

**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS  
CARRERA DE ODONTOLOGÍA**

**TEMA:**

**El papel del quitosano como andamiaje en la regeneración  
ósea guiada. Revisión de la literatura**

**AUTORA:**

**Ivanna Nicole Ramírez Flores**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
ODONTÓLOGA**

**TUTOR:**

**Santiago Andres Lopez Jurado**

**Guayaquil, Ecuador  
2 de marzo del 2022**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS  
CARRERA DE ODONTOLOGÍA

### CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Ramírez Flores, Ivanna Nicole** como requerimiento para la obtención del título de **Odontóloga**.

TUTOR (A)

f. \_\_\_\_\_  
**Santiago Andrés Lopez Jurado**

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. \_\_\_\_\_  
**Bermúdez Velásquez, Andrea Cecilia**

**Guayaquil, a los 02 del mes de marzo del año 2022**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS  
CARRERA DE ODONTOLOGÍA

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Ramírez Flores, Ivanna Nicole**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, **El papel del quitosano como andamiaje en la regeneración ósea guiada. Revisión de la literatura** previo a la obtención del título de **Odontóloga**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

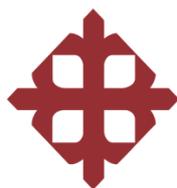
En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 02 días del mes de marzo del año 2022**

**EL AUTOR (A):**

f. \_\_\_\_\_

**Ramírez Flores, Ivanna Nicole**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS  
CARRERA DE ODONTOLOGÍA

## AUTORIZACIÓN

Yo, **Ramírez Flores, Ivanna Nicole**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **El papel del quitosano como andamiaje en la regeneración ósea guiada. Revisión de la literatura**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 02 días del mes de marzo del año 2022**

**EL AUTOR(A):**

f. \_\_\_\_\_

**Ramírez Flores, Ivanna Nicole**

# REPORTE URKUND



## Document Information

Analyzed document	URKUND.docx (D128157785)
Submitted	2022-02-17T16:03:00.0000000
Submitted by	
Submitter email	ivanna.ramirez@cu.ucsg.edu.ec
Similarity	0,4%
Analysis address	santiago.lopez.ucsg@analysis.orkund.com

## Sources included in the report

**W** URL: <https://zagan.unizar.es/record/5434/files/TAZ-PFC-2010-378.pdf>  
Fetched: 2020-06-08T18:01:34.0730000



Documento [URKUND.docx \(D128157785\)](#)  
Presentado 2022-02-17 10:03 (-05:00)  
Presentado por ivanna.ramirez@cu.ucsg.edu.ec  
Recibido santiago.lopez.ucsg@analysis.orkund.com  
Mensaje RV: URKUND [Mostrar el mensaje completo](#)  
0% de estas 7 páginas, se componen de texto presente en 0 fuentes.

Categoría	Enlace/nombre de archivo
>	<a href="https://zagan.unizar.es/record/5434/files/TAZ-PFC-2010-378.pdf">https://zagan.unizar.es/record/5434/files/TAZ-PFC-2010-378.pdf</a>
Fuentes alternativas	
	<a href="https://reviberpol.files.wordpress.com/2020/04/2020-21-2-41-50-castro.pdf">https://reviberpol.files.wordpress.com/2020/04/2020-21-2-41-50-castro.pdf</a>
	<a href="https://bdjgital.zamorano.edu/bitstream/11036/6907/1/AGI-2020-T029.pdf">https://bdjgital.zamorano.edu/bitstream/11036/6907/1/AGI-2020-T029.pdf</a>
Fuentes no usadas	

0 Advertencias. Reiniciar Compa

84% # 1 Activo 84%

El quitosano es un polisacárido lineal, que se obtiene de la desacetilación de la quitina,

que se encuentra en el exoesqueleto de crustáceos, cutículas de insectos y pared de hongos. Este posee propiedades antimicrobianas frente a varios microorganismos como hongos y bacterias, el cual se asocia a su naturaleza catiónica que se une a aniones en las paredes celulares de las bacterias, inhibiendo la síntesis provocando la muerte bacteriana. Además, se ha descrito como propulsor de la cicatrización de heridas, y tiene acción inmunológica donde activa macrófagos, que producen citocinas e impiden la infección. Una de las propiedades más destacadas del quitosano en la ingeniería de tejidos, es su habilidad para adquirir diversas formas. 3

Las propiedades físicas del quitosano han hecho posible que se le dé forma en varias estructuras como membranas, esponjas, fibras, andamios porosos, hidrogeles y nanofibras. Todas estas realizadas bajo varios métodos de fabricación con una estructura porosa altamente interconectada, con poros de diámetro adecuado para la formación de hueso y crecimiento celular. Entre ellos tenemos el método de liofilización, lixiviación de partículas técnica de formación de espuma con gas, técnica de gelificación por congelación, prototipos rápidos, microparticulas, entre otras. Los andamios de quitosano que contienen otros polímeros biocompatibles generalmente tienen mejores propiedades biológicas y mecánicas en comparación a los andamios de quitosano puro. 8

