



**UNIVERSIDAD DE OVIEDO
MASTER UNIVERSITARIO DE ORTODONCIA Y ORTODPEDIA
DENTOFACIAL**

**ESTUDIO DE MINIIMPLANTES MEDIANTE
MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO**

FELIPE CASTRO CASTRO

Trabajo Fin de Máster

JUNIO 2013



UNIVERSIDAD DE OVIEDO
MASTER UNIVERSITARIO DE ORTODONCIA Y ORTODPEDIA DENTOFACIAL

**ESTUDIO DE MINIIMPLANTES MEDIANTE
MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO**

Trabajo Fin de Máster

FELIPE CASTRO CASTRO

Dr. Alberto Álvarez Suárez
Tutor



ALBERTO ÁLVAREZ SUÁREZ, Doctor por la Universidad de Oviedo

CERTIFICO:

Que el trabajo titulado “*Estudio de miniimplantes mediante microscopía electrónica de barrido*” presentado por **D. Felipe Castro Castro**, ha sido realizado bajo mi dirección y cumple los requisitos para ser presentado como Trabajo de Fin de Máster en Ortodoncia y Ortopedia Dento-Facial.

En Oviedo a 8 de Mayo de 2013

El anclaje ortodóncico ha sido durante años el quebradero de cabeza de ortodoncistas de todo el mundo.

Aparatos extraorales, otros dientes u otros dispositivos intraorales son utilizados habitualmente por el ortodoncista para dotar de anclaje a sus tratamientos ortodóncicos, sin embargo, cuando se necesita un anclaje máximo, en la actualidad se recurre a los miniimplantes o TADs (Temporary Anchorage Device systems).

Se han descrito en numerosos estudios los distintos tipos de tratamientos ortodóncicos que podemos realizar con la ayuda de los miniimplantes, así como algunos de los factores de riesgo que afectan a su estabilidad primaria y secundaria, tales como el diseño del tornillo, el torque que aplicamos, zonas de inserción, etc; y, por tanto, ligados al éxito de nuestros tratamientos.

En la actualidad los TADs están confeccionados de Titanio grado V, aunque, **como ocurre con muchos otros materiales ortodóncicos, se nos ofrece escasa información de la composición real de los miniimplantes por parte de las casas comerciales.**

El propósito de este estudio consiste en el análisis de la estructura atómica de 4 miniimplantes de algunas de las casas comerciales más demandadas en ortodoncia, escogidos al azar y sin tratamiento previo ni utilización de ningún tipo, con el fin de conocer mejor unos de los principales factores que afectan a la estabilidad secundaria y tener así un arma más a la hora de seleccionar nuestro miniimplante: **ORTHOImplant** (3M Unitek, Monrovia, CA, USA): 1.8 mm diámetro y 10 mm de longitud; **TOMAS®PIN** (Dentaurum, GmbH & Co. Germany): 1.8mm diámetro y 10 mm de longitud.; **DUAL- TOP** (Jeil Medical Corporation, KOREA): 1.8mm diámetro y 10 mm de longitud.; **LEIBINGER®** (Stryker *Leibinger* GmbH and Co, Freiburg, Germany): 1.8mm diámetro y x 10 de longitud.

El análisis se realizó mediante microscopía electrónica de barrido (**MEB JEOL-6610LV**) en los Servicios Científico Técnico del Vicerrectorado de Investigación de la Universidad de Oviedo, más concretamente en la unidad de Microscopía Electrónica de la Unidad científico-tecnológica.

Tras el estudio se comprobó que los cuatro miniimplantes presentaban una alta concentración de Titanio (Ti) en su estructura atómica, así como concentraciones de Aluminio (Al) y Vanadio (V), siendo poco significativas las diferencias halladas entre los distintos miniimplantes analizados, así como entre las distintas zonas estudiadas en un mismo miniimplante.

The orthodontic anchorage has been the headache of Orthodontists from around the world for years.

Extraoral appliances, other teeth or other intraoral devices are commonly used by the orthodontist to provide anchorage to their orthodontic treatment, however, when you need a maximum anchorage, currently use the miniimplantes or TADs (Temporary Anchorage Device systems).

Have been described in numerous studies different types of treatment orthodontic we can perform with the help of the miniimplantes, as well as some of the risk factors that affect its primary and secondary stability, such as the design of the screw, the torque applied, areas of inclusion, etc; and, therefore, linked to the success of our treatments.

Currently the TADs are made of titanium grade V, although, **as with many other orthodontic materials, offered little information of the actual composition of the miniimplantes by commercial houses.**

The purpose of this study is the analysis of the atomic structure of 4 miniimplantes of some of the most popular commercial houses in orthodontics, chosen at random and without previous treatment or use of any kind, in order to better understand some of the main factors that affect the secondary stability and thus have one weapon more when selecting our miniimplante: ORTHOImplant (3M Unitek, Monrovia, CA, USA): 1.8 mm diameter and 10 mm in length; **TOMAS@PIN** (Dentaurum, GmbH & Co. Germany): 1.8mm diameter and 10 mm in length.; **DUAL-TOP** (Jeil Medical Corporation, KOREA): 1.8mm diameter and 10 mm in length ; **LEIBINGER**[®] (Stryker *Leibinger* GmbH and Co, Freiburg, Germany): 1.8mm diameter and 10 mm in length.

The analysis was performed using scanning electron microscopy (**SEM JEOL-6610LV**) in Scientific and Technical Services of the Office of Research at the University of Oviedo, specifically in the Electron Microscopy Unit of science and technology Unit.

After the study there was verified that four miniimplants were presenting a high concentration of Titanium (Ti) in his atomic structure, as well as concentrations of Aluminium (Al) and Vanadium (V), being slightly significant the differences found between the different analyzed miniimplants, as well as between the different zones studied in the same miniimplant.

ÍNDICE

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	15
2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	25
3. MATERIAL Y MÉTODOS	
3.1.MINIIMPLANTES.....	29
3.2.MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO.....	30
4. RESULTADOS	
4.1.ANÁLISIS MINIMPLANTE 3M.....	37
4.2.ANÁLISIS MINIMPLANTE DENTAURUM.....	42
4.3.ANÁLISIS MINIMPLANTE JEIL.....	47
4.4.ANÁLISIS MINIMPLANTE LEIBINGER.....	50
5. DISCUSIÓN.....	57
6. CONCLUSIÓN.....	61
7. BIBLIOGRAFÍA.....	65

INTRODUCCIÓN

El anclaje ha sido siempre una parte fundamental del tratamiento ortodóncico convencional.

Hasta hace relativamente pocos años el anclaje ortodóncico normalmente nos lo proporcionaban otros dientes, aparatos extraorales o dispositivos intraorales. Estos sistemas de anclaje son limitados por varios factores: presentan una biomecánica compleja y, en muchos casos, necesitan de un elevado grado de colaboración por parte del paciente.

Cuando el anclaje máximo es necesario, los *miniimplantes* aparecen como una nueva alternativa en el tratamiento ortodóncico, ya que estos dispositivos son insertados en el hueso proporcionándonos un anclaje eficaz (el anclaje esquelético)¹.

Los TADS (sistemas de anclaje óseo temporal) engloban todas las variantes de implantes, tornillos y pins instalados específicamente para proveer anclaje ortodóncico y que serán removidos al finalizar el tratamiento biomecánico.

Este término comenzó a utilizarse desde 2005 (Mah y Bergstrand)², a partir de la publicación de los resultados de una reunión celebrada en los Estados Unidos con el objetivo de estandarizar la terminología existente.

Después de años de investigación se ha comprobado que el material para la confección de los miniimplantes con mayor biocompatibilidad es el titanio. Se le utiliza con una superficie pulida en lugar de la microarenada de los implantes protésicos porque, a diferencia de éstos, no se busca la osteointegración.

Actualmente, se utiliza el *titanio grado V*, ya que sus características impiden la osteointegración, manteniendo, sin embargo, el mismo nivel de resistencia.

Los microimplantes se presentan en el mercado con un rango de 4 mm a 12 mm de longitud y de 1,2 mm a 2 mm de diámetro, así como en diferentes diseños que nos permiten tener una gran variedad de posibilidades a la hora de seleccionar el más óptimo para nuestro uso clínico.

Desde el comienzo de su utilización en ortodoncia los miniimplantes han sido objeto de numerosos estudios con el fin de obtener mayor información y, por lo tanto, más armas a la hora de realizar nuestra selección.

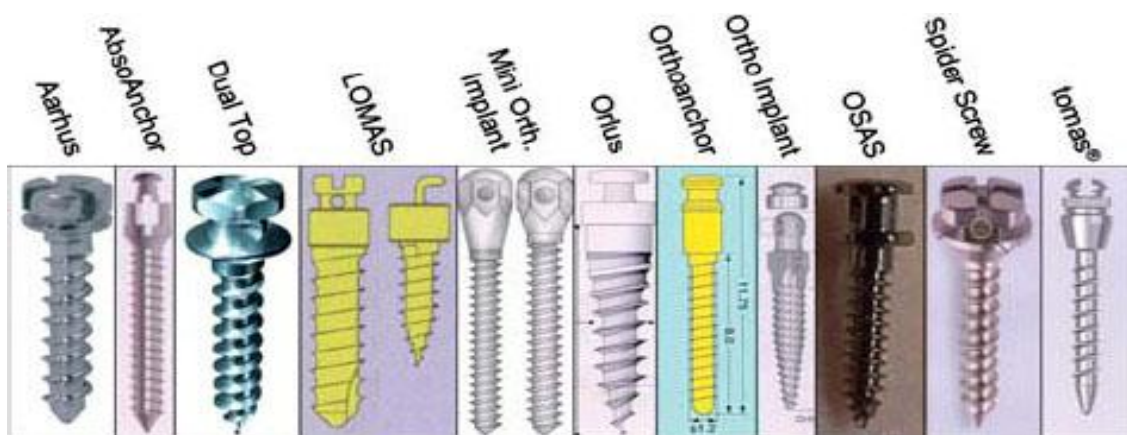


Figura 1. Distintos tipos de microimplantes según las marcas comerciales
(Tomada de J Orofac Orthop 2007 Nov; 68(6): 443-61)

Los implantes dentales, que bien han sido descritos en la literatura prostodóntica, también han sido utilizados en la práctica ortodóncica hasta la aparición de los sistemas de anclaje óseo temporal (TADs).

Existen diferencias sustanciales entre los implantes convencionales y los TADs:

- Los implantes convencionales, generalmente son cargados tras la oseointegración, ya que son requeridos para su permanencia a lo largo del tiempo, mientras que los miniimplantes ortodóncicos, por lo general son cargados mucho antes de alcanzar la oseointegración y son requeridos de manera temporal.
- Los implantes convencionales están sujetos a las elevadas fuerzas intermitentes de la masticación mientras que las fuerzas que actuarán sobre los TADs serán ligeras y continuas.
- La dirección de carga y el tamaño también varía entre los dos sistemas³.

Comparado con los implantes tradicionales, los minitornillos presentan numerosas ventajas⁴:

1. tamaño más pequeño
2. mayor flexibilidad en la elección del sitio de colocación
3. facilidad de colocación
4. coste reducido
5. no necesidad de espera para cargarlos
6. fáciles de remover

Con el desarrollo de los dispositivos de anclaje óseo temporal (TADs), se comienza a observar que movimientos ortodóncicos complejos difíciles de realizar en determinadas fases del tratamiento convencional pasan ahora a ser bastante fáciles de alcanzar⁵.

Por tanto, el anclaje esquelético obtenido con dispositivos de anclaje temporal (TADs) se ha convertido en un método aceptable y eficaz para proporcionar el anclaje adicional necesario durante el tratamiento ortodóntico.

Además, con el paso de los años, no solo se han aceptado por los clínicos sino también por los pacientes como alternativas viables a los dispositivos extraorales en situación de insuficiente apoyo dental para el anclaje o en pacientes que no están dispuestos a la utilización de aparatos extraorales.

