

# Segmentación de Mandíbula Inferior

Rodrigo Alzola, Diego Beckdorf, Matías Valenzuela  
Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas  
Universidad de los Andes  
Santiago, Chile  
{ralzola, mvalenzuela13, dbeckdorf}@miuandes.cl

**Abstract**—En las últimas décadas, el área de la medicina y los tratamientos a pacientes, se ha visto en una progresiva innovación con el apoyo de las herramientas computacionales. Con el procesamiento de imágenes médicas, se ha desarrollado técnicas que facilitan tanto al médico como al paciente, la rehabilitación y procedimientos quirúrgicos que éste necesite. En el sector de la odontología, existe un proceso utilizando moldes de yeso, para recrear la mordida de un paciente, involucrando las distintas articulaciones de la mandíbula inferior. A continuación, se describe como después de investigar una serie de herramientas existentes en la web, se puede segmentar la mandíbula inferior desde una radiografía de cráneo, lo cual da una posibilidad en investigaciones a futuro, para elaborar un método computacional que simule la mordedura de un paciente.

## I. INTRODUCCIÓN

En odontología se efectúan diversos tratamientos para la mordedura de cada paciente, para lo cual, se requiere de un estudio y observación de cada caso particular, ya que cada dentadura es distinta. Se pretende optimizar el procedimiento en tiempo, recursos y personal mediante el desarrollo de una herramienta computacional que pueda mostrar y manipular de forma digital, la dentadura de cada paciente (articulador digital). Para que este procedimiento sea exitoso, hay un paso que es crucial, se trata de desvincular la mandíbula del cráneo de tal manera de poder identificar el eje de la articulación mandibular haciendo un seguimiento de todo este hueso.

Para esto el equipo buscó distintas maneras de lograr el objetivo a través de investigación sobre algunas herramientas existentes utilizando un escáner de cara completa para probar estas posibles soluciones.

## II. INVESTIGACIÓN

El primer paso de este proyecto, fue investigar las herramientas que hay disponibles en internet, ya que en caso de existir algo que cumpla de forma precisa con lo que se busca, no sería sensato volver a desarrollarlo.

Se estudiaron las funcionalidades y capacidades de 3 softwares gratuitos para procesamiento de imágenes médicas: ‘Invesalius 3.0’, ‘Slicer’ y ‘Fiji’

### A. Invesalius 3.0

Al investigar las funcionalidades, se pudo observar que la herramienta tiene potencial para la finalidad que se le dar. Pero la falta de documentación y tutoriales claros y en idiomas familiares (el software es de origen brasileño) dificultó el aprendizaje para ocupar tal herramienta.

### B. Slicer

Se estudió esta herramienta, ya que al igual que ‘Invesalius 3.0’ se consideró prometedora para el uso que se le quería dar. Pero esta también concluyó en un fallido aprendizaje en intentar la segmentación de la mandíbula inferior.

### C. Fiji

Esta herramienta resultó tener una gran facilidad para a usarla, ya que cuenta con una interfaz simple y tiene las funcionalidades precisas para el procesamiento de imágenes, también se puede descargar plugins existentes para añadir funcionalidades que no incluye la configuración predeterminada del software o crear plugins propios programándolos con distintos lenguajes que son ‘transpilados’ (compilados desde el lenguaje original a otro lenguaje distinto al lenguaje de máquina) a Java para ser interpretados por la herramienta. Además Fiji es de obtención gratuita y es multiplataforma permitiendo gran versatilidad.

En el caso de Fiji dos miembros del equipo se enfocaron en buscar la solución óptima al problema a través de esta herramienta, uno a través de plugins existentes y el otro desarrollando un plugin personal.



### III. Resultados de investigación

Dadas las limitantes de los dos primeros software mencionados estos debieron ser descartados como opción para lograr la solución al problema.

Por otro lado el desarrollo de un plugin en Fiji no resulta muy práctico ya que se trató de desarrollar usando python como lenguaje original y Fiji tiene una versión de python muy antigua, con librerías muy limitadas para utilizar por lo que también se optó descartar esta opción.

Por último la utilización de plugins existentes llegó a resultados mucho mejores dada la existencia de un plugin de selección de puntos adyacentes que permitiría la segmentación fijando los parámetros adecuados.

Con estos resultados la solución al problema tom un único camino a través del plugin implementado en Fiji.

### IV. SOLUCIÓN PRELIMINAR

Existe una característica en la anatomía del cráneo y la mandíbula, de la cual se le sacó provecho para utilizar la metodología seleccionada. La mandíbula no está unida al cráneo mediante hueso alguno. Se desconoce si es algún cartílago o músculo lo que une a estas dos partes.

