

## ANADAMIOS AUTOLOGOS A BASE DE PLASMA Y GEL Y SILICIO ORGANICO EN REGENERACION DE TEJIDOS

Gladys Velazco<sup>1</sup>, Aurimar Saavedra<sup>1</sup>, Eliana Ramirez<sup>1</sup>,  
Anajulia Gonzalez<sup>1</sup>.

1. Centro de Investigaciones Odontológicas, Facultad de Odontología,  
Universidad de Los Andes, Mérida Venezuela

**Correspondencia:** Calle 23 entre avenidas 2 y 3 edificio adjunto al rectorado de la  
Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

**Email:** gvelazcoula@gmail.com

### RESUMEN

Los defectos óseos o pérdidas de hueso se dan tras graves traumatismos o después de resecciones quirúrgicas en enfermedades como tumores, infecciones, quistes, entre otros. En la actualidad para solventar estos problemas se utilizan técnicas de Regeneración Ósea Guiada(ROG), que implican el uso de diferentes materiales y métodos, teniendo como objetivo promover la formación de hueso sano. En la búsqueda de nuevas propuestas en regeneración ósea se emplea el silicio orgánico con plasma gel por presentar ambos alto grado de compatibilidad en los tejidos, es por ello que se planteó como objetivo determinar la efectividad del Silicio y plasma-gel para la regeneración ósea en ratas *Wistar*. Se realizó un estudio experimental preclínico tipo descriptivo en 33 ratas macho de la cepa *Wistar*, divididos en 4 grupos; 10 animales por cada grupo experimental (Grupo 1,2 y 3), y 3 animales del grupo control (Grupo 4), se crearon dos defectos óseos uno en cada tibia del animal, a la izquierda se le coloco

el material de regeneración y la derecha se tomó como control. Se realizó el sacrificio a las 3 y 9 para el posterior análisis histológico y radiográfico. En los resultados se concluyó que el silicio orgánico promueve la regeneración ósea siendo repotenciado su efecto cuando se combina con plasma gel.

**PALABRAS CLAVE:** Silicio, Plasma gel, Regeneración ósea.

### **AUTOMATIC ANADAMENTS BASED ON PLASMA AND GEL AND ORGANIC SILICON ON REGENERATION OF FABRICS**

#### **ABSTRACT**

Bone defects or bone loss occur after severe trauma or after surgical resections in diseases such as tumors, infections, cysts, among others. Guided Bone Regeneration (ROG) techniques, which involve the use of different materials and methods, are used to overcome these problems, aiming to promote the formation of healthy bone. In the search for new proposals in bone regeneration, the organic silicon with plasma gel is used because it presents both high degree of compatibility in the tissues, that is why it was proposed as objective to determine the effectiveness of Silicon and plasma gel for bone regeneration in Wistar rats. A preclinical experimental descriptive study was performed in 33 male Wistar rats, divided into 4 groups; 10 animals per experimental group (Group 1,2 and 3), and 3 animals of the control group (Group 4), two bone defects were created in each tibia of the animal, on the left the regeneration material was placed and the Right was taken as control. Sacrifice was performed at 3 and 9 for subsequent histological and radiographic analysis. In the results it was concluded that

organic silicon promotes bone regeneration and its effect is reported when combined with plasma gel.

**KEY WORDS:** Silicon, Plasma gel, Bone regeneration.

### INTRODUCCION

En la reparación de tejidos se han empleado diversos biomateriales, para ello los materiales tienen que promover la capacidad de curación. Los biomateriales a base de silicio se han sugerido para ser usado como materiales de relleno en huesos o como parte de andamios de ingeniería de tejidos en reparación ósea (1). El silicio tiene una función esencial involucrada en la formación de la matriz orgánica en lugar de la mineralización de hueso. Hace más de 25 años atrás, se informó de que la restricción dietética de silicio resulta en cambios indeseables en los huesos y el cartílago articular de animales de experimentación (2). En la búsqueda de nuevos biomateriales que ayuden en la regeneración de tejidos, hoy en día se

puede contar con una gran variedad, entre ellos el plasma rico en plaquetas (PRP), si bien ya se han realizado algunas técnicas quirúrgicas para la aplicación de PRP es aún muy limitada, parece razonable aplicar PRP en forma de gel pues asegura su permanencia dentro del defecto (3), pudiendo funcionar a su vez como vehículo para la utilización de sílice. El objetivo general de esta investigación es determinar la efectividad del Silicio con plasma-gel para la regeneración ósea en ratas *Wistar*. En la búsqueda de nuevos materiales biocompatibles para la regeneración ósea surge el silicio pues se ha comprobado que el silicio está implicado en la regeneración de las estructuras óseas, acelera la mineralización del hueso y se halla en altas concentraciones en zonas de

neoformación del hueso (4, 5, 6, 7). Así mismo, existe evidencia de su participación en la síntesis de colágeno y/o su estabilización en la mineralización de la matriz ósea y formación de las células que constituyen las paredes de los vasos sanguíneos. Igualmente su deficiencia produce alteraciones y deformaciones en el crecimiento óseo (7). Muchas han sido las propuestas para promover la formación ósea y tejidos subyacentes con la incorporación del silicio entre ellas podemos encontrar la combinación de fibrina de seda con partículas de silicio obteniendo un material compuesto, poniendo en evidencia la formación de hueso temprano en forma de fibras de colágeno y los nódulos de apatita obtenidos de las películas de seda / sílice (8). Otra combinación es la cerámica de hidroxiapatita de alúmina y silicio carburo como material compuesto de andamio siendo una opción viable para la reparación del

tejido óseo (9). También se ha demostrado en animales de experimentación como el silicio soluble en altamar estimula el crecimiento celular tanto en los osteoblastos y los osteoclastos en cultivo celular promovido hacia el recambio óseo metabólico en favor a la formación del hueso (10). Así mismo la absorción del silicio encontrada en el agua embotellada de algunas casas comerciales dejó en evidencia su efecto sobre los marcadores metabólicos, demostrando que el silicio no afecta el recambio óseo a corto plazo aunque es un potencial mineral como alternativa de prevención o de tratamiento en terapias con medicamentos para la osteoporosis (11). De igual manera se ha evidenciado que las concentraciones del silicio en la cerveza, han mejorado la densidad ósea en los individuos bebedores en comparación con los no bebedores. Después de ajustar la ingesta de silicio todas las deficiencias entre grupos para la cerveza no eran

significativos (12). Otro agente de relleno, es el plasma gel el cual podría ser un excelente vehículo para introducir materiales en los tratamientos de regeneración ósea como el silicio y del mismo modo servir como relleno ante defectos óseos, sin embargo ha sido poco estudiado. Aunque se sabe que el silicio juega un papel importante en la formación ósea, no se ha observado en humanos su deficiencia total. Las investigaciones encontradas no reflejan la acción directa del silicio en la regeneración ante un defecto óseo. Por lo anteriormente planteado se propone la realización de un estudio experimental de regeneración ósea incorporando silicio orgánico mediante plasma gel en ratas *Wistar*.

