantenerse en oclusión y los labios en posición de reposo.

Con el fin de proteger los órganos más radiosensibles, es imprescindible utilizar delantales plomados que permitan la absorción de la radiación dispersa.



▲ **Figura 3.1.** Las proyecciones estandarizadas en norma lateral (A) y frontal (B) son convencionalmente utilizadas en la realización del estudio radiográfico del paciente ortodóncico.

Pero además de la posición del paciente, una buena telerradiografía debe presentar simultáneamente una imagen nítida de los tejidos duros y blandos. Como la absorción de los rayos X es directamente proporcional a la masa total de tejido que atraviesan, y los tejidos duros poseen una mayor densidad, también exigen una potencia y tiempo de exposición mayores que los tejidos blandos. Al convivir en el complejo bucofacial ambos tipos de tejidos, una potencia y tiempo de exposición adecuados para los tejidos duros produciría una inadecuada imagen en los tejidos blandos y a la inversa.

Por la imposibilidad técnica de variar ambos factores de exposición en la misma radiografía, se han utilizado a lo largo del tiempo diversas soluciones:

1. Superponer una lámina de aluminio sobre la porción anterior del chasis, de forma que tras hacer incidir los rayos X en la cabeza

del paciente, sean parcialmente filtrados en aquellas regiones que deban recibir menor intensidad de radiación antes de impresionar las sales de plata.

2. Colocar un filtro circular de plomo en el tubo de rayos X, absorbiendo de modo parcial la radiación periférica que incide sobre los tejidos blandos y manteniendo intacta la radiación central para la reproducción de los tejidos con más densidad.
3. Pincelar el perfil del paciente con una sustancia radiopaca, habitualmente sulfato de bario.

En la actualidad los numerosos equipos radiográficos incorporan diferentes dispositivos que mejoran la exposición y cantidad de radiación emitida haciendo posible la uniformidad en el contraste de densidades.