En una revisión bibliográfica realizada en el año 2011, Manni et al. describen numerosos tratamientos que se pueden realizar con miniimplantes⁶:

- protracción molar
- retracción canina
- corrección de líneas medias dentales
- cierre de espacios
- retracción de incisivos maxilares
- distalización molar
- desimpactación molar
- tratamiento de caninos impactados
- intrusión molar
- corrección de planos oclusales con canteo
- otros

En la actualidad nos podemos encontrar una gran variedad de miniimplantes en el mercado.

Como ya adelantábamos, los minitornillos se pueden encontrar según su diseño (cilíndricos o cónicos), su diámetro y longitud, el diseño de su cabeza, autoroscantes o autoperforantes, monocorticales o bicorticales, etc; variables que debemos conocer para asegurar una correcta selección en cada caso⁷.

Durante estos años muchos estudios han evaluado el éxito clínico de este dispositivo ortodóncico, dirigiéndose la mayor parte de ellos al análisis de los diversos factores de riesgo que pueden hacer que el miniimplante fracase: estudio y selección del paciente, calidad del hueso, estabilidad primaria y secundaria, carga del miniimplante, diámetro del agujero piloto, acto quirúrgico, etc.⁸

Se ha publicado en diversos artículos que el diseño de los miniimplantes influye enormemente en la estabilidad primaria y secundaria durante todo el tratamiento ortodóncico.

La *estabilidad primaria* se refiere a la fuerza del tornillo y el anclaje asociado en el hueso inmediatamente después de su inserción.

Este término es de gran importancia, ya que como publico Florvaag en el año 2010, la falta de estabilidad primaria tiende a hacer que los minitornillos se hagan cada vez más móviles y, en última instancia, conduzcan al fracaso del tratamiento⁷.

La estabilidad primaria de un minitornillo es un factor importantísimo a tener en cuenta ya que la mayor parte de incidencias de fracaso del miniimplante ortodóncico ocurren en la etapa temprana.

La inflamación como consecuencia de un interfaz de tornillo-hueso pobre, el diámetro de tornillo, la longitud, el diámetro del agujero piloto o la forma de rosca se entienden como factores importantes a tener en cuenta para una correcta estabilidad primaria del miniimplante.⁹

En la actualidad no existe ningún patrón estándar para medir la estabilidad primaria del miniimplante⁷ aunque se utilizan diversos métodos de predicción de la estabilidad inicial.

Uno de estos sistemas utiliza el momento de rotación de inserción para evaluar la estabilidad mecánica de los miniimplantes.

En el año 2011 Wilmes et al. realizan un experimento tras el cual indican que para reducir al mínimo el riesgo de fractura en miniimplantes de 1,6 mm se recomienda un momento de rotación de inserción de 5-10 Ncm (50-100 Nmm)

Publican además que valores más altos pueden causar la fractura del miniimplante.¹⁰

Otro factor estudiado en numerosas publicaciones es el diámetro y longitud del miniimplante.

En 2008 Lim et al. observan que la inserción de los mini-implantes aumenta significativamente al aumentar la longitud y el diámetro del microtornillo⁹.

Además, los diámetros de los miniimplantes tienen un impacto principal sobre los valores del momento de rotación en relación a las fracturas. Así, parece ventajoso usar miniimplantes del diámetro más grande que podamos.¹⁰

Por tanto, todos estos estudios indican que una estabilidad primaria suficiente, moderada por el momento de rotación de inserción, parece jugar un papel principal en la tarifa de supervivencia durante el tratamiento.

En el año 2010, Cho et al. publican que no solo debemos tener en cuenta el momento de rotación sino también la dirección del mismo, afirmando que un momento de rotación en sentido contrario a las agujas del reloj puede ser un factor de riesgo para reducir la estabilidad del minitornillo¹¹.

Además de tener influencia sobre los valores del momento de rotación, el diámetro de los miniimplantes tiene un papel importante en la estabilidad del tornillo.

En el año 2007 Motovoshi et al. certifican que la longitud del mini-implante está relacionada con el grado de éxito del mismo. Mini-implantes de 12 mm o más tienen un 100% de éxito, aunque existe mayor riesgo de rozar las raíces dentarias¹².

Crismani et al. publican en el año 2010 que tornillos de 1.2 mm de diámetro y al menos 8mm de longitud son preferibles, ya que son estables y reducen al mínimo el riesgo de una posible impactación contra las raíces adyacentes¹³, lo cual constituye un riesgo de fracaso del miniimplante¹⁴ como ya explicó Asscherikkx en el año 2008.

Por tanto, indican que tornillos menores de 8 mm de longitud y 1,2 mm de diámetro deben ser evitados en la medida de lo posible¹³.

Además de diámetro y longitud debemos tener en cuenta el tipo de miniimplante: monocortical o bicortical., ya que presentan diferencias significativas a tener en cuenta en nuestra clínica.

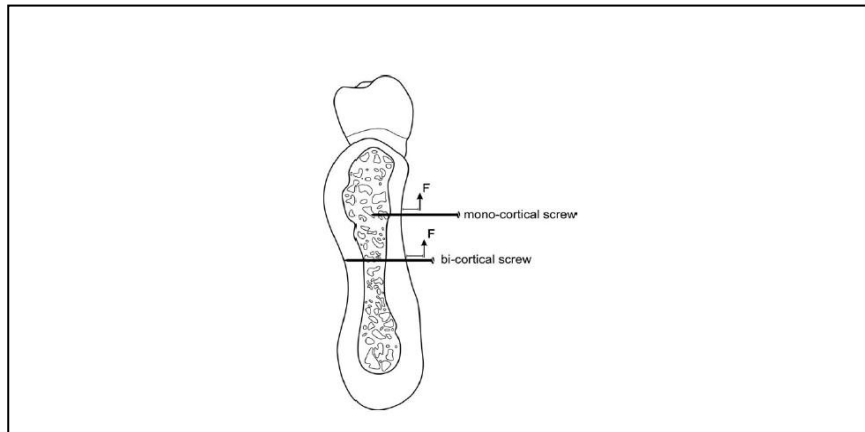


Figura 2. Monocorticales y bicorticales
(BRETTIN, 2008⁴)

Los mini-implantes bicorticales atraviesan todo el ancho de los alveolos, proveen al ortodoncista de más resistencia de anclaje, reduciendo el estrés en el hueso cortical y ofreciendo una estabilidad superior comparada con los mini-implantes monocorticales que sólo atraviesan una cortical sin llegar a atravesar todo el ancho del alveolo.⁴

En el año 2009, Morarend et al. realizan un experimento in vitro en el que concluyen que el diámetro más grande de los tornillos monocorticales (de 2.5 mm) proporciona mayor fuerza de anclaje comparada con el diámetro más pequeño (1.5 mm)

Establecen también que los tornillos bicorticales de diámetro más pequeño (1.5 mm) proveen al menos la misma fuerza de anclaje que los tornillos monocorticales de mayor diámetro (de 2.5 mm)¹⁵

Otro factor recurrente en diversas publicaciones es el diseño del tornillo según sea cónico o cilíndrico presentándose diferencias a tener en cuenta.

En el año 2010 Florvaag et al. publican que un diseño de tornillo cónico proporcionará una mayor estabilidad primaria que la ofrecida por los tornillos de tipo cilíndrico⁷

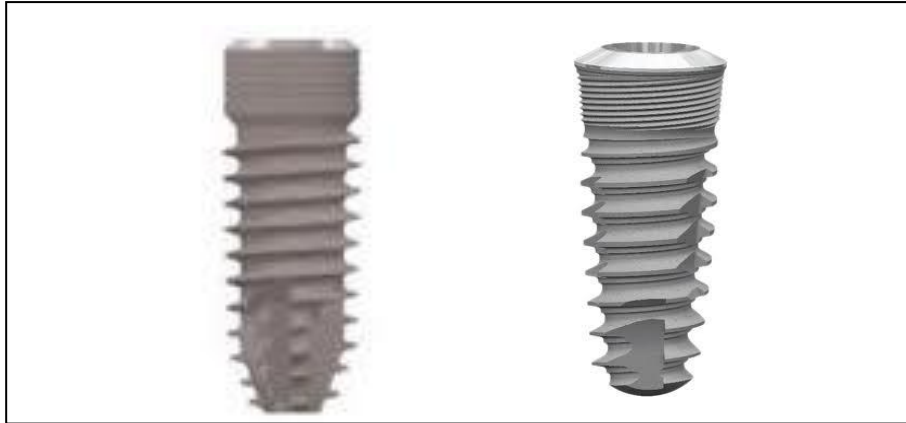


Figura 3. Miniimplante cilíndrico y cónico

No solo debemos tener en cuenta factores relacionados con la estructura interna del tornillo para asegurarnos un alto índice de éxito en nuestra práctica con miniimplantes ya que, como publica Lim et al. en el año 2011, la habilidad del clínico y la elección de la zona de inserción son factores a tener en cuenta en cuanto a la estabilidad primaria del mini-implante ¹⁶.

Como hemos visto, además del estudio externo de los minitornillos, otros estudios comunes en la literatura nos hablan del procedimiento quirúrgico; de la dirección de colocación del miniimplante, la carga, características del paciente, zonas de inserción del miniimplante, etc.

Sin embargo, **los estudios sobre la microestructura interna del miniimplante son todavía muy poco frecuentes en la literatura** a pesar de que en el año 2012 AlSamak et al. publicaron que **la composición química y la superficie del miniimplante son factores a tener en cuenta para la estabilidad secundaria al influir en la respuesta celular tras la colocación del miniimplante**⁵.

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

En los últimos años, los miniimplantes han constituido una de las formas más eficaces a la hora de conseguir anclaje para la realización de nuestros tratamientos ortodóncicos.

Como es habitual en ortodoncia, los materiales que utilizamos en nuestra clínica diaria proceden directamente de las casas comerciales sin apenas información sobre su composición exacta.

El objetivo de este estudio es analizar la estructura interna de 4 miniimplantes de algunas de las casas comerciales más utilizadas en la actualidad, comprados de manera aleatoria, con el fin de conocer mejor las posibles diferencias estructurales tanto entre sus distintas partes como entre unas marcas y otras con el fin de obtener un arma más a la hora de seleccionar nuestro miniimplante:

- **ORTHOImplant** (3M Unitek, Monrovia, CA. USA)
- **TOMAS®PIN** (Dentaurum, GmbH & Co. Germany)
- **DUAL-TOP** (Jeil Medical Corporation. Korea)
- **LEIBINGER**® (Stryker Leibinger GmbH and Co. Freiburg, Germany)

MATERIAL Y MÉTODOS

Estudiaremos mediante microscopía electrónica de barrido los siguientes miniimplantes para comprobar su composición exacta:

1. **ORTHOImplant** (3M Unitek, Monrovia, Ca. USA): 1.8 mm diámetro y 10 mm de longitud.
2. **TOMAS®PIN** (Dentaurum, GmbH & Co. Germany): 1.8mm diámetro y 10 mm de longitud.
3. **DUAL-TOP** (Jeil Medical Corporation. Korea): 1.8mm diámetro y 10 mm de longitud.
4. **LEIBINGER**® (Stryker Leibinger GmbH and Co. Freiburg, Germany): 1.8mm diámetro y x 10 de longitud



Figura 4. Fotografía de los miniimplantes analizados

En el microscopio electrónico de barrido se hace incidir un delgado haz de electrones acelerados, con energías desde unos cientos de eV hasta unas decenas de keV (50 KeV), sobre una muestra gruesa, opaca a los electrones. Este haz se focaliza sobre la superficie de la muestra de forma que realiza un barrido de la misma siguiendo una trayectoria de líneas paralelas.