## METODOLOGIA

La presente investigación corresponde a un enfoque cuantitativo puesto que generó resultados, brindó la posibilidad de réplica y facilitó la comparación

entre estudios similares. El diseño es de tipo experimental ya que la muestra fue sometida a determinadas condiciones (variable independiente), para poder observar la respuesta del tejido óseo (variable dependiente) ante la implantación de los mismos (34). Es de tipo analítico dado a que en la investigación se comparan diversos grupos de estudio, adicionalmente se obtuvo un grupo control de igual manera se manipularon factores diferentes al de interés principal (35).

## Variables

En esta investigación se encuentran tres tipos de variables; la **Variable independiente:** El Silicio y Plasma gel, se presenta como una variable cualitativa, dicotómica y simple, cuyo nivel de medición es nominal, es decir, se midió según su ausencia o presencia en cada individuo, a lo largo del experimento (13). La **Variable dependiente:** representada por la regeneración ósea. Se clasifica como

una variable cualitativa, policotómica y compleja, descompuesta en dos (2) dimensiones; Hallazgos Radiográficos y Hallazgos Histológicos; con nivel de medición ordinal y nominal, de acuerdo a la dimensión que se evalúe (13). Para la evaluación de esta variable, se determinaron diferentes indicadores para cada una de sus dimensiones (13), y la **Variable interviniente:** el tiempo, constituida por las 9 semanas del estudio y las evaluaciones realizadas en el transcurso del mismo (3 y 9 semanas), ya que por medio de ella ocurrirán los cambios sobre la variable dependiente (13).

### **Ejemplares biológicos y tamaño de la muestra**

Los ejemplares biológicos y tamaño de la muestra fueron constituidos por 36 animales (Ratas de la cepa *Wistar*) aprobado por el comité de ética el Bioterio de la Universidad de los Andes CEBIOULA # 045 de los cuales 3 corresponden a la prueba piloto, 3 al

grupo control-control y 30 al estudio, con un peso entre 250 y 300 gr cada uno, dichos animales estuvieron internados en las instalaciones del Bioterio de la Universidad de Los Andes (BIOULA).

### **Instrumentos de recolección de datos:**

La técnica de recolección de datos fue la observación estructurada, definida por Hurtado (2000) (14). Como aquella en la cual se utilizan elementos detallados y categóricos para la recopilación de los datos presentes de la muestra. El instrumento consta, de una lista de cotejo la cual consiste en los aspectos relacionados con el evento de investigación que se pueden presentar durante el estudio, permitiéndonos registrar sistemáticamente si la condición aparece o no. Se recolectaran los datos en dos fichas de evaluación: radiográfica e histológica.

**Hallazgos Radiográficos:**

Se realizaron radiografías a los animales de estudio a las 3 y 9 semanas; fueron analizadas de acuerdo a la evaluación radiográfica cualitativa propuesta por Molina en el 2008 y la evaluación cuantitativa planteada por Suárez en el 2011.

***Evaluación radiográfica cualitativa de la Regeneración Ósea, según Molina 2008 (15).***

0. *Radiolúcido.* Sin variación radiográfica del defecto.
1. *Relleno óseo limitado.* Imágenes radiopacas en los márgenes del defecto óseo.
2. *Relleno óseo parcial.* Defecto óseo parcialmente radiopaco, con regiones de radiolucidez y radiopacidad, indicativo de formación de hueso nuevo desde los márgenes del defecto sin establecer una continuidad.
3. *Relleno óseo completo.* Defecto óseo totalmente radiopaco.

***Evaluación radiográfica Cuantitativa de la Regeneración Ósea, Según Suárez 2011 (16)***

Para realizar este análisis, se restó la medida inicial del defecto (radiolucidez presente), a la medida final del mismo (radiolucidez total al momento de la regeneración), obteniéndose así la regeneración ósea alcanzada.

**Hallazgos Histológicos:**

Evaluados a través de los siguientes indicadores, según los criterios de Rodríguez M. y cols. 2011 y otros autores (17). **Tejido de Granulación:**

Ausente, Escaso, Moderado y Elevado, de igual manera se aplicó para **Hueso Inmaduro, Hueso Maduro.** Estos indicadores estuvieron valorados según la presencia celular en las muestras, con los siguientes ítems: ausente, escaso, moderado, elevado; los cuales no podrán ser definidos ya que son criterios subjetivos que dependen de la experiencia del profesional anatomopatólogo y según los valores que revelen los tejidos de la muestra

control. Es importante resaltar que cada una de las muestras de este estudio fue procesada por un mismo profesional, para cuidar y mantener la precisión y exactitud de los métodos empleados y lograr la obtención de resultados fiables. Otro indicador utilizado fue el **Nivel de Regeneración ósea** el cual se clasifico en cuatro niveles siguiendo la escala propuesta por Castillo (2009) (18). Para medir y determinar el porcentaje de regeneración ósea en los cortes histológicos. **Nivel I (25%):** Predominio de tejido de granulación y presencia de infiltrado inflamatorio, **Nivel II (50%):** Presencia de tejido de granulación, presencia de osteoblastos y zonas de formación de osteoide, **Nivel III (75%):** Predominio de osteoblastos, osteoide llena gran parte del defecto creado, focos de mineralización del osteoide (trabéculas osiformes). **Nivel IV (100%):** Mineralización de osteoide en el defecto, presencia de hueso maduro.

## FASES DE LA INVESTIGACIÓN

### Fase I.

#### Prueba piloto

Para asegurar la viabilidad y confiabilidad de esta investigación y cumplir con las normas de bioética requeridas para el trabajo con animales de laboratorio se realizó una prueba piloto, en la cual se utilizaran 3 ratas de la cepa *Wistar* con un peso aproximado de 300gr. La misma fue realizada dentro de las instalaciones del Bioterio de la Universidad de Los Andes, durante la semana previa al inicio de la investigación.