Los biomateriales a base de quitosano se han usado ampliamente en la ingeniería de tejidos durante las últimas décadas. Algunos autores concluyen que el quitosano juega un papel importante en la regeneración ósea debido a sus varias propiedades biológicas. 5,7,3 El presente trabajo de investigación tiene como objetivo aportar una visión general de los conceptos más destacados en la regeneración ósea guiada y de las propiedades que convierten al quitosano en una notable opción como andamio en la regeneración de tejidos óseos.



## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer a Dios por las bendiciones, la fuerza y la determinación que me ha sido dada durante mi vida universitaria. Por permitirme llegar hasta este momento en donde puedo cumplir mis metas.

Agradezco a mis padres: Mery Flores y Miguel Ramírez, por su apoyo económico y emocional, por su esfuerzo y cariño incondicional. Por ser mi sostén y mi soporte, Agradezco su lucha constante por hacer de mi una persona de bien con su amor y su ejemplo. Agradezco a mis hermanos Carlos Miguel Ramírez, Carla Ramírez y Karen Ramírez por acompañarme de la mano en el camino. A mis sobrinos Nicolas Torres, Fiorella Torres y Alina Torres por ser la luz de mis días. A mis cuñados Alex Torres y Juan Pablo Ojeda porque se que siempre cuento con su apoyo.

Le doy gracias a mi Tutor Dr. Santiago López, un excelente docente, que supo brindarme sus conocimientos y tiempo, gracias por la paciencia.

Por último agradezco a los amigos que me dejo la universidad en especial Geovanna Naranjo, Josselyn Aguirre, Belen Erazo y Ximena Icaza por el apoyo en todos los momentos.

Ivanna Ramírez Flores

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios y mi familia que son lo más importante de mi vida.

Ivanna Ramírez Flores.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS  
CARRERA DE ODONTOLOGÍA**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_  
**Bermúdez Velásquez, Andrea Cecilia**  
DECANO O DIRECTOR DE CARRERA

f. \_\_\_\_\_  
**Ocampo Poma, Estefanía del Rocío**  
COORDINADOR DEL ÁREA O DOCENTE DE LA CARRERA

f. \_\_\_\_\_  
**Polit Luna, Alex Ricardo**  
OPONENTE



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS  
CARRERA DE ODONTOLOGÍA**

**CALIFICACIÓN**

**TUTOR (A)**

f. \_\_\_\_\_  
**Santiago Andres Lopez Jurado**

## “El papel del quitosano como andamiaje en la regeneración ósea guiada. Revisión de la literatura”

“The role of chitosan as a scaffold in guided bone regeneration.  
Literature review”

Ivanna Nicole Ramírez Flores<sup>1</sup> Santiago Andres Lopez Jurado<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudiante egresado de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil. <sup>2</sup>Especialista en Periodoncia. Docente de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, Ecuador.

### RESUMEN:

**Introducción:** El quitosano es un polímero que además de ser reabsorbible, biocompatible, no tóxico cuenta con un gran potencial bacteriostático, hemostático y mucoadhesivo. Por estas cualidades es considerado una gran opción como andamio. **Objetivo:** Describir el papel del quitosano como andamiaje en la regeneración ósea guiada. **Materiales y Métodos:** Revisión científica de enfoque cualitativo de tipo transversal, retrospectivo con diseño explicativo no experimental. Mediante recolección de artículos por medio de metabuscadores como: Pubmed, Scopus, Science Direct, Google Academic. Seleccionando 33 artículos para análisis. **Resultados:** La estructura del quitosano se obtiene por desacetilación de la quitina, polímero presente en el esqueleto de crustáceos, moluscos e insectos y en paredes de hongos. Posee propiedades como mucoadhesión, hemostasia, actividad antimicrobiana, biodegradabilidad y biocompatibilidad. Entre algunos de los métodos de fabricación tenemos la liofilización, el hilado húmedo, lixiviación de partículas, técnica de formación de espuma con gas, gelificación, técnica de prototipos rápidos y micropartículas. Entre los tipos de andamios están hidrogel, esponjas, películas y nanofibras. Con respecto a la elección de células se utilizan células autólogas de cada paciente y células madre mesenquimales. **Conclusión:** Los andamios de quitosano poseen buenas propiedades que hacen que valga la pena seguir experimentando con este interesante polímero natural para aclarar sus mecanismos de acción celular, así como mejorar sus métodos de fabricación.