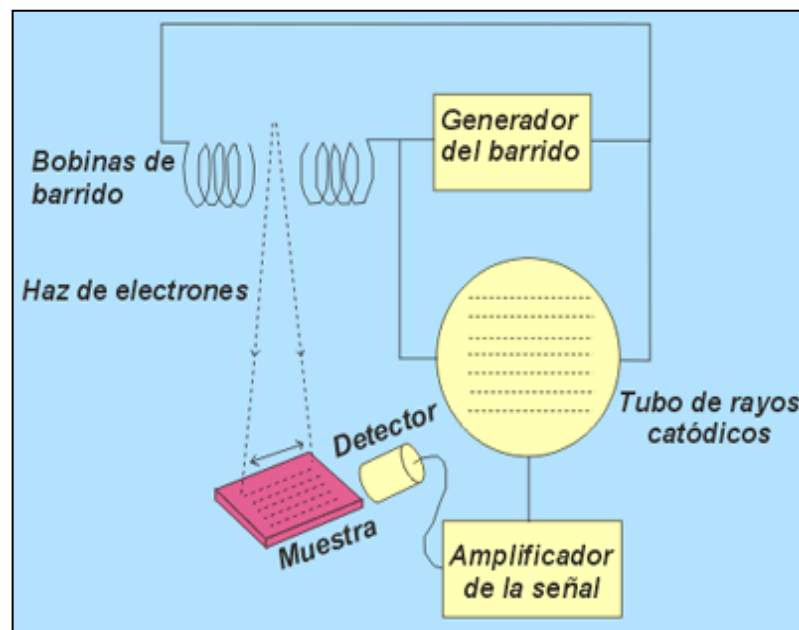


Figura 5. Esquema del microscopio electrónico de barrido

De todas las formas de radiación resultantes de la interacción del haz incidente y la muestra hay dos realmente fundamentales en el microscopio de barrido: los *electrones secundarios* y los *electrones retrodispersados*. Los primeros son electrones de baja energía (decenas de eV) que resultan de la emisión por parte de los átomos constituyentes de la muestra (los más cercanos a la superficie) debido a la colisión con el haz incidente. Los electrones retrodispersados sin embargo, son electrones del haz incidente que han interactuado (colisionado) con los átomos de la muestra y han sido reflejados. La intensidad de ambas emisiones varía en función del ángulo que forma el haz incidente con la superficie del material, es decir depende de la topografía de la muestra.

La señal emitida por los electrones y radiación resultantes del impacto se recoge mediante un detector y se amplifica para cada posición de la sonda. Las variaciones en la intensidad de la señal que se producen conforme la sonda barre la superficie de la muestra, se utilizan para variar la intensidad de la señal en un tubo de rayos catódicos que se desplaza en sincronía con la sonda. De esta forma existe una relación directa entre la posición del haz de electrones y la fluorescencia producida en el tubo de rayos catódicos. El resultado es una imagen topográfica muy ampliada de la muestra.

El aumento de la imagen producido por el microscopio de barrido resulta de la relación entre las dimensiones de la imagen final y el área de la muestra que ha sido barrida. Así, por ejemplo, si la sonda barre un área de 1 mm^2 de la muestra y la imagen en la pantalla es de 100 mm^2 , ésta ha sido ampliada 100 veces. Este microscopio tiene un rango de aumentos que varía desde $\times 10$ hasta $\times 200.000$ con una distancia focal de 35 mm. El poder de resolución del microscopio es determinado directamente por el área mínima que la sonda es capaz de escanear. El menor diámetro de la sonda con un número mínimo de electrones.

Si la muestra no es buena conductora se acostumbra a recubrirla con una película conductora metálica o de carbono para evitar que ésta se cargue cuando sea irradiada.

Modos de operación: si el microscopio dispone de varios sistemas de detección es posible diferenciar entre energías electrónicas, principalmente entre la señal producida por los *electrones secundarios* y la generada por los *electrones retrodispersados*.

Con los *electrones secundarios* se obtiene una imagen de apariencia tridimensional de la muestra (figura 6):

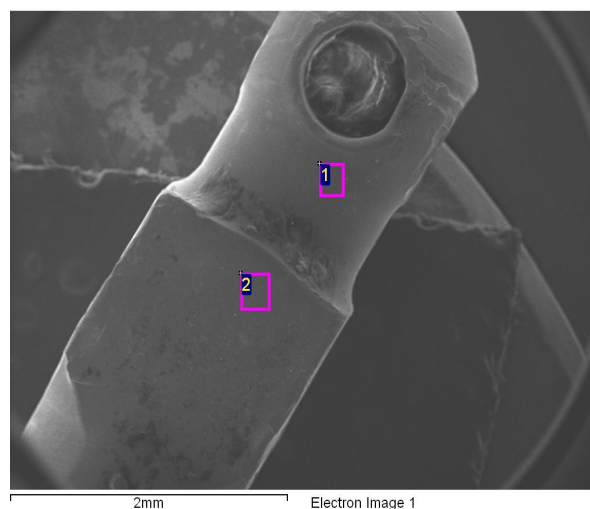


Figura 6. Imagen 3D de la muestra

La intensidad de emisión de los electrones retrodispersados depende del número atómico medio de los átomos de la muestra, así los átomos más pesados producen mayor cantidad de electrones retrodispersados. Una imagen originada por los *electrones retrodispersados* revela diferencias en la composición química por diferencias de contraste (fig.7):

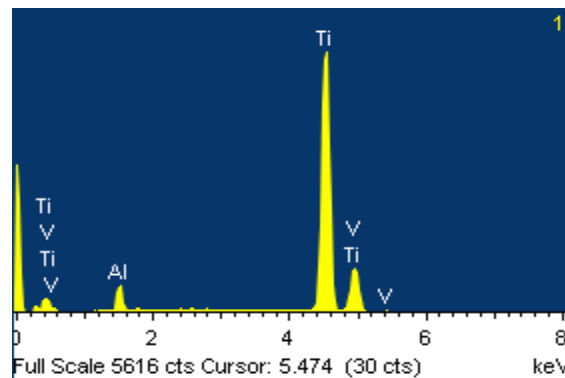


Figura 7. Espectrograma

El espectro de radiación X emitido por un mineral en el proceso puede ser utilizado para hacer un microanálisis químico semicuantitativo mediante [espectrometría de dispersión de longitudes de onda](#). (fig.2) Los electrones incidentes excitan los átomos de la muestra y provocan la emisión de rayos X cuya longitud de onda (λ) es característica de los elementos presentes en la muestra y cuya intensidad para una determinada longitud de onda es proporcional a la concentración relativa del elemento a esa λ .

Normalmente se obtiene un análisis cualitativo de los constituyentes mayoritarios y minoritarios de pequeñas áreas (1 mm). Sin embargo, en muestras planas y bien pulidas es posible hacer análisis cuantitativos al comparar la intensidad de los rayos X a cualquier λ con la producida en una muestra estándar (patrón) de composición conocida. La precisión de un análisis cuantitativo normalmente es mayor del $\pm 2\%$ y los límites de detección están alrededor de las 100 ppm en análisis rutinarios, llegando a ser de 10 ppm en circunstancias excepcionales.

Es preciso hacer una corrección (ZAF) en función de tres factores: número atómico (Z), absorción (A) y fluorescencia (F) antes de extraer los resultados cuantitativos.

Los análisis químicos cualitativos - cuantitativos de los microimplantes se han realizado en los Servicios Científico Técnico del Vicerrectorado de Investigación de la Universidad de Oviedo. Más concretamente en la unidad de Microscopia Electrónica de la Unidad científico-tecnológica.

Los análisis fueron realizados mediante el microscopio electrónico de barrido, modelo **MEB JEOL-6610LV**(fig.8) con microanálisis dotado de cañón de electrones de filamento de wolframio, con posibilidad de trabajo de 0,5 a 30 kV y una resolución máxima de 3.0 nm. Desde x5 hasta x50.000 aumentos. Puede trabajar en modos de alto vacío para máxima resolución y de bajo vacío para muestras con humedad o de superficie no conductora. Dotado de detectores de electrones secundarios y de electrones retrodispersados (composición, topografía y sombreado). Pletina eucéntrica mecánica asíncrona de 5 ejes con rotación e inclinación eucéntricas, que puede albergar muestras de hasta 20 cm de diámetro. Totalmente informatizado, se maneja a través de un PC, con auto archivo de imágenes en formatos BMP, TIFF o JPG



Figura 8. Fotografía del modelo *MEB JEOL-6610LV*

RESULTADOS

Mediante el análisis con microscopía electrónica de barrido podemos cuantificar los elementos presentes en el miniimplante gracias a la relación que hay entre la concentración e intensidad de la radiación de rayos X emitida.

Realizamos el estudio en áreas de cuerpo y cabeza de cada miniimplante seleccionadas de manera aleatoria.

3M (IMTEC ORTHO-10mm)

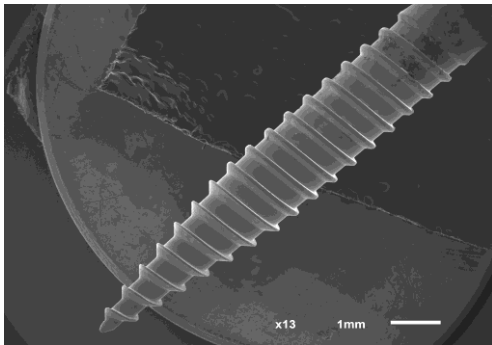


Figura 9. Área de inserción del tornillo

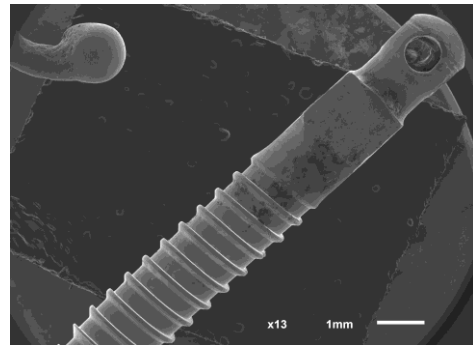


Figura 10. Área de la cabeza del tornillo

En la figura 9 se observa una imagen tomada por el microscopio electrónico de barrido del cuerpo y zona de inserción del miniimplante tomada a **X13** aumentos sin previa manipulación del miniimplante.

La figura 10 muestra el área del miniimplante correspondiente a la zona de la cabeza del tornillo tomada de igual modo que la figura 9.