Aprovechando esta característica, se decidió probar un plugin de 'Fiji' que se llama 'Find Connected Regions' el cual se esperaba que hiciera algún tipo de segmentación.

Para efectuar el procesamiento de este plugin, se piden algunas opciones para mostrar los resultados y 3 parámetros principales que son fundamental en la ejecución del método.

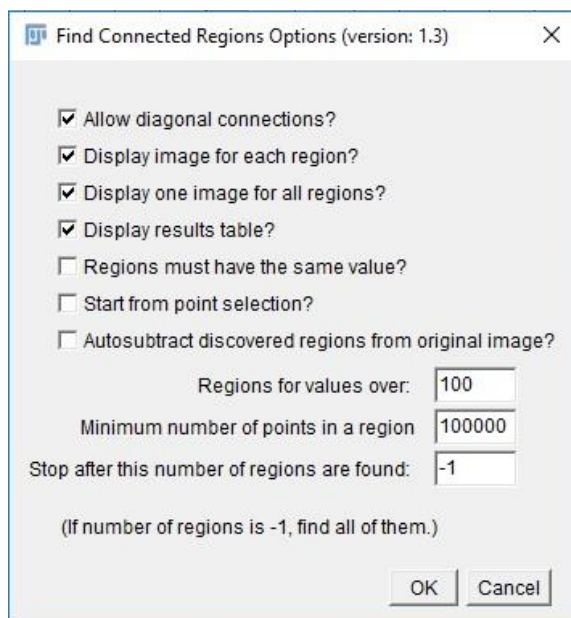


Figura. 1

A continuación se da una explicación práctica de cada uno de los tres parámetros:

1. **'Regions for values over'**: Corresponde a un umbral mínimo de densidad en la imagen del escáner, este valor fluctúa entre 0 y 255 donde 0 es el valor de menor densidad y 255 de mayor densidad representado en la imagen por la intensidad de cada píxel (0 son los píxeles negros y 255 los blancos).
2. **'Minimum number of points in a region'**: Corresponde al mínimo número de puntos que componen una región de interés, este parámetro es útil para discriminar aquellas posibles áreas discontinuas por ruidos en la imagen o que puedan ser innecesarias al análisis.
3. **'Stop after this number of regions are found'**: Este valor indica el máximo de regiones de interés que interesa encontrar. Cuando se le asigna el valor -1 indica que se desea encontrar todas las regiones que cumplan las condiciones impuestas por los dos parámetros anteriores.

El modo de operar de este plugin es identificar algún punto inicial que cumpla la restricción de mínima densidad y comenzar a generar un objeto segmentado agregando todos los puntos adyacentes a éste objeto que cumplan con la restricción de mínima densidad, una vez encontrados todos los puntos adyacentes se evalúa si este objeto encierra más puntos que el mínimo indicado por el segundo parámetro.

Al finalizar el análisis de la imagen el plugin entrega una serie de imagen con las distintas segmentaciones según las restricciones de los parámetros mostrando cada uno con un color diferente y la cantidad de puntos que los componen.

Points In Region	
1	391040
2	538097
3	1375353

Figura. 2

Se muestra nuevamente el mismo stack de imágenes, pero esta vez con la diferencia de que cada segmento encontrado esta muestreado de un color diferente, remarcando que cada uno es un segmento distinto.

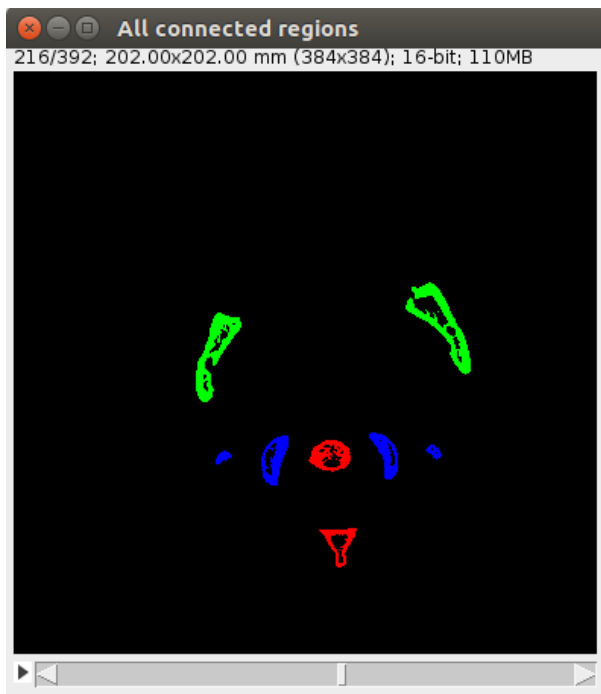


Figura. 3

Como la segmentación en este caso fue exitosa el método utilizado es efectivo para el objetivo planteado inicialmente. pero se debe tener en consideración que en la imagen entregada no existe ningún punto de contacto entre la parte inferior de la mandíbula con el resto del cráneo (que es como sucede en la realidad).