**Palabras Clave:** “quitosano”, “andamio”, “ingeniería de tejidos” y “regeneración ósea”.

### SUMMARY:

**Introduction:** Chitosan is a polymer that, in addition to being reabsorbable, biocompatible, non-toxic, has great bacteriostatic, hemostatic and mucoadhesive potential. Due to these qualities, it is considered a great option for scaffolding. **Objective:** To describe the role of chitosan as a scaffold in guided bone regeneration. **Materials and Methods:** Scientific review of qualitative approach, cross-sectional, retrospective type with non-experimental explanatory design. By collecting articles through metasearch engines such as: Pubmed, Scopus, Science Direct, Google Academic. Selecting 33 articles for analysis. **Results:** The structure of chitosan is obtained by deacetylation of chitin, a polymer present in the skeleton of crustaceans, molluscs and insects and in the walls of fungi. It has properties such as mucoadhesion, hemostasis, antimicrobial activity, biodegradability and biocompatibility. Some of the manufacturing methods include freeze-drying, wet spinning, particle leaching, gas foaming, gelation, rapid prototyping, and microparticles. Among the types of scaffolds are hydrogel, sponges, films and nanofibers. Regarding the choice of cells, autologous cells from each patient and mesenchymal stem cells are used. **Conclusion:** Chitosan scaffolds possess good properties that make it worthwhile to continue experimenting with this interesting natural polymer to clarify its mechanisms of cellular action, as well as to improve its manufacturing methods.

**Keywords:** “chitosan”, “scaffold”, “tissue engineering” and “bone regeneration”

## INTRODUCCIÓN:

La regeneración ósea guiada es considerada en la actualidad una tecnología líder necesaria para remediar la deficiencia ósea en varias situaciones clínicas siendo una alternativa biológica para la regeneración tisular. El método más prometedor dentro de esta área consiste en cultivar in vitro osteoblastos primarios o células madre adultas en andamios tridimensionales. Posteriormente, esta estructura se adhiere a deformaciones óseas. Las células formarían la base del tejido óseo nuevo, mientras que el andamio proveería un esquema tridimensional en el que las células puedan realizar cada etapa de su desarrollo. A su vez el andamio proporciona espacio adecuado y libera localmente moléculas de señalización controladas. Para cumplir estas metas, los andamios deben tener ciertos requisitos como biodegradabilidad, biocompatibilidad, no inmunogenicidad, no toxicidad, así como propiedades mecánicas y morfológicas adecuadas. Estas características son necesarias para el crecimiento y transporte intracelular dentro y fuera del andamio.<sup>1</sup>

Es importante elegir un andamio con las características apropiadas ya que de ello dependerán sus resultados. Los polímeros biodegradables ya sean sintéticos o naturales tienen las propiedades

adecuadas para que las células se unan, desarrollen y diferencien, es por ello que son considerados una gran opción como andamios. Dentro de este grupo de biopolímeros que estimulan la morfogénesis tisular encontramos al quitosano, el cual ha demostrado poseer excelentes cualidades como armazón para la ingeniería de tejidos óseos. El quitosano es un biomaterial que además de ser reabsorbible, biocompatible, no tóxico cuenta con un gran potencial bacteriostático, hemostático y mucoadhesivo gracias a sus grupos aminos cargados positivamente. La superficie de este es hidrofílica lo que favorece la unión, proliferación y diferenciación. El quitosano por si solo no posee función osteoinductiva ni osteoconductora pero en combinación de factores de crecimiento, células madre mesenquimales o hidroxiapatita goza de un gran potencial.<sup>2</sup>

La historia del quitosano data del siglo XIX cuando Rouget argumentó su forma desacetilada. El quitosano es un polisacárido lineal, que se obtiene de la desacetilación de la quitina, que se encuentra en el exoesqueleto de crustáceos, cutículas de insectos y pared de hongos. Este posee propiedades antimicrobianas frente a varios microorganismos como hongos y bacterias, el cual se asocia a su naturaleza catiónica que se une a aniones en las paredes celulares de las bacterias, inhibiendo la síntesis provocando la muerte bacteriana.