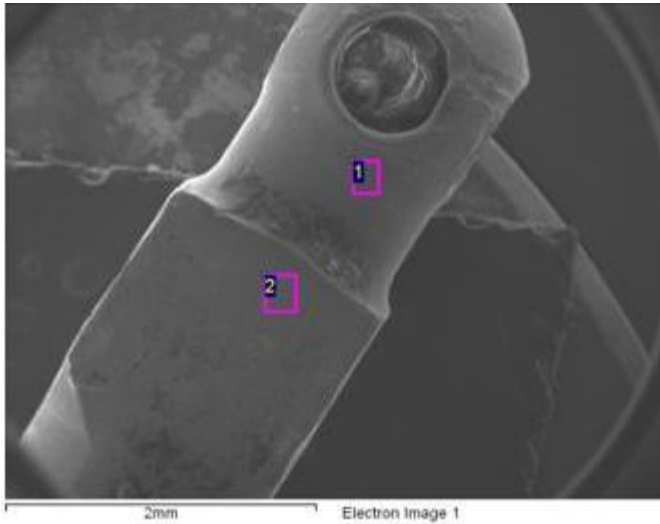


Figura 11 Imagen de la cabeza del miniimplante 3M mediante microscopía electrónica de barrido

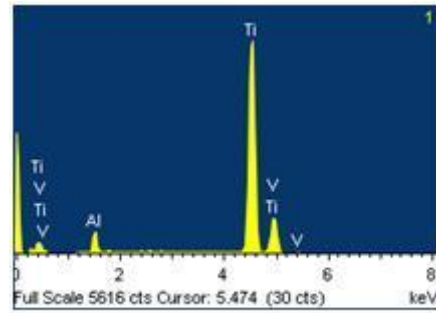


Figura 12. Espectrograma del área 1

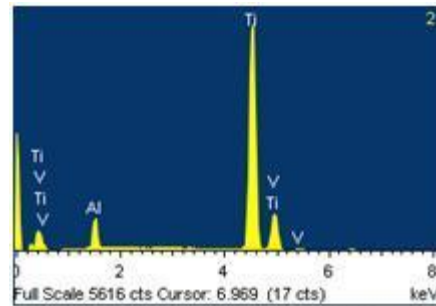


Figura 13. Espectrograma del área 2

Spectrum	In stats.	Al	Ti	V	Total
1	Yes	4.68	91.20	4.12	100.00
2	Yes	6.21	89.52	4.28	100.00
Mean		5.44	90.36	4.20	100.00
Std. deviation		1.08	1.19	0.11	
Max.		6.21	91.20	4.28	
Min.		4.68	89.52	4.12	

Tabla 1. Análisis de la estructura interna de la cabeza del miniimplante 3M

En la figura 11 se observan las dos áreas del miniimplante correspondientes a la zona de la cabeza del tornillo, que hemos seleccionado de forma aleatoria para el estudio, obteniendo así la composición exacta de las mismas como se puede apreciar en los espectrogramas (Fig.12 y 13) y en los resultados de la tabla 1.

Podemos afirmar que la cabeza del miniimplante de la casa 3M está compuesta de titanio, aluminio y vanadio en los siguientes porcentajes por peso:

- Área 1

-
- Titanio (Ti)----- 91,20 %
 - Aluminio (Al)----- 4,68 %
 - Vanadio (V)----- 4,12 %

- Área 2

-
- Titanio (Ti)----- 89,52 %
 - Aluminio (Al)----- 6,21 %
 - Vanadio (V)----- 4,28 %

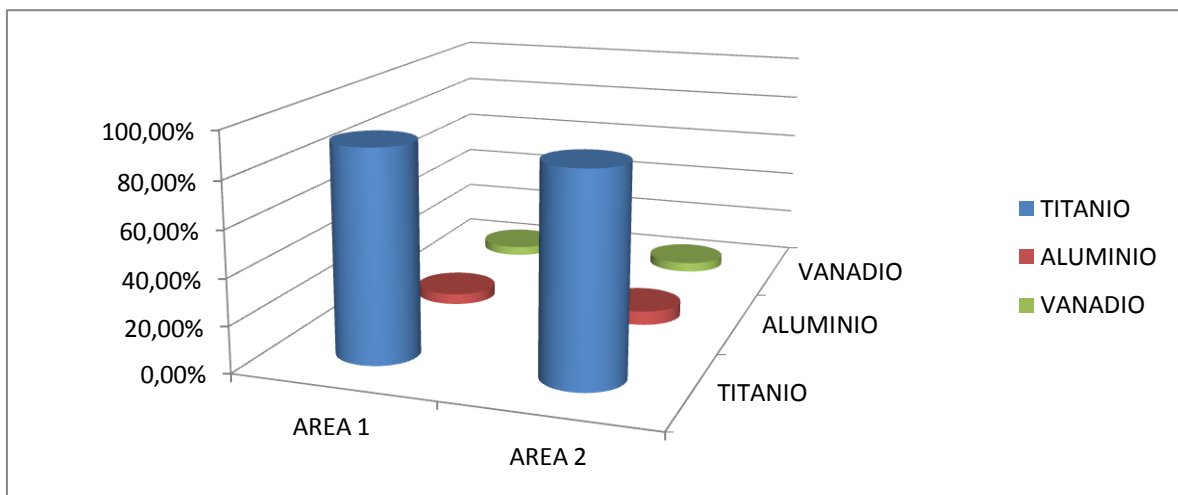


Figura 14. Gráfica comparativa de las dos áreas analizadas

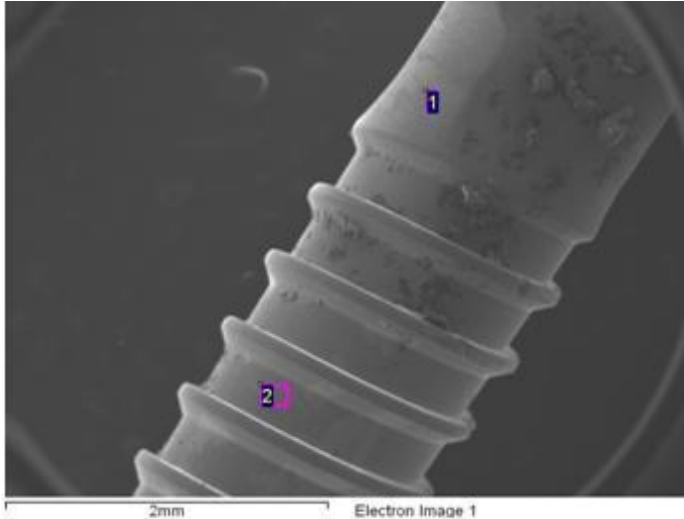


Figura 15. Imagen de la zona de inserción del miniimplante 3M mediante microscopía electrónica de barrido

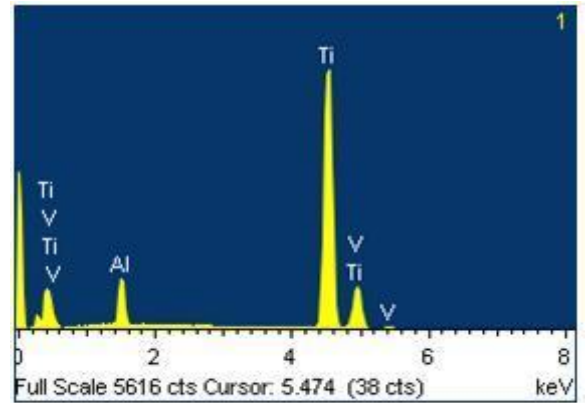


Figura 16. Espectrograma del área 1

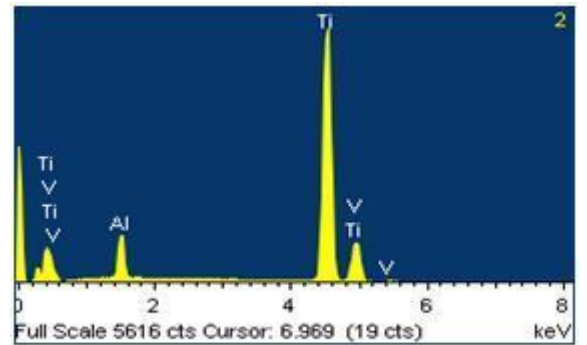


Figura 17. Espectrograma del área 2

Spectrum	In stats.	Al	Ti	V	Total
1	Yes	8.18	88.29	3.53	100.00
2	Yes	7.90	88.88	3.22	100.00
Mean		8.04	88.59	3.37	100.00
Std. deviation		0.20	0.42	0.22	
Max.		8.18	88.88	3.53	
Min.		7.90	88.29	3.22	

Tabla.2. Análisis de la estructura interna de la zona de inserción del miniimplante 3M

En la Figura 15 se observan las dos áreas del miniimplante correspondientes a la zona del cuerpo del tornillo que hemos seleccionado, de forma aleatoria, para el estudio. El análisis muestra la composición exacta de las mismas como se aprecia en los espectrogramas (Fig.16 y 17) y en los resultados de la tabla 2.

Podemos afirmar que el cuerpo del miniimplante de la casa 3M está compuesto de titanio, aluminio y vanadio en los siguientes porcentajes por peso:

• *Área 1*

- *Titanio (Ti)*----- 88,29 %
- *Aluminio (Al)*----- 8,18 %
- *Vanadio (V)*----- 3,53 %

• *Área 2*

- *Titanio (Ti)*----- 88,88 %
- *Aluminio (Al)*----- 7,90 %
- *Vanadio (V)*----- 3,22 %

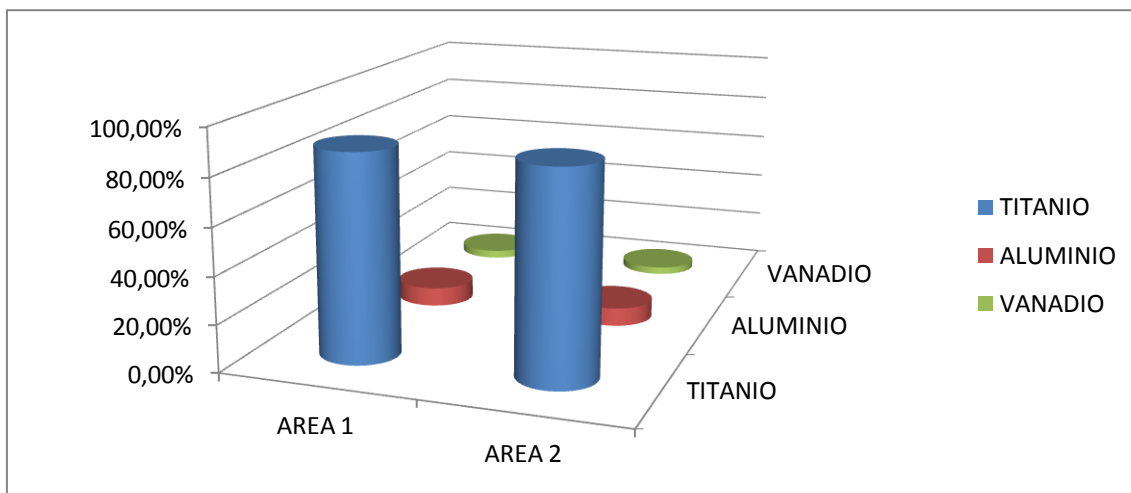


Figura 18. Gráfica comparativa de las dos áreas analizadas del miniimplante 3M

DENTAURUM pin SD 10

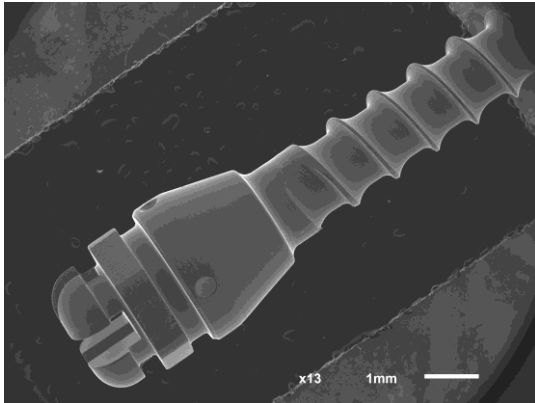


Figura 19. Área de la cabeza del tornillo

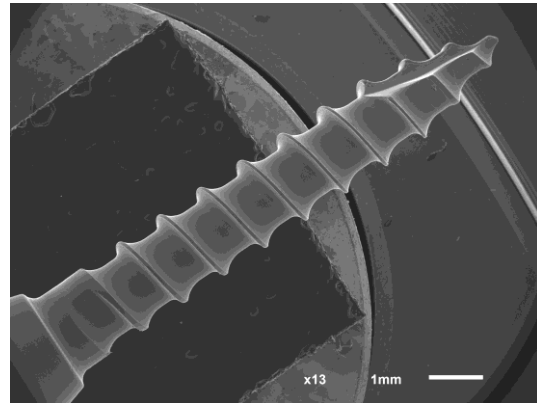


Figura 20. Área de inserción

En la figura 19 se observa el área del miniimplante correspondiente a la zona de la cabeza del tornillo tomada de igual modo que la figura 13.

En la figura 20 se observa una imagen tomada por el microscopio electrónico de barrido del cuerpo y zona de inserción del miniimplante tomada a **X13** aumentos sin previa manipulación del miniimplante.