El propósito de esta prueba fue comprobar la biocompatibilidad de los materiales que utilizaron durante el proceso de la investigación (silicio y plasma gel) con los animales de experimentación, así como la dosificación de los materiales de relleno y manipulación correcta de los animales durante el acto quirúrgico. El procedimiento a realizar se describe en la fase II.



## Fase II.

### Fase pre-operatoria (Selección de los grupos).

Se utilizaran 33 ratas machos, de la cepa *Wistar*, en las cuales se crearon dos defectos óseos uno en cada tibia del animal, a una de las tibias se le colocó la combinación propuesta (Silicio, plasma gel o Plasma gel/Silicio) y la otra tibia se tomó como control. Estuvo constituido por 4 grupos: Grupo 1: 10 animales para el tratamiento de regeneración con plasma gel.

Grupo 2: 10 animales para el tratamiento de regeneración con silicio.

Grupo 3: 10 animales para el tratamiento de regeneración con silicio y plasma gel.

Grupo 4: 3 animales que servirán como grupo control-control, los cuales no se les crearon defectos óseos ni se les aplicó ningún tratamiento.

### Fase operatoria (procedimiento)

#### Obtención de las muestras sanguíneas y del plasma gel-silicio.

- Se tomaron muestras de sangre mediante la técnica de Sangrado del seno venoso orbital que implica pinchar el seno venoso detrás del globo del ojo lo cual fue un método útil para obtener buenas muestras (Figura 1). Se realizó bajo anestesia y se utilizó una sola órbita. En la cual fueron recolectados de 1,5 a 2mm de sangre que se utilizaron para la obtención del plasma gel mediante el siguiente procedimiento:
- Una vez obtenida la muestra, se lleva a la centrifuga por 10 min a 1.800rpm
- Con una cánula se procede a la extracción del plasma para unirse con el silicio y obtener el plasma gel-silicio.
- Posteriormente se divide 4cc de plasma en cuatro jeringas de 1 cc y se coloca en los bloques de calentamiento durante 5

minutos a 70° y 8 minutos en 90° C.

- Finalmente se colocará el en el bloque de enfriamiento durante

5 minutos para el proceso de refrigeración.



**Figura 1. Obtención de la muestra. Técnica de Sangrado del seno venoso orbital**

### Procedimiento quirúrgico

- Se aplicó el anestésico Ketamina en dosis de 50 mg/kg combinada con xilacina 10 mg/Kg, vía intramuscular, se realizara la incisión con hoja de bisturí No 15, se realizara una incisión de 2 cm de longitud sobre la cara anterior de ambas patas traseras, luego se separó la piel y el espacio intramuscular

hasta observar el musculo. Se cortó el periostio cuidadosamente y se separa del hueso (figura 2-A), con un Mini Dril y fresa tronco cónica 702 se creó un defecto óseo de 3mm (Figura 2-B).

- Se colocó el material de relleno que corresponde a cada grupo (figura 2-C) en el defecto creado y se suturo el musculo

con sutura reabsorbible Vicryl® 4-0 (figura 3-D) y la piel con sutura no reabsorbible. Para las patas control solo se creó el defecto y se suturo.

- Inmediatamente terminada la cirugía se le administro

analgésicos-antiinflamatorio

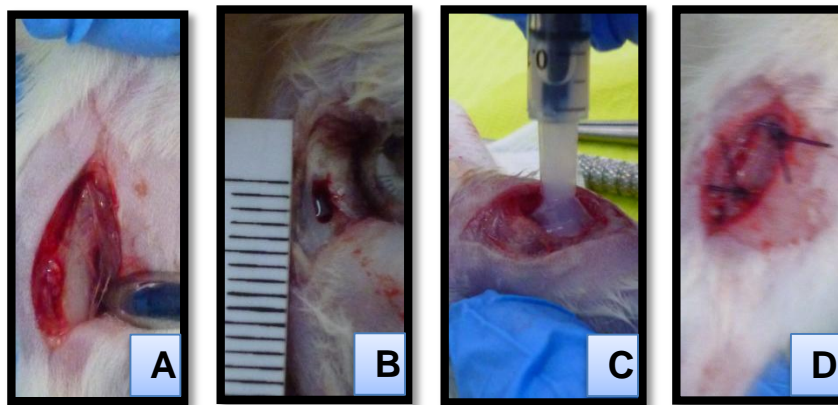
Meloxicam y antibiótico

Lincomicina 1mg/kg vía

subcutánea en dosis únicas. Los

animales fueron vigilados por el

personal técnico del BIOULA.



**Figura 2. Procedimiento quirúrgico. A; separación de musculo, B; defecto 3mm, C; inoculación del material, D; sutura muscular.**

### Fase post-operatoria

Posterior a la cirugía se aplicó analgésicos-antiinflamatorio

Meloxicam y antibiótico Lincomicina 1mg/kg vía subcutánea cada 24 horas por 3 días.

A las 3 y 9 semanas, se escogieron 5 ratas por grupo de experimentación para el sacrificio mediante la sobredosis de Enfurano, USP para luego obtener las muestras del tejido óseo mediante la decepción y su posterior identificación para los análisis histopatológicos y

radiográficos correspondientes. Para el análisis histológico las muestras fueron descalcificadas con Ácido nítrico al 2% centrifugándolas a 4.000rpm por 20 minutos cada 8 horas durante un día, luego se cortaron con una hoja de bisturí #10 y se colocaron en casete previamente identificados, fueron introducidas en una maquina procesadora de tejido marca start tissue - tek II en la cual se cumplían las siguientes fases: Deshidratación con alcoholes de gradación creciente.