Además, se ha descrito como propulsor de la cicatrización de heridas, y tiene acción inmunológica donde activa macrófagos, que producen citocinas e impiden la infección. Una de las propiedades más destacadas del quitosano en la ingeniería de tejidos, es su habilidad para adquirir diversas formas.<sup>3</sup>

Las propiedades físicas del quitosano han hecho posible que se le dé forma en varias estructuras como membranas, esponjas, fibras, andamios porosos, hidrogeles y nanofibras. Todas estas realizadas bajo varios métodos de fabricación con una estructura porosa altamente interconectada, con poros de diámetro adecuado para la formación de hueso y crecimiento celular. Entre ellos tenemos el método de liofilización, lixiviación de partículas técnica de formación de espuma con gas, técnica de gelificación por congelación, prototipos rápidos, micropartículas, entre otras. Los andamios de quitosano que contienen otros polímeros biocompatibles generalmente tienen mejores propiedades biológicas y mecánicas en comparación a los andamios de quitosano puro.<sup>8</sup>

Los biomateriales a base de quitosano se han usado ampliamente en la ingeniería de tejidos durante las últimas décadas. Algunos autores concluyen que el quitosano juega un papel importante en la regeneración ósea debido a sus varias propiedades biológicas.<sup>5,7,3</sup> El presente trabajo de

investigación tiene como objetivo aportar una visión general de los conceptos más destacados en la regeneración ósea guiada y de las propiedades que convierten al quitosano en una notable opción como andamio en la regeneración de tejidos óseos.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente estudio es de enfoque cualitativo de tipo transversal, retrospectivo con diseño explicativo no experimental, para exponer el papel del quitosano como andamiaje en la regeneración ósea guiada.

Para esta revisión sistemática, se hizo la búsqueda de artículos científicos de estudios retrospectivos, prospectivos, estudios in vitro, revisiones sistemáticas por medio de la web en meta buscadores como: Pubmed, Scopus, Science direct, Google Academic y la biblioteca virtual de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil siguiendo los criterios de inclusión y exclusión. Para la búsqueda se emplearon las siguientes palabras clave: “quitosano”, “andamio”, “ingeniería de tejidos” y “regeneración ósea”.

Estudio que se realizó con materiales de escritorio como: esfero, resaltadores, lápiz con la ayuda de instrumentos tecnológicos como: laptop, impresora, internet durante el periodo Semestre B- 2021 de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Octubre del 2021 a Febrero del 2022.

Se lograron seleccionar 250 artículos científicos de revisión, filtrado por un diagram de flujo PRISMA, se incluyeron 32 de estos artículos para el desarrollo y análisis de este estudio de investigación. Además, se realizó una tabla madre con las siguientes variables:

- Estructura
- Propiedades del quitosano
- Métodos de fabricación
- Métodos de extracción
- Tipos de andamios

Por último, por medio de la lectura comprensiva se analizaron los artículos y se llevo a cabo la síntesis de la información que llevo a determinar los resultados.

## RESULTADOS

En la búsqueda inicial se recopiló 250 artículos, encontrados en los diferentes meta buscadores, utilizando las palabras clave, entre artículos de estudios retrospectivos, prospectivos, estudios in vitro y revisiones sistemáticas, artículos que han sido filtrados por un diagram de flujo PRISMA (FIGURA 1), que se encuentra presente en esta revisión.

Posterior a eso tras ser evaluados los 250 artículos se excluyeron los que no cumplieran con los criterios de inclusión y exclusión y tras la revisión manual y completa se obtuvo como resultado final un total de 32 artículos que se incluyeron para el análisis cualitativo. Para la descripción de los resultados se dividió según las variables.