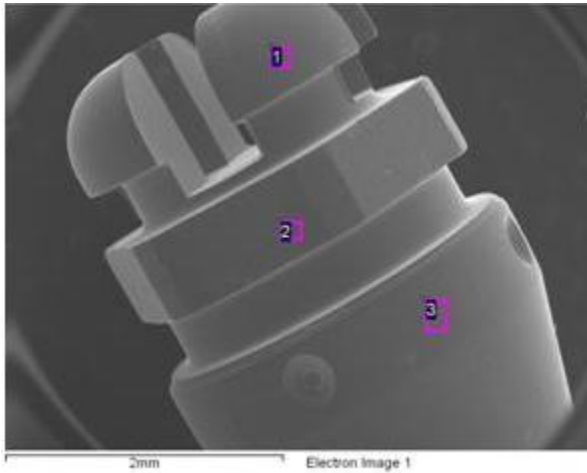


Figura 21. Imagen de la zona de la cabeza del miniimplante Dentaurum mediante microscopía electrónica de barrido

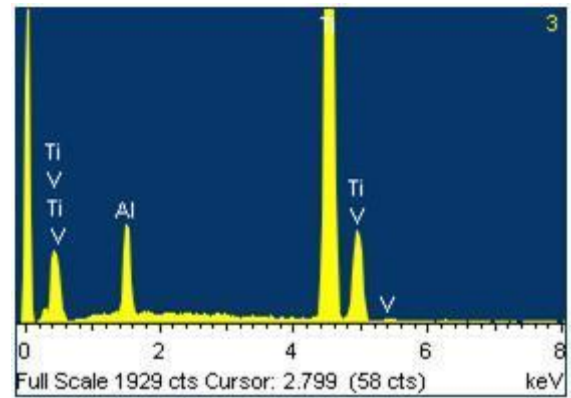


Figura 22. Espectrograma del área 3

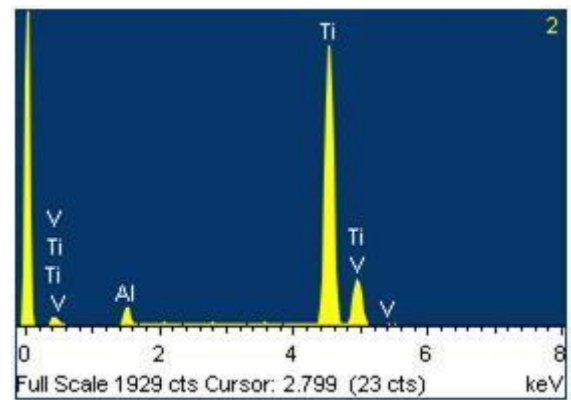


Figura 23. Espectrograma del área 2

Spectrum	In stats.	Al	Ti	V	Total
2	Yes	3.12	92.98	3.90	100.00
3	Yes	7.00	89.52	3.48	100.00
Mean		5.86	90.50	3.65	100.00
Std. deviation		2.38	2.17	0.22	
Max.		7.45	92.98	3.90	
Min.		3.12	88.99	3.48	

Tabla 3. Análisis de la estructura interna de la zona de la cabeza del miniimplante Dentaurum

En la figura 21 se observan las dos áreas del miniimplante correspondientes a la zona de la cabeza del tornillo que hemos seleccionado de forma aleatoria para el estudio y que muestran la composición exacta de las mismas como se aprecia en los espectrogramas (Fig.22 y 23) y en los resultados de la tabla 3.

Podemos afirmar que la cabeza del miniimplante de la casa Dentaurum está compuesta de titanio, aluminio y vanadio en los siguientes porcentajes por peso:

- Área 2

-
- Titanio (Ti)----- 92,98 %
 - Aluminio (Al)----- 3,12 %
 - Vanadio (V)----- 3,90 %

- Área 3

-
- Titanio (Ti)----- 89,52 %
 - Aluminio (Al)----- 7 %
 - Vanadio (V)----- 3,48 %

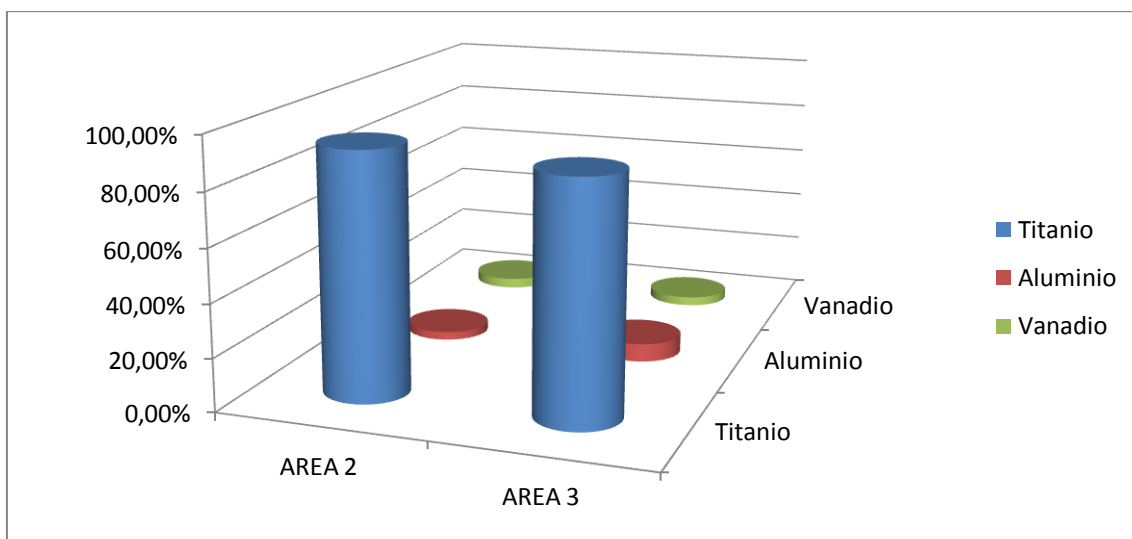


Figura 24. Gráfica comparativa de las dos áreas analizadas del miniimplante Dentaurum

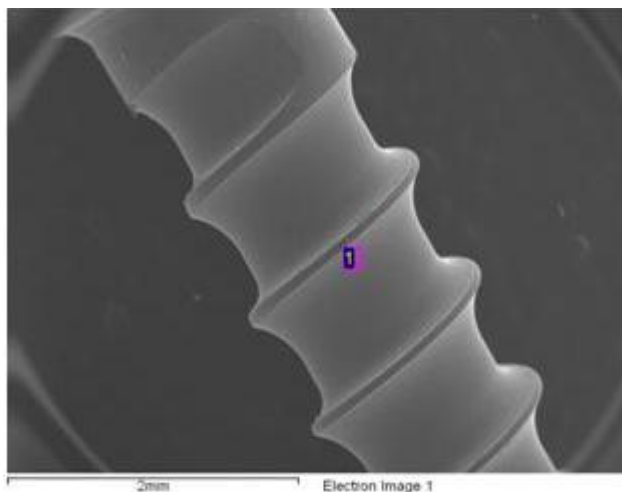


Figura 25. Imagen de la zona de inserción del miniimplante Dentaurum

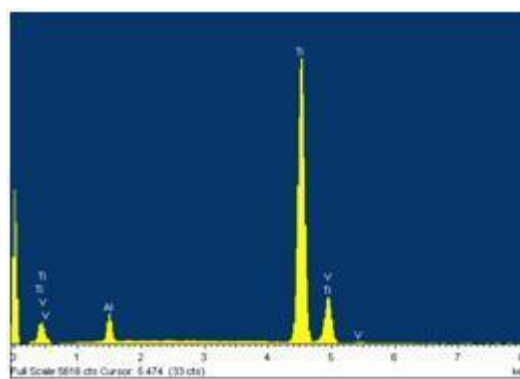


Figura 26. Espectrograma del área 1

Spectrum	In stats.	Al	Ti	V	Total
1	Yes	4.82	91.17	4.01	100.00
Mean		4.82	91.17	4.01	100.00
Std. deviation		0.00	0.00	0.00	
Max.		4.82	91.17	4.01	
Min.		4.82	91.17	4.01	

Tabla 4. Análisis de la estructura interna de la zona de inserción del miniimplante Dentaurum

En la figura 25 se observa el área del miniimplante correspondiente a la zona del cuerpo del tornillo que hemos seleccionado de forma aleatoria para el estudio y que muestra la composición exacta de la misma como se aprecia en el espectrograma (Fig.26) y en los resultados de la tabla 4.

Podemos afirmar que el cuerpo del miniimplante de la casa Dentaurum está compuesto de titanio, aluminio y vanadio en los siguientes porcentajes por peso:

- Área 1

- Titanio (Ti)----- 91,17 %
- Aluminio (Al)----- 4,82 %
- Vanadio (V)----- 4,01 %