Aclaramiento con xilol, que desplaza el alcohol para permitir la miscibilidad con la parafina fundida. Embebimiento en parafina líquida. Inclusión en parafina. Cortes de 5 micrómetros con un micrótopo y montaje en láminas portaobjetos. Tinción con Hematoxilina y Eosina. Una vez realizado esto las muestras fueron observadas en un microscopio Nikon®Labophot-2 y luego se realizó el llenado del instrumento. Los datos serán recolectados en dos fichas de registro,

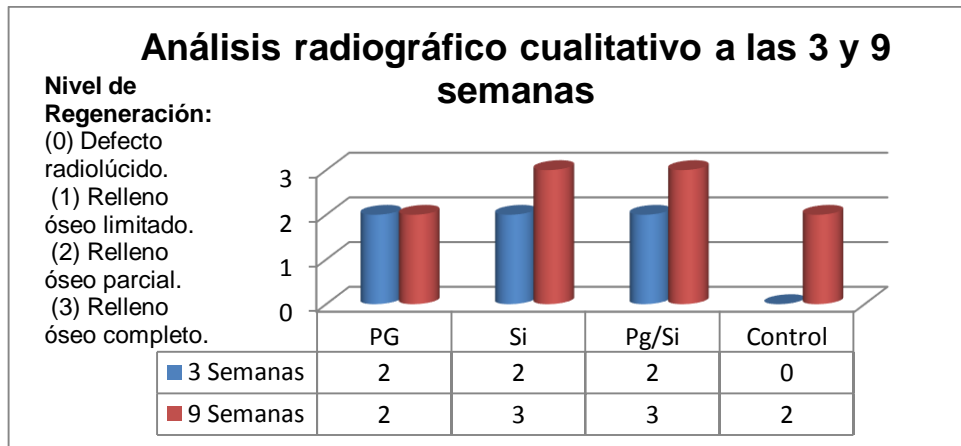
que se analizaron mediante estadística descriptiva a través de la medida de distribución y frecuencia, para el análisis de las variables se utilizó el programa Microsoft Office Excel 2007, para la valoración radiográfica cuantitativa se realizó llevando la imagen a tamaño real con el programa CorelDRAW Graphics Suite X7. Posterior a la inoculación del material, se realizó el sacrificio a las tres semanas de cinco animales del grupo 1, 5 animales del grupo 2, 5 animal del grupo 3 y los restantes a las 9 semanas respectivamente, consecutivamente al sacrificio se realizaron las evaluaciones radiográficas e histopatológicas correspondientes. Cabe destacar que durante la fase postoperatoria fallecieron por inanición dos animales del grupo 2 y uno del grupo 3.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Evaluación Radiográfica:

Se tomaron las radiografías por cada grupo de evaluación (a las 3 y 6 semanas). En la pata izquierda se ubicaron los defectos óseos tratados con el material de regeneración ósea (Sílice Plasma gel, Sílice/pasma gel) y en la pata derecha los defectos no tratados. El 100% de los animales tratados en cada grupo a las 3 semanas (5 por cada grupo) presentaron un nivel

de regeneración ósea tipo 2 el cual representa el relleno óseo parcial, sin embargo la totalidad de las ratas control presentaron un nivel 0 de regeneración ósea que corresponde una radiolucidez total. Este comportamiento cambia cuando se evalúa a las 9 semanas donde los grupos tratados con Si o PG/Si (Grupo 2 y 3) aumentan al nivel 3 la regeneración ósea; mientras que el grupo 1 (PG) permanece sin cambios (nivel 2) en contraste con el grupo control aumento por mecanismos fisiológicos a un nivel 2. (Figura 3)



**Figura 3. Análisis radiográfico cualitativo a las 3 y 9 semanas. Abreviaturas: Plasma Gel (PG), Silicio (Si) y Plasma Gel/Silicio (PG/Si).**

Se ha realizado la evaluación del sílice inyectable embebido en un sustituto óseo de nano hidroxapatita en la tibia de ratas, induciendo la regeneración ósea rápida. Por lo tanto podemos inferir la relación que tiene el silicio en el proceso de regeneración ósea (19). Un estudio experimental con geles plaquetarios en la curación de los defectos óseos de 30 conejos raza Nueva Zelanda, ellos utilizaron plasma rico en plaqueta (PRP) y plasma pobre en plaquetas (ppp), el PRP actuó acelerando la regeneración ósea en las primeras semanas, sin diferencias significativas respecto al grupo en el que utilizaron ppp y el control, a partir de la cuarta semana se produjo una ralentización en el crecimiento hasta el

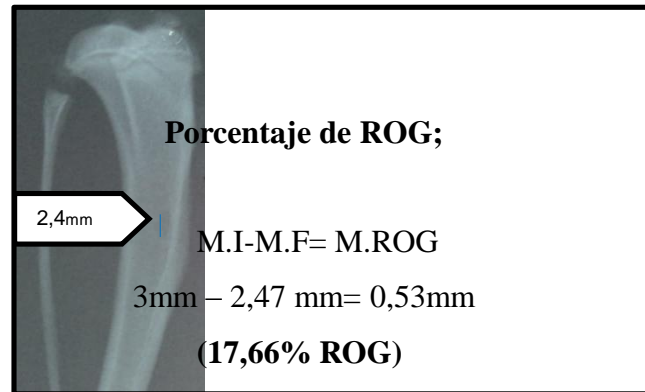
**M.I-----100%**

**M. ROG-----X%**

punto de ser superado mínimamente por el grupo ppp y el control a las 8 semanas (20). Para la evaluación radiográfica cuantitativa se empleó el porcentaje de extensión de Regeneración Ósea Guiada (%ROG) en los defectos óseos tratados con plasma gel, silicio y plasma gel/silicio a las 3 y 9 semanas. Estos porcentajes se obtuvieron restando la Medida Inicial (M.I) del defecto óseo, el cual fue de 3mm para todos los casos, con la Medida Final (M.F) que corresponde a la longitud del defecto óseo radiográfico, y la diferencia es la Medida de la ROG (M. ROG). (Figura 4), por ejemplo:

**3 mm-----100%**

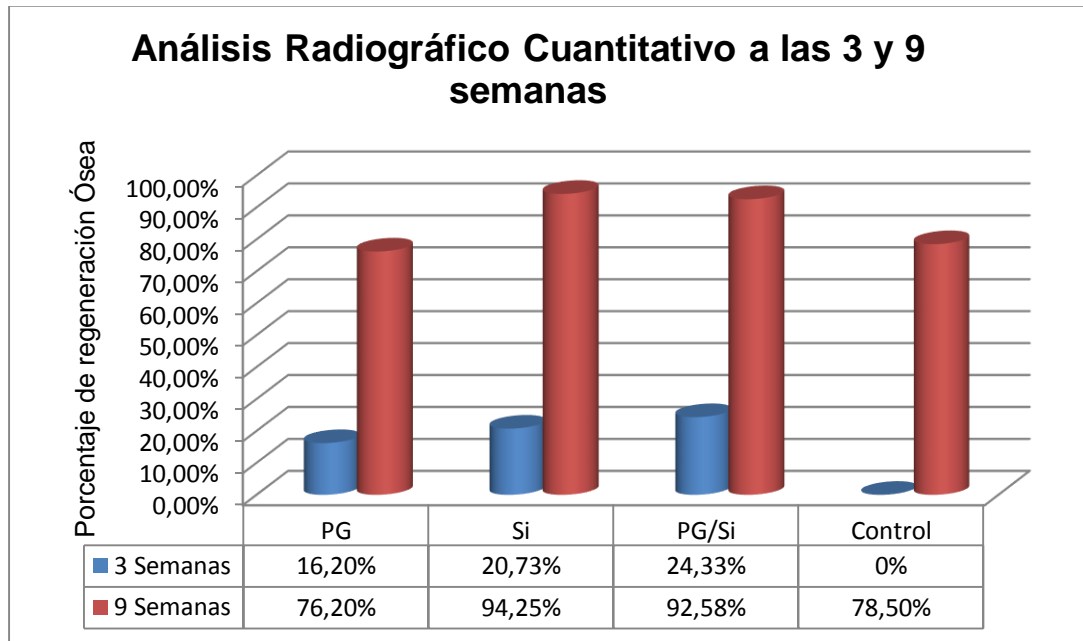
**0,53mm-----17,66%**



**Figura 4. Obtención del porcentaje de la RPG de los defectos óseos. Abreviaturas; Medida Inicial (M.I), Medida Final (M.F), ROG (M. ROG)**

Con los porcentajes de ROG obtenidos de los defectos óseos se calcula la media de cada grupo a las 3 y 6 semanas para así obtener el porcentaje total de los grupos. Los animales sacrificados a las 3 semanas (5 por cada grupo) reflejaron que los tratados con PG llegaron a 16,20% de regeneración, aumentando para el grupo de Si con 20,73%, una cantidad de regeneración ósea muy parecida al grupo tratado con PG/Si siendo este de 24,33%, sin

embargo para el grupo control no se evidencio signos de regeneración. Esto cambia al compararlos con los grupos de las 9 semanas donde mostraron porcentaje mayor de regeneración ósea, los tratados con PG (76,20%) algo similar a los del grupo control (78,50%), mientras que aumento de forma considerable para el grupo de PG/Si con un 92,58%, siendo aun mayor los evaluados con Si con un 94.25% (Figura 5).



**Figura 5. Análisis radiográfico cuantitativo a las 3 y 9 semanas. Abreviaturas: Plasma Gel (PG), Silicio (Si) y Plasma Gel/Silicio (PG/Si).**

Esto tiene relación con lo expuesto un un trabajo d donde observaron el agotamiento de silicio a largo plazo en el desarrollo del esqueleto de un animal de 21 días de edad, en ratas *Sprague-Dawley*(n = 20), al ver los resultados sugieren que las ratas activamente deben mantener los niveles corporales de silicio ya que esto interviene en el desarrollo y longitud de los huesos (21). Por otra parte hay estudios que contradicen nuestros resultados;

quienes realizaron un estudio experimental en defectos mandibulares de conejos, observando que la aplicación de gel de PRP solo o en combinación con la regeneración ósea guiada hace que no mejore proceso de curación del hueso (22)

### **Resultados del análisis histopatológico.**

Luego de Obtener todas las muestras se procedió a realizar el análisis

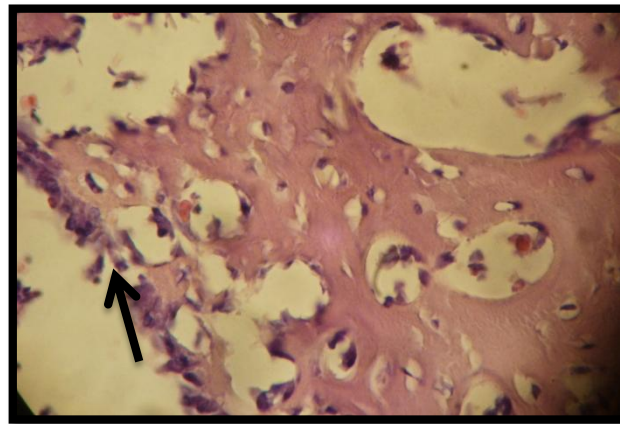


histológico, el cual fue ejecutado por un único profesional anatomopatólogo se observaron con detalle las muestras correspondientes a las ratas control para definir los parámetros histológicos normales y a partir de allí evaluar las muestras experimentales donde se fijaron los siguientes criterios; Presencia de tejido de granulación,

Hueso inmaduro, Hueso maduro y Nivel de regeneración.

### **Presencia de Tejido de Granulación (TG).**

En la Figura 6 Podemos Observar un tejido de granulación, que se caracteriza por presentar abundantes capilares y una alta actividad fibroblástica.



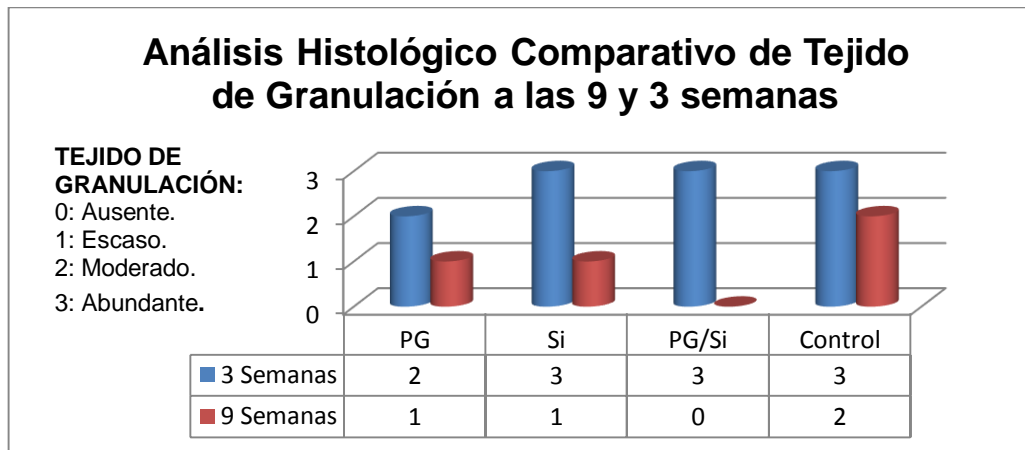
**Figura 6. Preparado histológico del tejido de granulación tinción H/E 40x. Rata tratada con Plasma gel a las 3 semanas. Flecha negra tejido de granulación.**

Los animales sacrificados a las 3 semanas (5 por cada grupo) tratados con PG en un 100% de los casos presentaron un TG moderado, esto

cambia en aquellos tratados con Si (100% de los casos), PG/Si en un 90% de los casos y grupo control (80% de los casos) los cuales llegaron a un

abundante TG, siendo más bajo en aquellos grupos evaluados a las 9 semanas donde los tratados con PG (80% de los casos) y Si (100% de los casos) presentaron un escaso TG, al

evaluar los grupos de PG/Si(90% de los casos) evidenciaron un ausente TG, algo diferente para el grupo control donde todas las muestras presentaron un moderado TG (Figura 7).