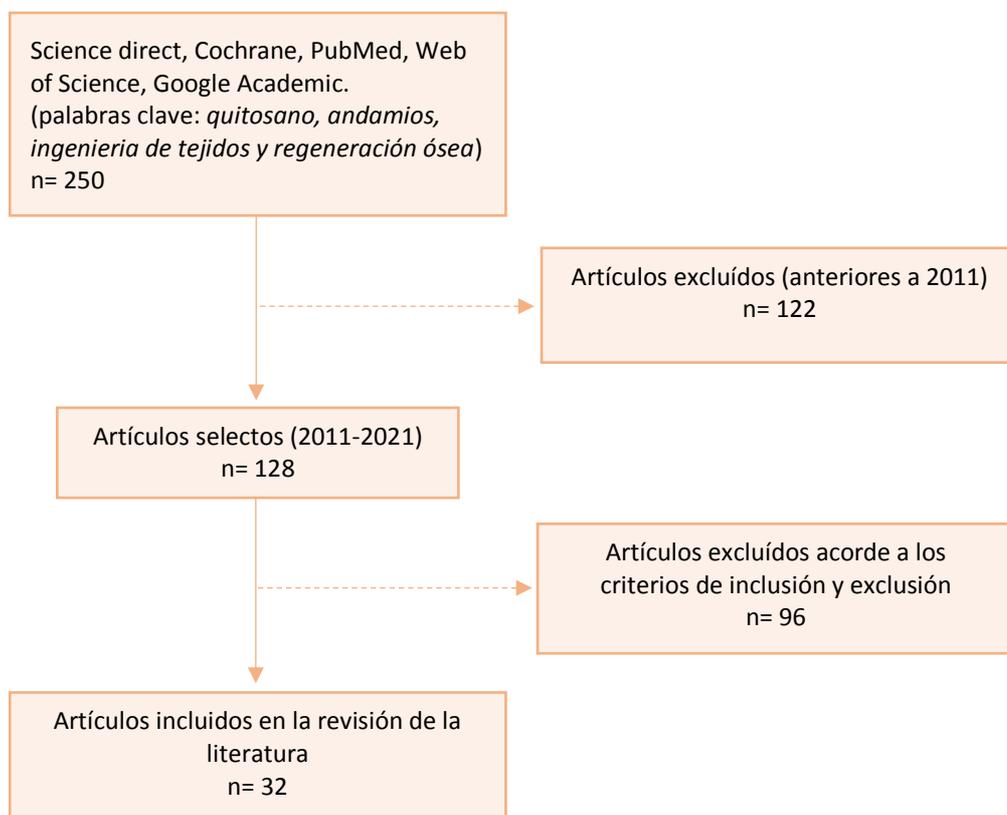


Figura 1: Flujograma del estudio de investigación y selección de artículos para revisión bibliográfica.

En lo que refiere a la estructura del quitosano esta se obtiene por desacetilación de la quitina, que es un polímero presente en el esqueleto de crustáceos, moluscos e insectos y en las paredes celulares de hongos. El proceso de desacetilación consiste en quitar grupos acetilo de la cadena molecular de la quitina con la ayuda de hidróxido de sodio concentrado por un largo período, dejando completos sus grupos amino. Para no generar especies reactivas en la reacción por lo general se añade borohidruro de sodio a la solución.<sup>28</sup> Su estructura química tiene una cadena compuesta por unidades de D-glucosamina y N-acetil-glucosamina unidas por enlaces. En su estructura existen tres grupos funcionales: uno amina y dos grupos hidroxílicos. Estos grupos, especialmente la amina, le confieren propiedades catiónicas debido a la protonación de los grupos aminos en el medio ácido. Además, la reactividad del quitosano le permite modificar la estructura a través de la sustitución de grupos funcionales, lo que le ayuda a acoplarse con otros polímeros, esto permite modular sus características lo que lo convierte en un biomaterial versátil. Por otro lado, su tasa de degradación está inversamente relacionada con el grado de desacetilación.<sup>1,3,4,9</sup>

Dentro de la información obtenida en base a sus propiedades tenemos que la mucoadhesión se explica por la presencia de residuos cargados negativamente (ácido siálico) que se encuentran en la mucina. En

medio ácido, los grupos amino cargados positivamente interactúan con la mucina. La mucoadhesión está directamente relacionada con el grado de desacetilación, si este aumenta también aumentan el número de cargas positivas, lo que lleva a mejoras en sus propiedades.<sup>1,9,10</sup> Otra de las propiedades que se atribuyen a su naturaleza catiónica es la hemostasia. El quitosano se une a los glóbulos rojos cargados negativamente, promoviendo así la coagulación.<sup>1,9</sup> Por otro lado, la actividad antimicrobiana se lleva a cabo mediante dos mecanismos principales. El primer mecanismo consiste en, su carga positiva puede relacionarse con grupos negativos en la superficie de la célula y, como resultado, alterar su permeabilidad. El segundo mecanismo se explica por la unión del quitosano con el ADN celular, lo que conlleva a la inhibición de la síntesis de ARN microbiano.<sup>1,9,10</sup>

Su biodegradabilidad se da por varias enzimas como proteasas, quitinasas pero principalmente por la lisozima. Su biodegradación da como resultado oligosacáridos no tóxicos.<sup>1,9</sup> Por último, su biocompatibilidad depende del método de preparación y su grado de desacetilación. A medida que aumentan las cargas positivas, también aumenta la interacción del quitosano con las células.<sup>9</sup>

Existen varios métodos de fabricación de andamios como la liofilización que consiste en una solución de quitosano en ácido

acético sometido a congelación, produciendo una estructura porosa. Otro método es, el hilado húmedo donde se disuelve el quitosano en una solución de ácido acético diluido, esta se centrifuga y produce fibras. Tenemos también, lixiviación de partículas donde se mezcla gelatina y quitosano, luego se sumerge en solvente generando porosidad. Por otro lado, la técnica de formación de espuma con gas donde se sobresatura la solución de quitosano con dióxido de carbono, creando burbujas de gas que forman poros. Luego, la técnica de gelificación por congelación, donde el andamio se coloca en una solución de gelificación de hidróxido de sodio y etanol por debajo de la temperatura de congelación del quitosano. Además, tenemos la técnica de prototipos rápidos en donde se utiliza una fabricación asistida por

computadora usando molde de cera inversa. Por último, por micropartículas, se forman andamios de microesferas hidratadas empaquetadas en un molde.<sup>1,5,8,9</sup>

Referente a los tipos de andamios disponibles tenemos por ejemplo, los andamios de hidrogel que poseen una fase sólida que representa menos del 10% y una fase líquida que suele ser agua y adyuvantes. Así mismo, existen las esponjas que son estructuras sólidas con microporosidad. Por otro lado están las películas de quitosano que son vendajes fabricados con acetato. Por último, las nanofibras de quitosano que son aplicadas como apósitos para heridas.<sup>9,10,11</sup> La figura 2 muestra las ventajas y desventajas de cada uno de los tipos de andamios.