Es de vital importancia que en la toma de la radiografía se dé importancia a este hecho, dado que de existir algún punto de contacto la segmentación podría resultar dificultosa. Esto sucede dado que al haber un punto de contacto el método reconoce todo el cráneo como un solo segmento. Por lo que se debe revisar y hacer la pruebas necesarias al momento de tomar la radiografía para que no existan errores posteriores. Teniendo esto en cuenta se puede proseguir a hacer la segmentación asignando los parámetros anteriormente comentados.

Desde el menú de los objetos numerados (imagen superior) es posible seleccionar un objeto en específico pudiendo así obtener la segmentación deseada. En este caso como se muestra en la Figura. 3 simplemente se segmentó a 3 elementos, siendo la parte inferior de la mandíbula en verde, parte de la columna en rojo y el resto del cráneo en azul. A continuación se muestra una exitosa segmentación de la mandíbula inferior en la figura. 4.

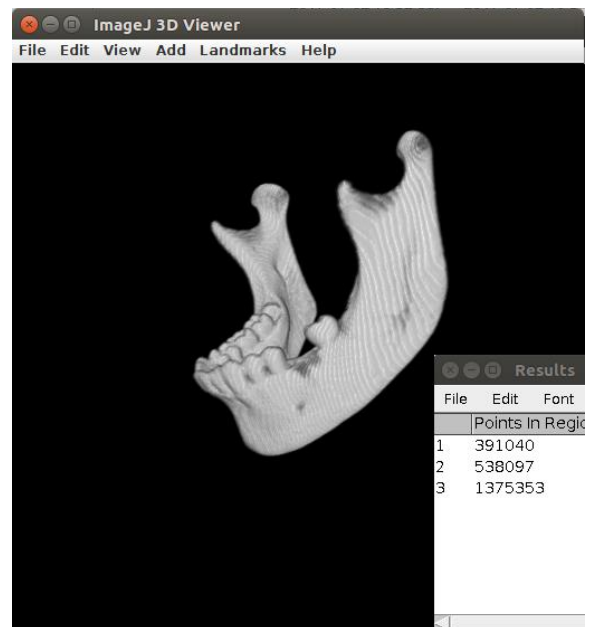


Figura. 4

## V. PROBLEMAS DE MATERIAL

A pesar de haber logrado segmentar ciertas imágenes de prueba, hubieron algunas que presentaron dificultades, dos de tres para ser precisos, por lo que es importante aclarar cuáles fueron los motivos de dichos errores.

En primera instancia al probar este plugin con una imagen de cara completa donde la persona tiene la mandíbula cerrada de tal forma que los dientes tienen puntos de contacto resulta imposible para el algoritmo del plugin distinguir entre la mandíbula inferior y la superior, como se mencionó anteriormente. Por lo que es imperativo que exista alguna separación entre los dientes al tomar el escáner.

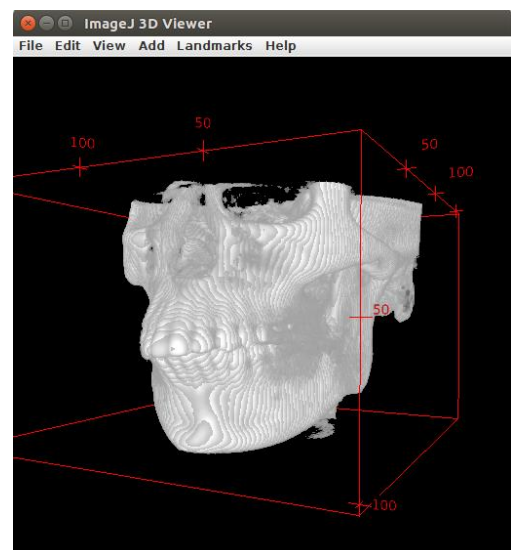


Figura. 5

El segundo problema que se presentó fue identificado al utilizar una imagen de cara completa donde el paciente tenía la boca abierta gracias a un separador, pero este generaba ruido en la imagen, lo que impedía la correcta segmentación de la mandíbula inferior, por esto se debe considerar el material que se usa para separar los dientes al tomar la imagen.