**Figura 7. Análisis Histológico Comparativo de Tejido de Granulación a las 9 y 3 semanas. Abreviaturas: Plasma Gel (PG), Silicio (Si) y Plasma Gel/Silicio (PG/Si).**

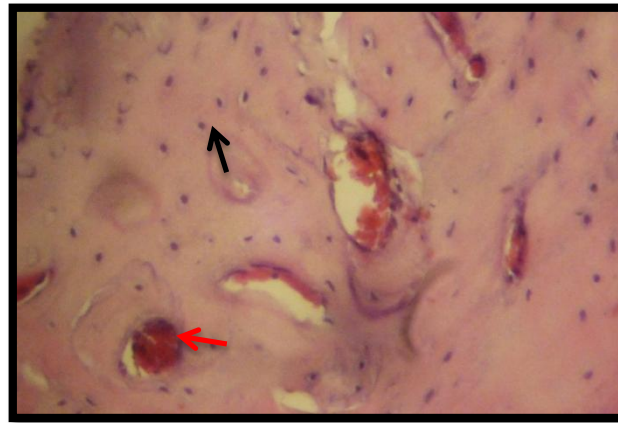
El plasma rico en plaquetas es una nueva alternativa para estimular y acelerar el proceso de cicatrización en los procedimientos de regeneración ósea (23). En otro estudio determinaron que la composición de sílice xerogeles pueden ajustarse de manera que provoca en el hueso características

bioactivas de vidrios bioactivos convencionales (24).

**Presencia de Hueso Inmaduro (HI).**

En la Figura 8 podemos observar como el hueso inmaduro cuenta con abundantes vasos sanguíneos, osteocitos y cantidades irregulares de

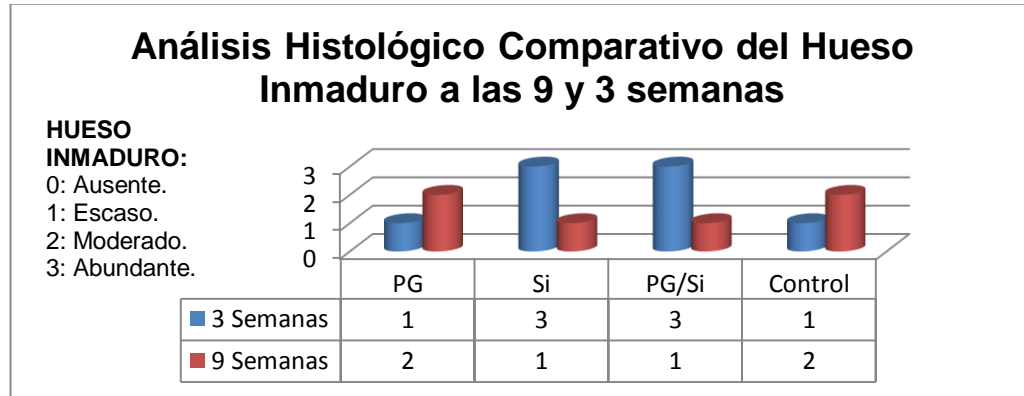
colágeno que se forman más adelante como hueso maduro.



**Figura 8. Preparado histológico del hueso inmaduro tinción H/E 40x. Rata tratada con silicio a las 3 semanas. Flecha negra; señala los osteocitos, Flecha roja; Vasos sanguíneos.**

A las 3 semanas de sacrificio los animales tratados (5 por cada grupo) con PG y el animales control (90% y 50% de las muestras) generaron un escaso HI, algo diferente a los tratados con Si y PG/Si (100% y 80% de los casos) donde se observó un abundante HI. Este comportamiento cambia

cuando se evalúa a las 9 semanas donde los grupos tratados con Si o PG/Si (100% de los casos) presentaron un escaso HI; mientras que los grupos tratados con PG y animales control (80 y 100% de los casos) evidenciaron un moderado HI.(Figura 9).

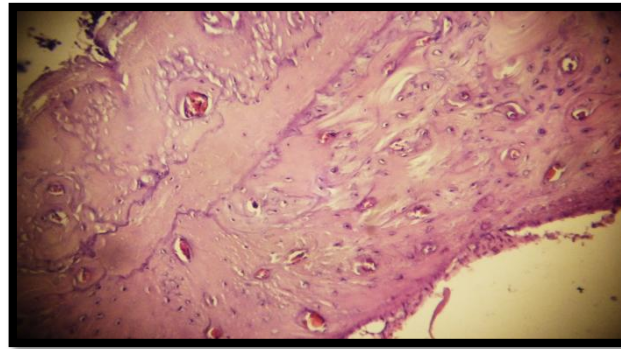


**Figura 9. Análisis Histológico Comparativo del Hueso Inmaduro a las 9 y 3 semanas.**  
**Abreviaturas: Plasma Gel (PG), Silicio (Si) y Plasma Gel/Silicio (PG/Si).**

Esto concuerda con un estudio en ratas observando que el silicio puede afectar el volumen nuevo de colágeno en el hueso (2). Por otra parte difiere con quienes realizaron un estudio en conejos concluyendo que no hay diferencia significativa al realizar la aplicación de geles de fibrina o PRP en los defectos óseos, por esto no es mejor que dejar el defecto sin tratar (25).