Tipo de andamio	Ventajas	Desventajas
<b>Hidogeles (3D)</b>	Suave Flexible No toxica	No estable Baja resistencia mecánica Tamaño de poro difícil de controlar Puede ser tóxico
<b>Esponjas (3D)</b>	Alta porosidad Suave	La reticulación puede afectar las propiedades intrínsecas del quitosano Puede arrugarse
<b>Películas (2D)</b>	Revestimiento de materiales	Laboriosa para la construcción de multicapas Muchos pasos.
<b>Nanofibras (2D)</b>	Alta porosidad Imita la matriz extracelular de la piel	Electrospinning de quitosano puro difícil

Figura 2: Principales ventajas y desventajas de andamios basados en quitosano.

Con respecto a la elección de células que se carga en los andamios de quitosano para junto con las

propiedades del quitosano inducir a una regeneración ósea guiada tenemos que, se utilizan células

autólogas de cada paciente, pero en mayor proporción células madre mesenquimales. Estas células madre son inducidas por factores de crecimiento que regulan actividades celulares in vivo y se ha demostrado que su aplicación mejora la cicatrización ósea. Las proteínas como BMP (proteínas morfogenéticas óseas) estimulan la osteogenesis y neovascularización. Para lograr condrogénesis tenemos

a proteínas como TGF- $\beta$ 1 (factor de crecimiento tumoral  $\beta$ ) y para inducir osteogénesis a BMP2.51. Otras proteínas como la BMP-7 pueden inducir proliferación y diferenciación celular. Los andamios de quitosano formados con células madre adiposas tienen una regeneración ósea más completa.<sup>21</sup> En la figura 3 destacamos el potencial osteogénico de algunos factores de crecimiento.

Factor de crecimiento	Propiedades
<b>BMP-2: proteína morfogenética ósea tipo 2</b>	Efecto sobre la diferenciación de CMM (células madre mesenquimales) en células precursoras de osteoblastos y células similares a osteoblastos. Capaz de producir la morfogénesis ósea. <sup>24,25,26,27</sup>
<b>BMP-4: proteína morfogenética ósea tipo 4</b>	Participa en inducción ósea, reparación de fracturas y desarrollo dental. <sup>24,25,27</sup>
<b>BMP-7: proteína morfogenética ósea tipo 7</b>	Potencial factor osteogénico epitelial. Desempeña un papel en la homeostasis ósea y la regulación del calcio. <sup>24, 25,27</sup>
<b>TGF-<math>\beta</math>1: factor de crecimiento tumoral <math>\beta</math></b>	Funciona junto con las BMP para regular la diferenciación de las CMM durante el desarrollo, formación y homeostasis de los huesos. <sup>24</sup>
<b>Shh: erizo sónico</b>	Interviene en la curación de fracturas y el mantenimiento óseo. Posee efectos relacionados con Gli2, un factor transcriptor capaz de activar la expresión del gen BMP2. <sup>24, 25</sup>
<b>Runx2: relacionado con Runt factor de transcripción 2</b>	Regula la transcripción en la diferenciación osteogénica y la formación ósea. Es un factor de transcripción clave que especifica el destino de los osteoblastos. <sup>24, 25</sup>
<b><math>\beta</math>catenina/Wnt</b>	Su activación impulsa la formación ósea a través de la renovación de las células madre, la estimulación de la proliferación de preosteoblastos, la inducción de la osteoblastogénesis y la inhibición de la apoptosis de los osteoblastos. <sup>24, 25</sup>

Figura 3: Moléculas de señalización implicadas en la vía de diferenciación osteogénica.