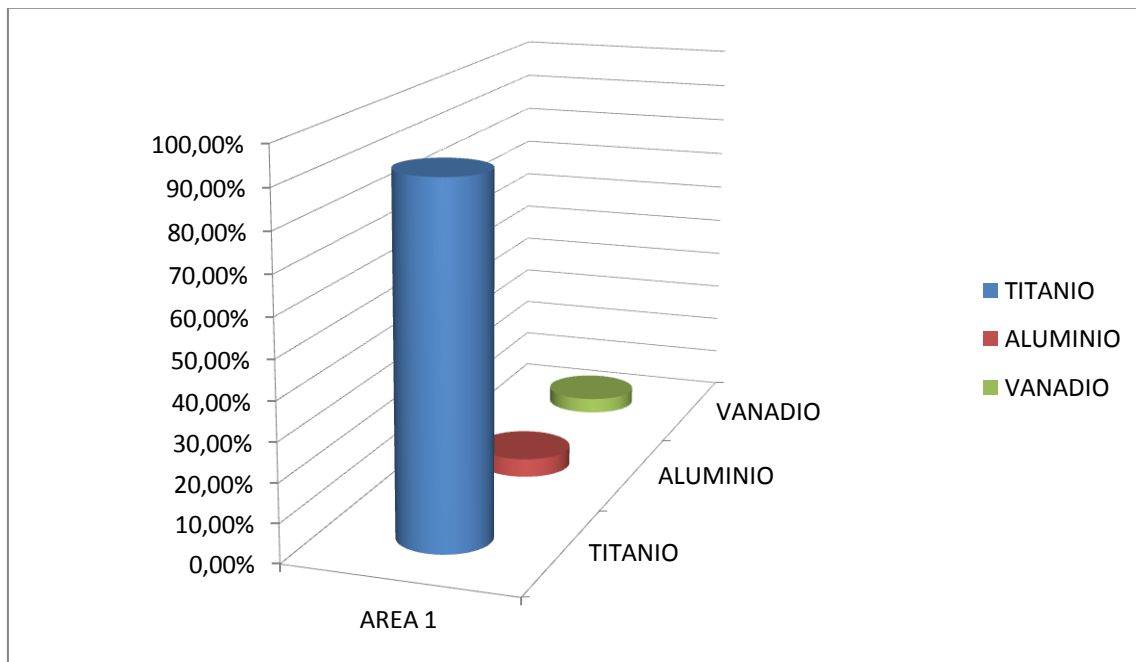


Figura 27. Gráfica del área analizada del miniimplante Dentaurum

JEIL

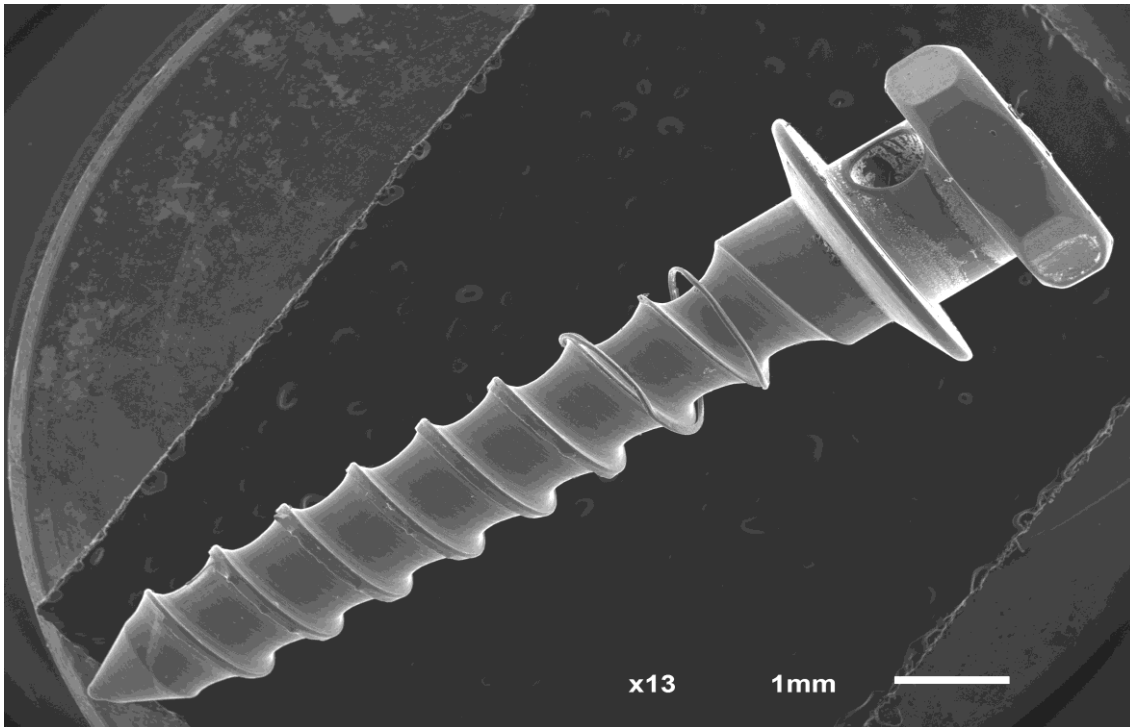


Figura 28. Imagen del miniimplante Jeil con microscopía electrónica de barrido

En la figura 28 se observa una imagen tomada por el microscopio electrónico de barrido del miniimplante Jeil íntegro tomada a **X13** aumentos sin previa manipulación del mismo.

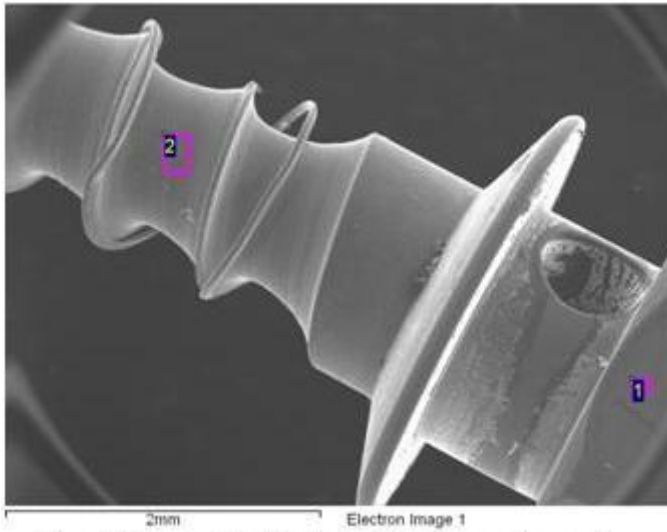


Figura 29. Imagen del miniimplante Jeil mediante microscopía electrónica de barrido

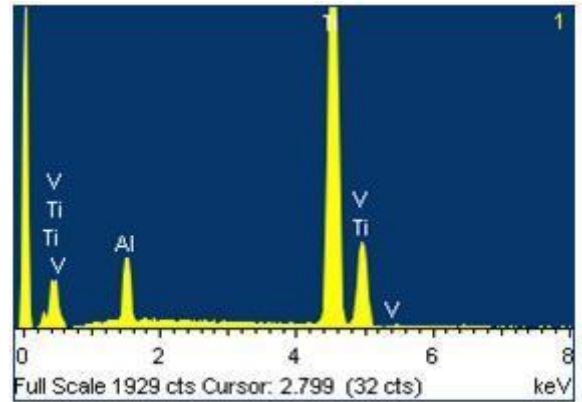


Figura 30. Espectrograma del área 1

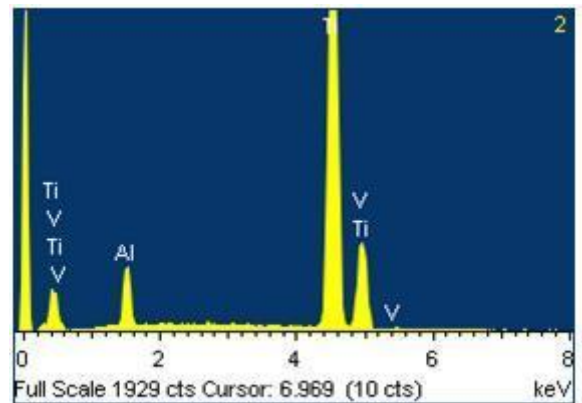


Figura 31. Espectrograma del área 2

Spectrum	In stats.	Al	Ti	V	Total
1	Yes	5.83	90.40	3.77	100.00
2	Yes	5.13	91.02	3.85	100.00
Mean		5.48	90.71	3.81	100.00
Std. deviation		0.49	0.44	0.05	
Max.		5.83	91.02	3.85	
Min.		5.13	90.40	3.77	

Tabla 5. Análisis de la estructura interna del miniimplante Jeil

En la figura 29 se observan las dos áreas del miniimplante correspondientes a la zona de la cabeza (1) y al cuerpo (2) del tornillo que hemos seleccionado de forma aleatoria para el estudio y que muestran la composición exacta de los mismos como se aprecia en los espectrogramas (Fig.30 y 31) y en los resultados de la tabla 5.

Podemos afirmar que el miniimplante de la casa Jeil está compuesto de titanio, aluminio y vanadio en los siguientes porcentajes por peso:

- Área 1 (cabeza)

-
- Titanio (Ti)----- 90,40 %
 - Aluminio (Al)----- 5,83 %
 - Vanadio (V)----- 3,77 %

- Área 2 (cuerpo)

-
- Titanio (Ti)----- 91,02 %
 - Aluminio (Al)----- 5,13 %
 - Vanadio (V)----- 3,85 %

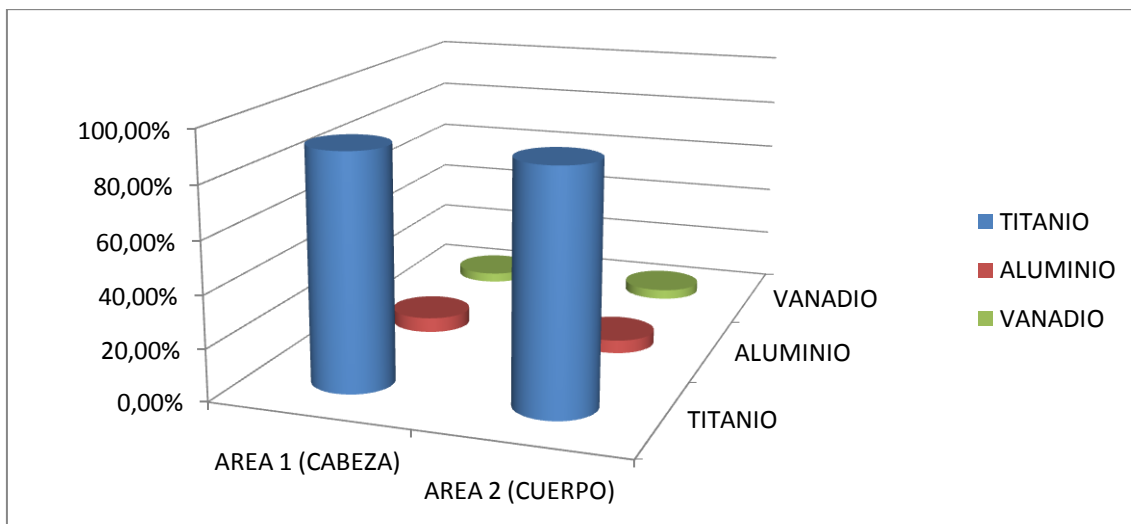


Figura 32. Gráfica comparativa de las dos zonas analizadas del miniimplante Jeil

LEIBINGER

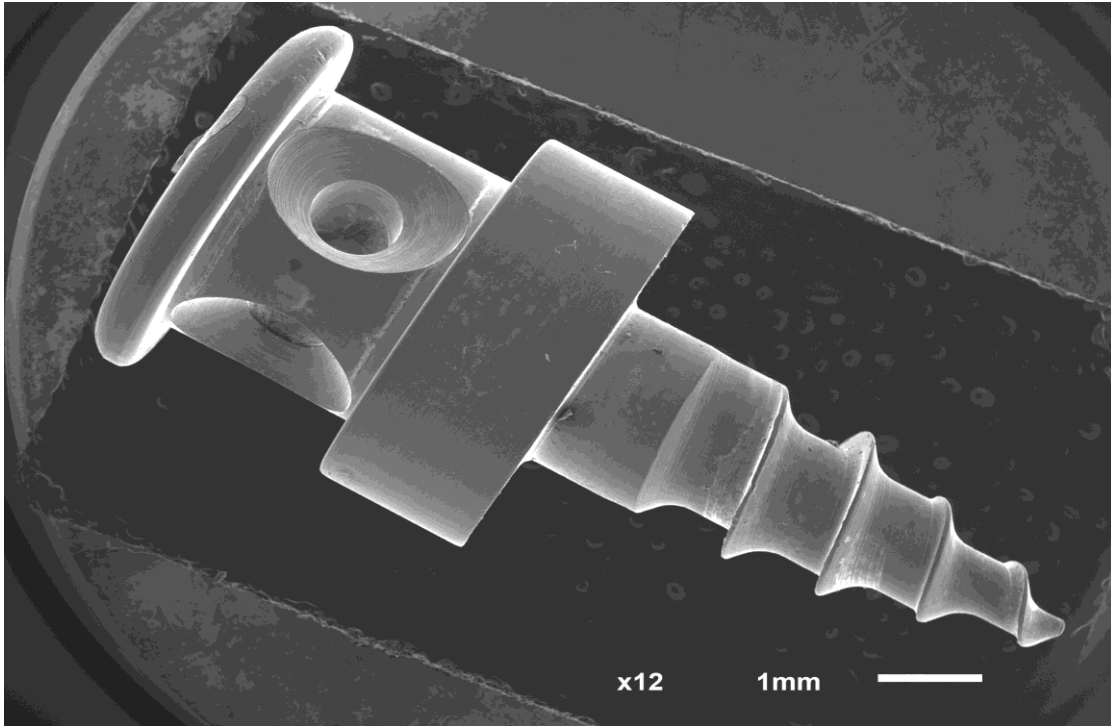


Figura 33. Imagen del miniimplante Leibinger mediante microscopía electrónica de barrido

En la figura 33 se observa una imagen tomada por el microscopio electrónico de barrido del miniimplante Leibinger íntegro tomada a **x12** aumentos sin previa manipulación del mismo.