### **Presencia de Hueso Maduro (HM)**

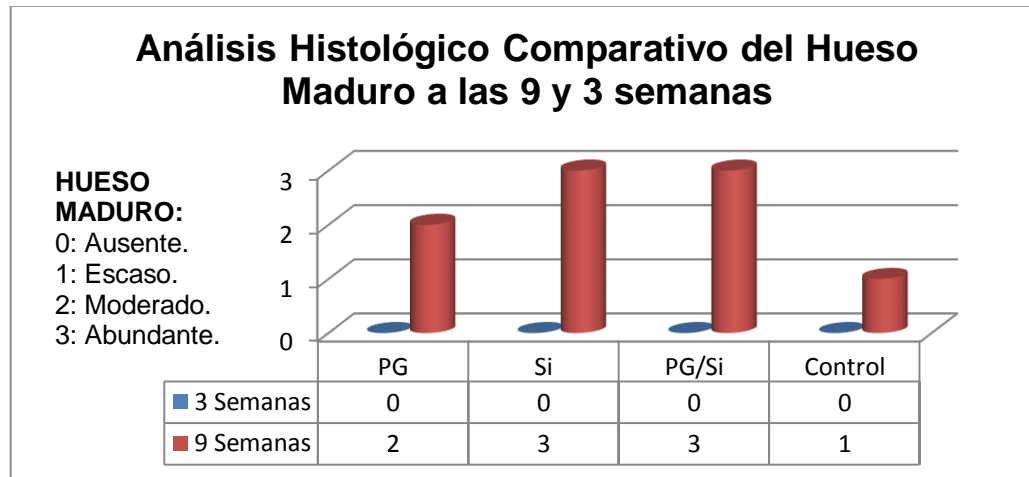
En la figura 10 podemos observar la presencia de una gran cantidad de osteocitos envueltos dentro de una matriz ostoide con presencia de algunos capilares sanguíneos.



**Figura 10. Preparado histológico de hueso maduro tinción H/E 40x. Rata tratada con silicio a las 9 semanas.**

El 100% de los animales (5 por cada grupo) sacrificados a las 3 semanas (PG, Si, PG/Si y control) presentaron un ausente HM. Esto cambia para los tratados a las 9 semanas donde el nivel más bajo fue para el grupo control el cual generó un escaso HM (50% de los

casos), aumentado para el grupo de PG con formación de moderado HM (80% de los casos), siendo más evidente la formación de abundante HM en los animales tratados con Si y PG/Si (90% y 100% de los casos) (Figura 11).



**Figura 11. Análisis Histológico Comparativo del Hueso Maduro a las 9 y 3 semanas. Abreviaturas:**

**Plasma Gel (PG), Silicio (Si) y Plasma Gel/Silicio (PG/Si).**

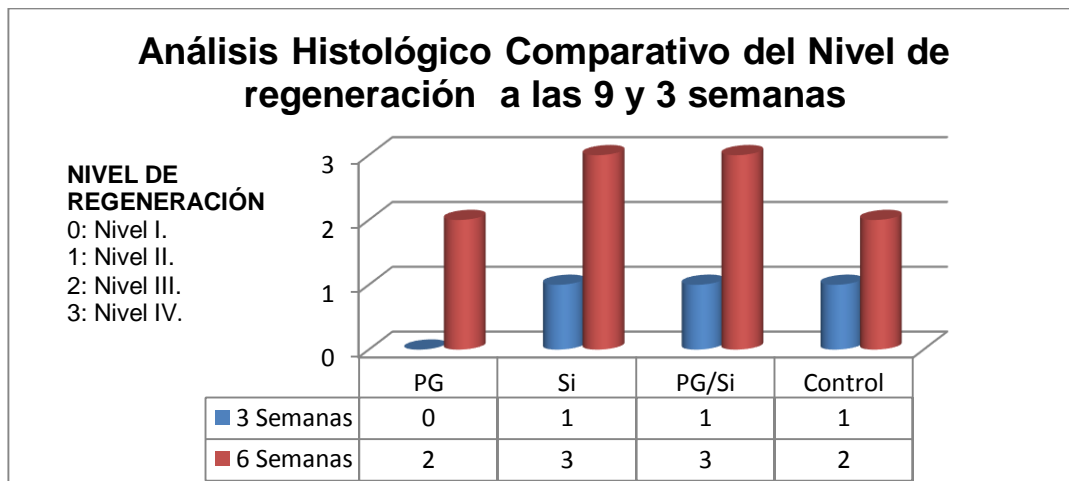
### Nivel de Regeneración Ósea (NRO)

Esto se relaciona con lo descrito por Torres en el 2006, quien afirma que la utilización de PRP asociado a un biomaterial osteoconductor mejora la regeneración ósea vertical con respecto al uso aislado del biomaterial osteoconductor en la calota de conejas osteoporóticas (26). Otro estudio concuerda con que los iones que libera el silicio tiene un efecto beneficioso sobre las células que lo rodean (277).

A las 3 semanas de sacrificio (5 por casa grupo) los animales tratados con PG (90% de los casos) llegaron a un nivel I; donde predominó el tejido de granulación y la presencia de infiltrado inflamatorio, para el resto de los defectos en un 100% de los casos (Si, PG/Si, control) llegaron a un nivel II; en el cual además de encontrar el tejido de granulación se pudo observar la presencia de osteoblastos y zonas de formación osteoide. Este

comportamiento cambia cuando se evalúa a las 9 semanas donde se puede ver como las tratadas con PG y animales control (75 y 50%) llegaron a un nivel III; observando Predominio de osteoblastos, los osteoide llena gran parte del defecto creado y focos de

mineralización del osteoide (trabéculas osiformes), mientras que los grupos de Si y PG/Si en un 100% de las muestras la alcanzaron un nivel IV donde hay mineralización de osteoide en el defecto y presencia de hueso maduro (Figura 12).



**Figura 12 Análisis Histológico Comparativo del Nivel de regeneración a las 9 y 3 semanas. Abreviaturas: Plasma Gel (PG), Silicio (Si) y Plasma Gel/Silicio (PG/Si).**

Esto concuerda con lo referido por en un reporte donde quienes realizaron un estudio en ratas observando que el silicio tiene una función bioquímica afectando al hueso en procesos de crecimiento antes de la formación de cristales de hueso al afectar el volumen de negocios de colágeno del hueso y proteínas de la matriz extracelular tales como la osteopontina que contiene ácido siálico (2, 3). Por otra parte se realizó un estudio en la tibia de conejos donde observaron que el uso de PRP con injerto de hueso mejora significativamente la calidad de la curación del hueso. Sin embargo, el uso de PRP sin sustituto óseo no proporciona tejido de reparación adecuada y, por lo tanto, ofrece poco beneficio cuando se usa de manera independiente (28).