## DISCUSIÓN

La osteoconducción y factores de crecimiento osteoconductores se desarrollan a través de técnicas de injerto óseo con aloinjerto y autoinjerto. No obstante, debido a pocos sitios donantes existentes, cirugías repetidas, contagio de enfermedades y costos, se ha generado la necesidad de producir materiales alternativos. La regeneración ósea guiada se ha destacado como un campo de investigación prometedor, sus avances se deben a los estudios de biomateriales que tienen potencial regenerador. En este contexto, el quitosano es uno de estos biomateriales que ha llamado la atención por cumplir con características tales como biocompatibilidad, biodegradabilidad y su afinidad con moléculas biológicas. Sin embargo, aunque este se considere un biomaterial con un gran potencial por más de una década, aun hacen falta estudios clínicos en seres humanos que lleven a este biopolímero a instaurarse en el área de la regeneración ósea. Esta falta de investigaciones se debe a las dificultades de los investigadores para adquirir el consentimiento de investigación ética del material ya que aún no existen regulaciones para su uso en la regeneración de tejidos.<sup>4</sup>

### Estructura del quitosano

Ribeiro et al. comentan sobre la importancia de la modificación en la

estructura química del quitosano mediante la sustitución de sus grupos funcionales, pues estos cambios son los que le confieren su versatilidad. El quitosano por lo general es combinado con otros polímeros naturales para mejorar sus propiedades, entre ellos tenemos al colágeno, gelatina y fibroína de seda, y con polímeros sintéticos como ácido poli láctic-co-glicólico y compuestos de calcio y fosfato. En efecto, ciertos estudios han demostrado que la asociación de quitosano con colágeno y fibroína de seda promueve una mayor regeneración tisular que el quitosano puro. Dentro su estructura cabe destacar que la variación de sus propiedades químicas como el peso molecular y grado de desacetilación hace variar sus resultados en los estudios. Al ser este un polímero que es obtenido de varias fuentes, puede haber gran variabilidad en su peso molecular (desde 30 a 2000 kDa) y el grado de desacetilación (5 a 46%) que es el resultado de las diferentes técnicas de procesamiento. Muchos estudios pasan por alto estos parámetros de importancia lo que preocupa ya que sus propiedades de utilidad están determinadas por su peso molecular, grado de desacetilación y la sustitución de sus grupos funcionales.<sup>4</sup> Vunain et. al indican que el quitosano de bajo peso molecular al tener baja viscosidad no forma películas. Asimismo, la acción antimicrobiana es mejor si el peso molecular es

superior a 100 kDa y alto grado de desacetilación.<sup>29</sup>

### **Propiedades**

Lehr et al. estudió la acción mucoadhesiva del quitosano en donde se comprobó que algunos quitosanos disponibles en el mercado se adhieren con mucha fuerza in vitro. En este estudio se mencionó su adhesión por hidratación, es decir la atracción del agua de la capa del gel, y además debido a sus enlaces de hidrógeno e intercambio iónico entre sus grupos amino cargados positivamente. Su mucoadhesión se ve afectada en un pH superior a 6 como en el medio bucal. Sin embargo, el aumento de peso molecular y de el grado de desacetilación del quitosano tiene como efecto una mayor adhesión.<sup>30</sup> Por otro lado, el mecanismo por el cual el quitosano produce una coagulación rápida aun no queda claro. He et al. demostró que la carga positiva del quitosano fomentaba la adhesión de eritrocitos, la adsorción de fibrinógeno y adhesión y activación de plaquetas. Benesch et al. atribuyó la propiedad hemostática a su contenido policatiónico y a su unión a la membrana plasmática.<sup>33</sup> Además, la acción exacta de su actividad antimicrobiana aún se desconoce pero se han planteado diversos mecanismos. Seo et al. junto con otros estudios adjudican su actividad a las cargas positivas del quitosano interactuando con la membrana celular microbiana cargada negativamente alterando su permeabilidad celular. Cuero et al.

propone que el quitosano actúa como agente quelante que inhibe la producción de toxinas y desarrollo microbiano. El Ghaouth et al. asigna su función a que activa mecanismos de defensa en el tejido del huésped. Entre otras propuestas.<sup>18</sup> Jiang et al. sobre su biodegradabilidad comentan que el quitosano puede ser biodegradado en el cuerpo humano por la lisozima y enzima colónica. Además, se ha reconocido a varias quitinasas, glucosidasas y proteasas con actividad enzimática sobre el quitosano. Kurita et al. demostraron que su tasa de degradación in vitro máxima es de 50% dado que existe fácil acceso de las enzimas debido a más hidrofilia. Zhang et al. indica que a mayor peso molecular la degradación es más lenta.<sup>28</sup> Por último, su biocompatibilidad depende de la aplicación específica. Se han desarrollado varios estudios in vitro utilizando una variedad de células como fibroblastos, osteoblastos, condrocitos, células endoteliales, etc donde se ha demostrado que no produce toxicidad y además ayuda a que estas células se adhieran y proliferen.<sup>28</sup>