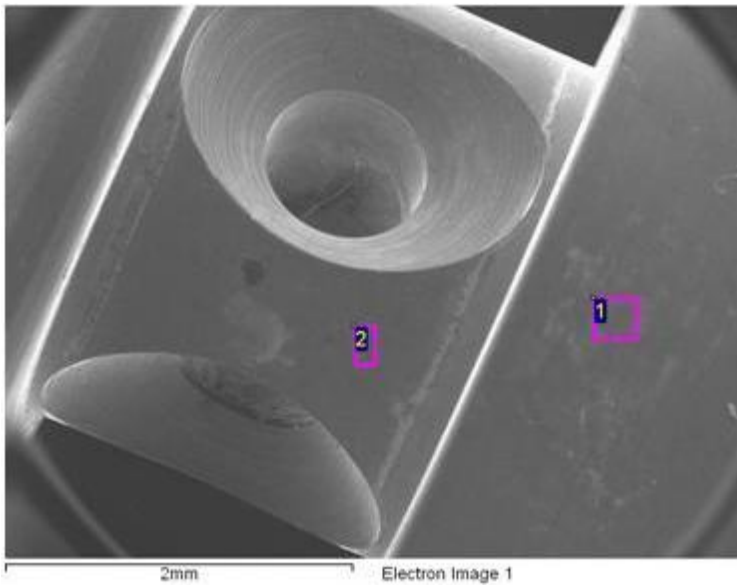


Figura 34. Imagen de la zona de la cabeza del miniimplante mediante microscopía electrónica de barrido

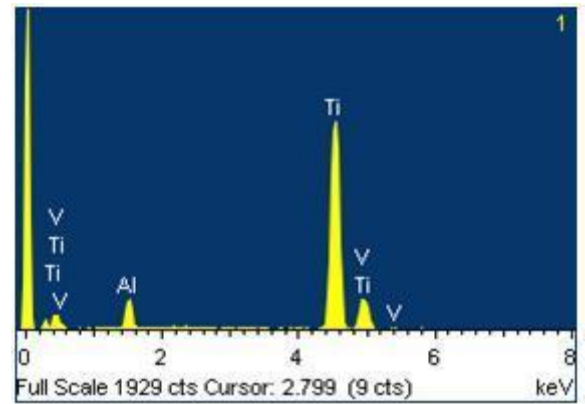


Figura 35. Espectrograma del área 1

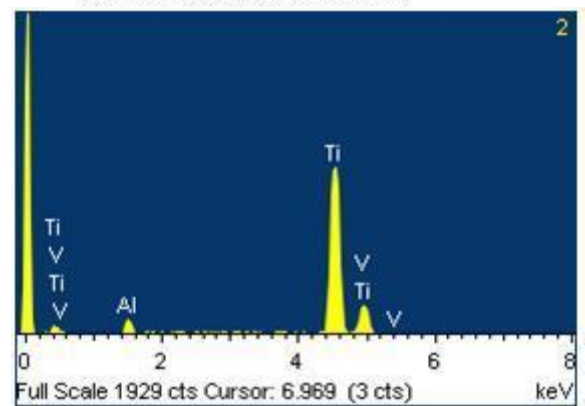


Figura 36. Espectrograma del área 2

Spectrum	In stats.	Al	Ti	V	Total
1	Yes	6.41	90.43	3.15	100.00
2	Yes	4.00	91.40	4.61	100.00
Mean		5.21	90.91	3.88	100.00
Std. deviation		1.71	0.68	1.03	
Max.		6.41	91.40	4.61	
Min.		4.00	90.43	3.15	

Tabla 6. Análisis de la estructura interna del área de la cabeza del miniimplante Leibinger

En la figura 34 se observan las dos áreas del miniimplante correspondientes a la zona de la cabeza del tornillo que hemos seleccionado de forma aleatoria para el estudio y que muestran la composición exacta de las mismas como se aprecia en los espectrogramas (Fig.35 y 36) y en los resultados de la tabla 6.

Podemos afirmar que la cabeza del miniimplante de la casa Leibinger está compuesta de titanio, aluminio y vanadio en los siguientes porcentajes por peso:

- Área 1

- Titanio (Ti)----- 90,43 %
- Aluminio (Al)----- 6,41 %
- Vanadio (V)----- 3,15 %

- Área 2

- Titanio (Ti)----- 91,40 %
- Aluminio (Al)----- 4,00 %
- Vanadio (V)----- 4,61 %

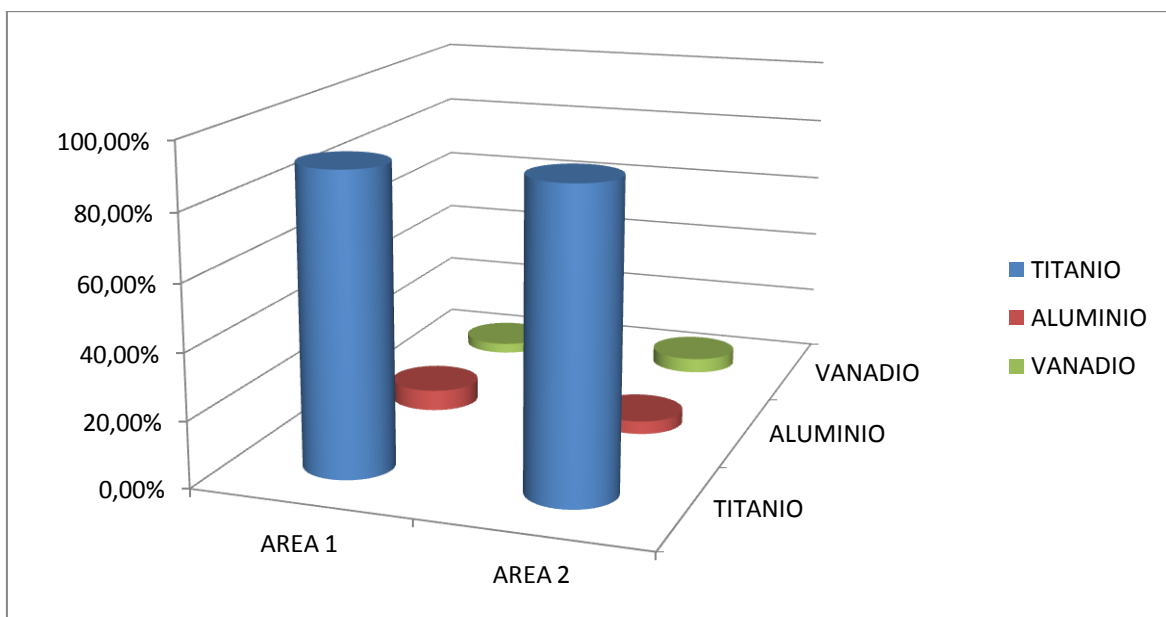


Figura 37. Gráfica comparativa de las dos zonas analizadas del miniimplante Leibinger

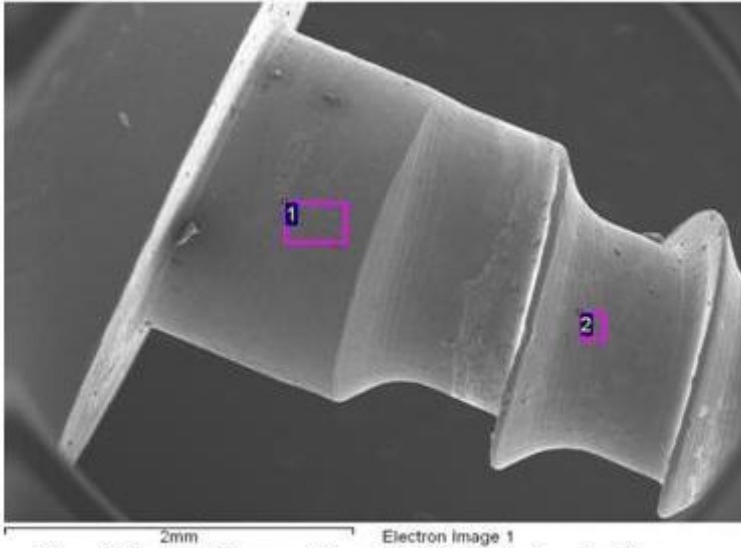


Figura 38. Imagen de la zona de inserción del miniimplante Leibinger mediante microscopía electrónica de barrido

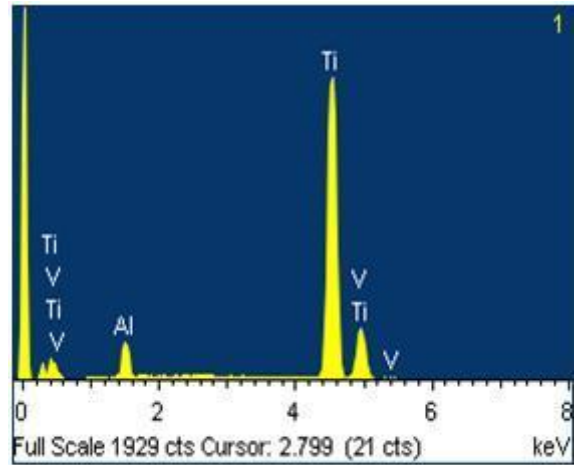


Figura 39. Espectrograma del área 1

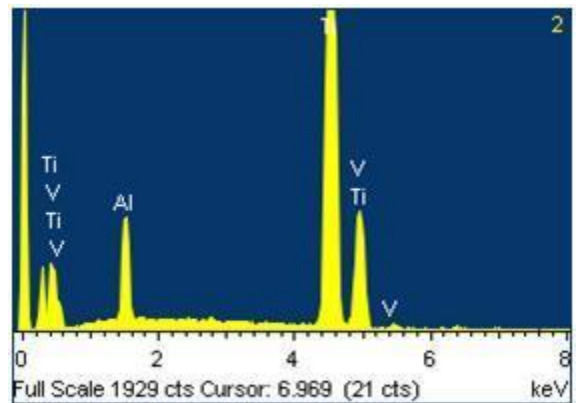


Figura 40. Espectrograma del área 2

Spectrum	In stats.	Al	Ti	V	Total
1	Yes	5.43	90.60	3.97	100.00
2	Yes	6.69	88.99	4.32	100.00
Mean		6.06	89.80	4.15	100.00
Std. deviation		0.89	1.14	0.25	
Max.		6.69	90.60	4.32	
Min.		5.43	88.99	3.97	

Tabla 7. Análisis de la estructura interna de la zona de inserción del miniimplante Leibinger

En la figura 38 se observan las dos áreas del miniimplante correspondientes a la zona del cuerpo del tornillo que hemos seleccionado de forma aleatoria para el estudio y que muestran la composición exacta de las mismas como se puede apreciar en los espectrogramas (Fig.39 y 40) y en los resultados de la tabla 7.

Podemos afirmar que el cuerpo del miniimplante de la casa Leibinger está compuesto de titanio, aluminio y vanadio en los siguientes porcentajes por peso:

- Área 1

-
- Titanio (Ti)----- 90,60 %
 - Aluminio (Al)----- 5,43 %
 - Vanadio (V)----- 3,97 %

- Área 2

-
- Titanio (Ti)----- 88,99 %
 - Aluminio (Al)----- 6,69 %
 - Vanadio (V)----- 4,32 %

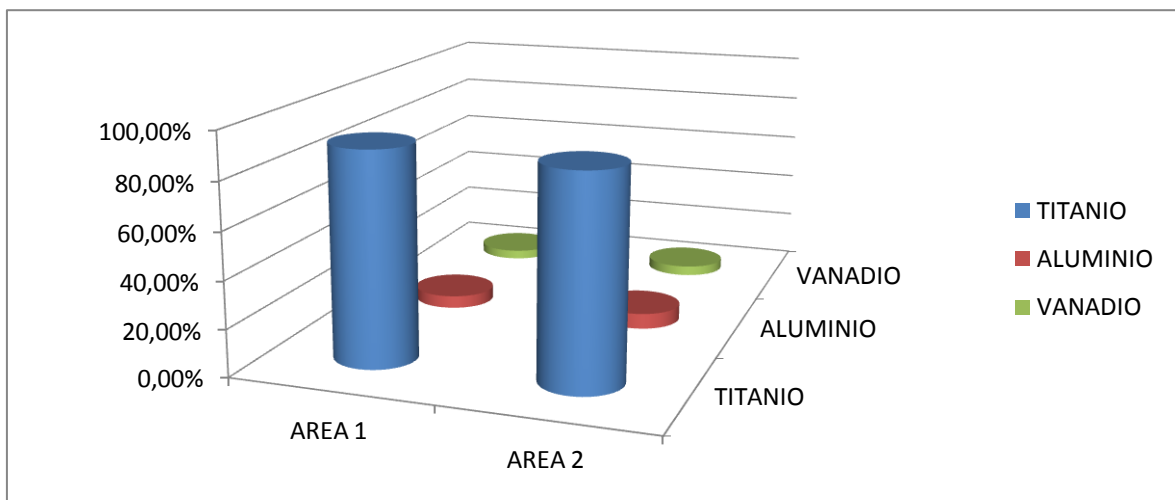


Figura 41. Gráfica comparativa de las dos áreas analizadas del miniimplante Leibinger

DISCUSIÓN

La microscopía electrónica de barrido está establecida como un buen método para estudiar la composición elemental de un material.