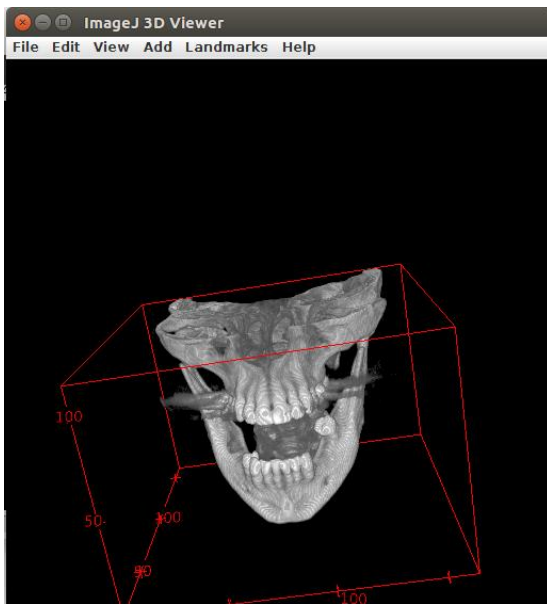


Figura. 6

Producto de este ruido había puntos de contacto entre la parte inferior de la mandíbula con el resto de la imagen, lo que generaba que no se diferenciara en distintos segmentos.

Cabe destacar que al hacer un umbral (treshold) muy alto en la imagen se logra eliminar los puntos de contacto. con esto al procesarla se logra segmentar de forma exitosa como se muestra a continuación:

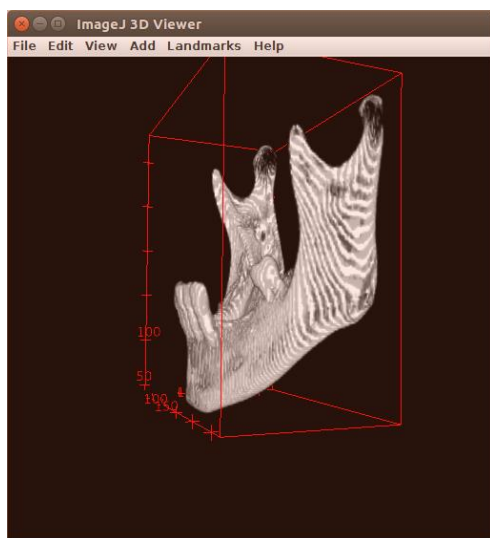


Figura. 7

Al ocupar un umbral tan alto se empieza a perder información de la imagen. Como se muestra en la Figura. 7 la

parte superior de la imagen se nota que existe un poco de pérdida de información, por lo que no es recomendado utilizar un umbral tan alto.

## VI. SOLUCIÓN PROPUESTA

Tomando la solución preliminar y considerando los errores presentes en algunas de la imágenes se ha llegado a formular una solución para la segmentación de mandíbula inferior que se detalla a continuación.

La herramienta Fiji nos provee de una funcionalidad que dado un ajuste de parámetros acorde a la imagen entregada a la herramienta para segmentar nos entrega un resultado bastante exacto. Se ha comprobado que no con cualquier imagen es factible obtener una segmentación exacta de la mandíbula pero no es difícil obtener una imagen que permita el resultado deseado.

Para la toma de imágenes es importante considerar los siguientes puntos inferidos a partir de los errores vistos durante la investigación:

1. La imagen debe ser de cara completa para no perder información relevante de la mandíbula inferior.
2. La imagen debe tomarse con alguna separación entre los dientes del paciente para evitar confusiones entre mandíbula inferior y superior.
3. El separador utilizado debe ser de algún material que no genere interferencia al tomar la imagen (se sugiere un separador plástico o de silicona).
4. El separador no puede tener una densidad mayor o igual a la densidad mínima de la mandíbula para que éste no interfiera.

## VII. CONCLUSIÓN

El trabajo en conjunto de ingeniería y odontología a mostrado ser todo un desafío para los investigadores a cargo de este informe pero no obstante ha generado una fuerte motivación por ir más allá de la ingeniería pura y buscar aplicaciones de los conocimientos adquiridos en otras áreas que puedan generar un aporte a las personas.

En este caso en particular es mucho lo que queda por hacer para lograr generar el articulador digital pero este primer paso abre puertas a las siguientes etapas e interrogantes de cómo modelar y hallar los ejes para así tener un modelo final que sea capaz de ahorrar tiempo y trabajo a los odontólogos y pacientes en el área.

La necesidad de interacción con las personas del área de odontología para conocer los requisitos exactos y la manera en que se desea continuar este proyecto fueron fundamentales para dar el paso inicial de esta investigación, ya que sin este enfoque no se podría haber descartado opciones que hubieran resultado en segmentaciones más costosas de realizar he innecesariamente extensas.