## CONCLUSION

La colocación de silicio en defectos óseos promueve favorablemente la regeneración ya que al ser un catión favorece la unión a las membranas celulares las cuales poseen cargas negativas. El silicio favorece a la promoción de bioceánicas inorgánicas

como la hidroxiapatita dentro del tejido óseo. El plasma gel se comportó como un vehículo ideal para llevar el silicio al defecto sin desplazarlo a otras áreas. El plasma gel ayuda en el proceso de regeneración ósea guiada, sin embargo resulta más efectivo al ser combinado con silicio. Se recomienda realizar otros estudios donde se combine el silicio con otros materiales y así mismo continuar la línea de investigación en seres humanos ya que amos compuestos (Plasma gel y sílice) han sido utilizados en tejido humano.

## REFERENCIAS

1. Wilson t. Effects of silica based biomaterials on bone marrow derived cells. Turku (2011). pag; 1-72.
2. Forrest H, Rhonda P. Dietary Silicon Affects Bone Turnover Differently in Ovariectomized and Sham-Operated Growing Rats. TheJournal of Trace Elements in Experimental Medicine. (2004), Pag; 137–149.



3. Hyunchul c. Arthroscopic rotator cuff repair with platelet-rich plasma (PRP) gel :A technical note. *ActaOrthop. Belg.*, 2011, Pag; 676-679.
4. Peral B, Redondo L, Hernández V, Serrat S, Torres N, Vaquero P. Estudio experimental sobre la regeneración ósea mandibular de la rata con diferentes biomateriales. *RevEspCir Oral y Maxilofac* (2008). Pag; 313-323.
5. Dimitriou R, Jones E, McGonagle D, Giannoudis P. Bone regeneration: current concepts and future directions. *Medicine* (2011), Pag 1-10.
6. Lobato M, Criado A. Plasma rico en plaquetas en la clínica dental. (2009). Pag 104-123.
7. Jugdaohsingh. Silicon and bone health. *jnutr health aging*. (2007); Pag: 99-110.
8. Mieszawska A, Fournaligas N, Georgakoudi I, Ouhib N, Perry C, Kaplan D. Osteoinductive silk-silica composite biomaterials for bone regeneration. *Biomaterials*. (2010);. Pag: 8902–8910.
9. Saki M, Kazemzadeh M, Samadikuchaksaraei A, Basir H, Gorjipour F. Biocompatibility Study of a Hydroxyapatite-Alumina Silicon Carbide Composite Scaffold for Bone Tissue Engineering. *Medical Journal*, Vol 11, No 1, (2009), Pag: 55-60.
10. Miyagi I, Teruya S. Effects of soluble silicon compound and deep-sea water on biochemical and mechanical properties of bone and the related gene expression in mice. (2008) 26. pag:446–455.
11. Li Z, Karp H, Zerlin A, Lee A, Heber D. Absorption of silicon from artesian aquifer water and its impact on bone health in postmenopausal women: a 12 week pilot study: un

- estudiopiloto de 12 semanas. *J. Nutr* (2010). Pag;1-6.
12. Tucker K, Jugdaohsingh R, Powell J, Ning Q, Hannan M, SupaneeCupples A, Kiel D. Efectos de la cerveza, el vino y la ingesta de bebidas alcohólicas en la densidad mineral ósea en hombres y mujeres mayores. *Am J Clin Nutr*. abril de 2009. Pag; 1188-1196.
13. Arias F. El proyecto de investigación inducción a la metodología científica. 2006. 5ta Ed. Caracas Venezuela: Episteme; 2006.
14. Jugdaohsingh R., Calomme M., Increased longitudinal growth in rats on a silicon-depleted diet. *Bone* 43. 2008. Pág. 596-606.
15. Kazakos k, Nikolaos D, Thomaidis V, Agrogiannis G, Botaitis S, Drosos G, Kokka A, Verettas D. Application of PRP gel alone or in combination with guided bone regeneration does not enhance bone healing process: An experimental study in rabbits. *Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery* 39 (2009).
16. [Xu](#), [Ganz](#), [Weber](#), [Adam](#), [Holzhüter](#), [Wolter](#), [Frerich](#), [Vollmar](#), [Gerber](#). Evaluation of injectable silica-embedded nanohydroxyapatite bone substitute in a rat tibia defect model. *Int J Nanomedicine*. (2011); 6. Pag; 1543–1552.
17. Ogundipe K, Olufemi K, Vincent I, Folusho J. Autologous Platelet-Rich Plasma Gel Enhance Healing After Surgical Extraction of Mandibular Third Molars?. (2011), Pag; 2305-2310.
18. Welsh, *Histología*. Panamericana, Madrid; España. (2006). Pag; 131.
19. Fernández, Tresguerres, Hernández, Gil I, Gracia A, Pingarrón M, Jerez B. Physiological bases of bone regeneration I. Histology and physiology of bone tissue. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* (2006); Pag; 47-51.

20. Valentich y Rovasio. Histología y embriología del ser humano. cuarta edición editorial panamericana, Argentina; (2008) pag; 200- 213.
21. Torres J, Garcia A, Prados J, FrutosF, Gomez F, Marino T. Regeneracionosea vertical a base de cementos de brushitaFacultadde Ciencias de la salud departamento de estomatologia, UniversidadMadrid, 2012
22. Garzón A, Cortes C, Analisis por elementos finitos del proceso de regeneración ósea, universidad nacional de colombia, bogota, (2004), Pag 1-10.
23. Simion M, Fontana F, Rasperini G, Maiorana C. Vertical ridge augmentation by expanded-polytetrafluoroethylene membrane and a combination of intraoral autogenous bone graft and deproteinizedanorganic bovine bone (Bio Oss). Clin Oral Implants Res. (2007); Pag; 620–9
24. Estrada C, Paz A, López L. Ingeniería de tejido óseo: consideraciones básicas. Rev EIA. (2006); Pag; 93-100.
25. Sfeir C, Ho L, Doll B, Azari K, Hollinger J. Fracture Repair. En: Lieberman J, Friedlaender G. Bone regeneration and repair. Biology and clinical applications, Totowa: Humana Press; (2005); Pag; 21-44.
26. Suarez, D. Principios básicos en regeneración ósea guiada. Acta bioclinica, (2012) volumen 2 N°3, Pag; 89-116.
27. Plasencia J, Cuesta M, Fernández-Alba J, Calderón J. Regeneración ósea guiada en implantología. En: Navarro C, García F, Ochandiano S. Cirugía oral. Madrid: Arán Ediciones; (2008), Pag; 207-24.
28. Monte, M. Acebal, F., Labrot, I., Carrero, A. Gel plaquetario, actualización de su uso en técnicas de regeneración. (2008). Pag; 25-42.