La composición química de estos miniimplantes mostró la presencia de titanio, aluminio y vanadio como los elementos principales, en una relación atómica correspondiente a la aleación Ti6Al4V, tanto entre los distintos miniimplantes estudiados como entre las distintas muestras analizadas de cada uno de ellos.

Se observa que los 4 miniimplantes presentan una estructura atómica homogénea con diferencias poco relevantes entre sí.

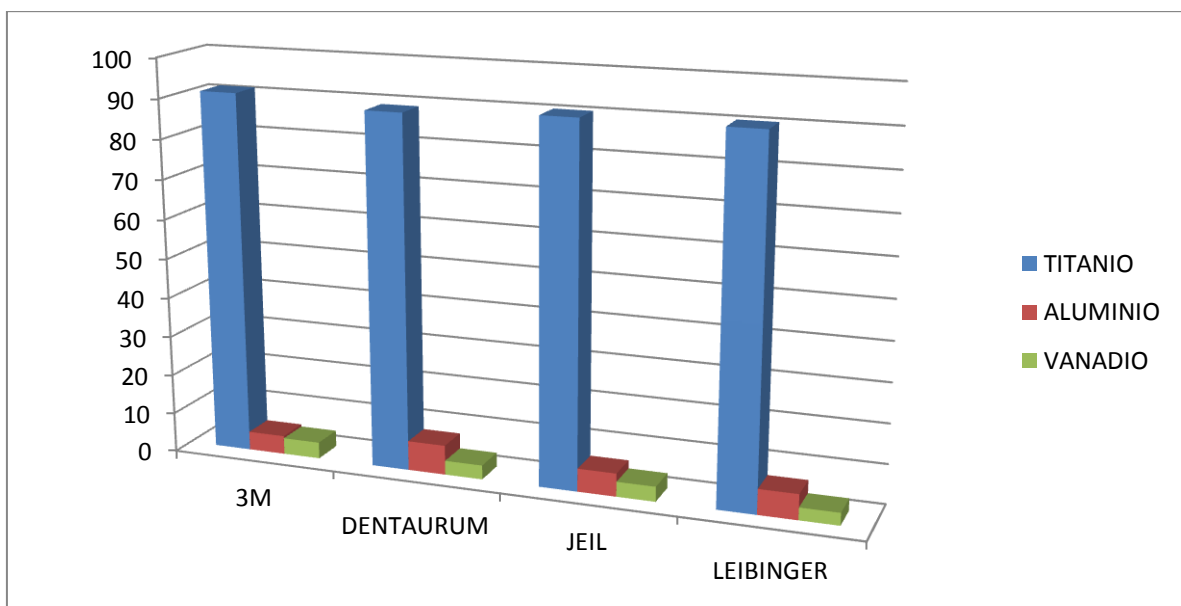


Figura 42. Gráfica comparativa de las áreas de las cabezas de los miniimplantes analizados

A excepción del miniimplante 3M todos los miniimplantes analizados presentan una mayor cantidad de Titanio en la zona correspondiente al cuerpo del tornillo con respecto a la cabeza del mismo, siendo el miniimplante DENTAURUM el de mayores niveles encontrados (91,17%)

Sin embargo, el miniimplante 3M es el que mayor cantidad de Titanio muestra en la zona de la cabeza (91,20%) en contraposición al miniimplante DENTAURUM que es el que presenta menor concentración (89,52%).

La mayor cantidad de Aluminio en el área de la cabeza se encuentra en los miniimplantes DENTAURUM (7%) siendo los de la casa 3M los que lo presentan mayor en la región del cuerpo del miniimplante (8,18%).

El miniimplante LEIBINGER es el que menos concentración de Vanadio mostró en los análisis (3,15%).

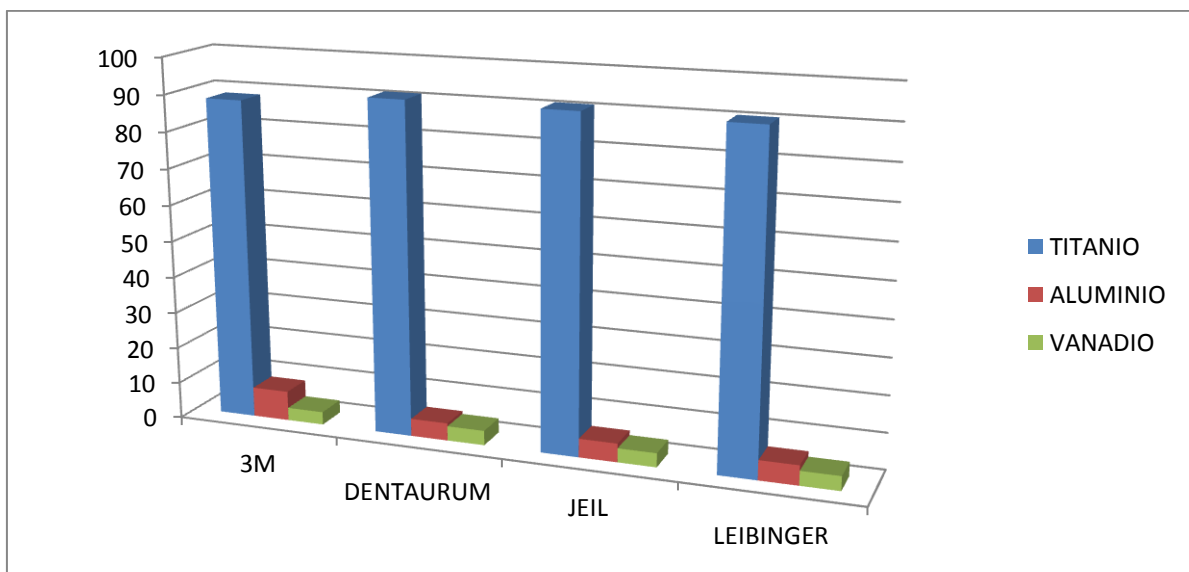


Figura 43. Gráfica comparativa de las zonas de inserción de los miniimplantes analizados

CONCLUSIONES

1. Todos los miniimplantes analizados resultaron homogéneos en su estructura atómica.
2. No se observaron diferencias significativas en el análisis de la composición interna de los miniimplantes estudiados.
3. El Titanio es el elemento que se presenta en mayor concentración (92,98% - 88,29%) en los miniimplantes independientemente de la casa comercial.
4. A pesar de que los miniimplantes no han sido utilizados ni tratados previamente se aprecia un defecto en las espiras del miniimplante JEIL.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- 1. Metallographic analysis of the internal microstructure of orthodontic mini-implants.**
Flávio Augusto Cotrim-Ferreira, Camila Leite Quaglio, Rubén Patricio Vásquez Peralta
Paulo Eduardo Guedes Carvalho, Danilo Furquim Siqueira.
(*Braz Oral Res.* 2010 Oct-438 Dec;24(4):438-42)
- 2. Temporary Anchorage Devices: A Status Report.**
James Mah, Fredrik Bergstrand.
(*Journal of Clinical Orthodontics.* Vol 39 : Numb 03 : Pages (132-136). 2005)
- 3. Systematic review of the experimental use of temporary skeletal anchorage devices in orthodontics.**
Marie A. Cornelis,^a Nicole R. Scheffler,^b Hugo J. De Clerck,^c J. F. Camilla Tulloch,^d and Catherine Nyssen-Behetse.
(*Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131:00)
- 4. Bicortical vs monocortical orthodontic skeletal anchorage**
Bryan T. Brettin,^a Nicole M. Grosland,^b Fang Qian,^c Karin A. Southard,^d Tony D. Stuntz,^e Teresa A. Morgan,^f Steve D. Marshall,^g and Thomas E. Southardh
Hudson, Wis, and Iowa City, Iowa.
(*Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;134:625-35)
- 5. Morphological and structural characteristics of orthodontic mini-implants.**
Saeed AlSamak , Elias Bitsanis, Margarita Makou, George Eliades
(*J Orofac Orthop* 2011; 73:58-71)
- 6. Factors influencing the stability of miniscrews. A retrospective study on 300 miniscrews.**
Antonio Manni, Mauro Cozzani, Fabio Tamborrino, Sergio De Rinaldis and Anna Menini
(*European Journal of Orthodontics* 33 (2011) 388–395)
- 7. Biomechanical Properties of Orthodontic Miniscrews. An In-vitro Study**
Britta Florvaag, Peter Kneuert, Frank Lazar, Jürgen Koebke, Joachim E. Zöller, Bert Braumann, Robert A. Mischkowski
(*J Orofac Orthop* 2010;71:53–67)

8. **Risk factors and indications of orthodontic temporary anchorage devices: a literature review**
Sofie Hoste, Marjolein Vercruyssen, Marc Quirynen and Guy Willems
(*Aust Orthod J* 2008; 24: 140–148)
9. **Insertion Torque of Orthodontic Miniscrews According to Changes in Shape, Diameter and Length**
Seon-A Lima; Jung-Yul Chab; Chung-Ju Hwange
(*Angle Orthodontist*, Vol 78, No 2, 2008)
10. **Fracture resistance of orthodontic mini-implants: a biomechanical *in vitro* study.**
Benedict Wilmes, Agamemnon Panayotidis and Dieter Drescher
(*European Journal of Orthodontics* 33 (2011) 396–401)
11. **The effect of rotation moment on the stability of immediately loaded orthodontic miniscrews: a pilot study**
Young-Moon Cho, Jung-Yul Cha and Chung-Ju Hwang
(*European Journal of Orthodontics* 32 (2010) 614–619)
12. **Thickness and implant placement torque on stability of orthodontic miniimplants**
Motoyoshi M, Yoshida T, Ono A, Shimizu N.
(*International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*.2007)
13. **Miniscrews in orthodontic treatment: Review and analysis of published clinical trials**
Adriano G. Crismani,^a Michael H. Bertl,^b Alesˇ G. Cˇ elar,^a Hans-Peter Bantleon,^a and Charles J. Burstone
(*Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:108-13)
14. **Success rate of miniscrews relative to their position to adjacent roots**
K. Asscherickx , B. Vande Vannet , H. Wehrbein , and M. M. Sabzevar
(*European Journal of Orthodontics* 30 (2008) 330–335)
15. **Effect of screw diameter on orthodontic skeletal anchorage**
Chad Morarend,^a Fang Qian,^b Steve D. Marshall,^c Karin A. Southard,^d Nicole M. Grosland,^e Teresa A. Morgan,^f Michelle McManus,^g and Thomas E. Southard^h
(*Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136:224-9)
16. **Predictors of initial stability of orthodontic miniscrew implants**
Hoi-Jeong Lim, Yoon-Jung Choi, Carla A. Evans and Hyeon-Shik Hwang
(*European Journal of Orthodontics* 33 (2011) 528–532)