### **Métodos de fabricación**

La liofilización es el método más común para producir andamios de quitosano. Aunque esta técnica necesita de un control riguroso de la temperatura y además el tamaño de los poros no es muy grande. Debido a esto, se ha sugerido el proceso de gelificación usando una solución alcalina por debajo de su punto de

gelificación.<sup>1</sup> Teerawat et al. nos hablan sobre las propiedades e inconvenientes de cada técnica como por ejemplo la gelificación tiene buenas propiedades como buena interconectividad de poros sin altas temperaturas, fácil control de la porosidad y sus pasos son simples pero sus desventajas son la baja porosidad, el tiempo de fabricación es largo y es una técnica costosa. Por otro lado tenemos la técnica de formación de espuma con gas en donde no se requiere disolventes orgánicos y es una técnica económica pero así mismo tiene sus inconvenientes como superficie externa no porosa y fuerza mecánica insuficiente. Tenemos también, la técnica de lixiviación de partículas donde se requiere mínimo material y es económica pero tiene características como un poro insuficiente, fuerza mecánica insuficiente y queda un remanente de toxicidad. Otro método es el electrohilado en donde bien si tiene un grosor fino, una alta relación entre la superficie y volumen su siembra celular es limitada. Por último la impresión 3D que tiene como ventajas que es reproducible y tiene fácil incorporación de moléculas bioactivas pero sus desventajas son que utiliza altas temperaturas, fuerza mecánica insuficiente y su largo tiempo de fabricación.<sup>5</sup> Entre todos los métodos los más utilizados son el de liofilización y de gelificación. La principal razón puede ser la simplicidad del proceso.<sup>1</sup>

### **Tipos de andamios**

Entre los tipos de andamio tenemos las esponjas de quitosano que son espumas porosas, suaves y flexibles. Su estructura porosa le permite absorber 20 veces más fluido que su peso seco. Poseen buena interacción celular y estimulación de la matriz extracelular. Su capacidad para captar secreciones de la herida la transforma en uno de los más utilizados en cicatrización de heridas.<sup>23</sup> Seol et al. realizó esponjas de quitosano cruzadas con tripolifosfato, y en ellas proliferaron osteoblastos primarios obtenidos de bóveda craneal de rata en un cultivo de 56 días y su densidad celular se triplicó de  $4 \times 10^6$  a  $12 \times 10^6$  células por gramo de esponja. A la vez, el calcio aumentó de 9 a 48mg por esponja. Los resultados demostraron que los osteoblastos se diferenciaron y se produjo tejido mineralizado dentro de las esponjas.<sup>21</sup> Por otra parte, tenemos a los hidrogeles que son redes tridimensionales de polímeros reticulados covalentemente. Están formadas por una fase sólida y una fase líquida. El alto contenido de agua los vuelve compatibles con los tejidos vivos.<sup>23</sup> Arakawa et al. realizó un hidrogel de quitosano de glicol metacrilato fotoreticulable con peso molecular de 500kDa, se usó riboflavina como fotoiniciador bajo luz azul. Se agregaron pequeñas cantidades de colágeno para mejorar sus características mecánicas y su degradación, así mismo se vio aumentó de la unión celular, proliferación y diferenciación osteogénica.<sup>21</sup> Por lo que refiere a las películas, estas son andamios 2D

con uso como apósitos para heridas, dentro de lo cual son muy eficaces, ya que poseen características como que no generan alergia, no producen toxicidad, permiten intercambio de gases, conservan húmedo el ambiente y son bactericidas.<sup>23</sup> Finalmente, tenemos las nanofibras siendo de las más estudiadas gracias a su amplia variedad de aplicaciones. Bhattarai et al. empleo una solución de quitosano más óxido de polietileno para producir nanofibras electrohiladas. Su peso molecular fue de 190 kDa y el grado de desacetilación del 85%. El estudio demostró que las nanofibras favorecieron la unión de osteoblastos y condrocitos humanos.<sup>21</sup>

### **Selección de células**

La fuente de células usada en la siembra de andamios debe ser idealmente de fácil adquisición, no deben producir rechazo, no tumorogénica y con potencial osteogénico. Por esta razón es de elección las células autólogas de cada paciente para no producir una reacción inmunogénica y que no se requiera el uso de fármacos inmunosupresores. Se realiza un biopsia del tejido del paciente, este tejido se separa y sus células se cultivan. Sin embargo, se obtienen pocas células luego del tratamiento y su tasa de expansión es lenta. Por esta razón se ha estudiado durante los últimos años como método alternativo a las células madre.<sup>1</sup> Sordi et al. nos habla que las células madre están relacionadas

directamente con la osteogénesis ya que son capaces de renovarse y autodiferenciarse. Además, las CMM (células madre mesenquimales) tienen acción paracrina, inmunomodulación, producen angiogénesis y tienen actividad antiinflamatoria. La correcta selección de células y la preparación de andamios con células mixtas pueden conseguir una regeneración ósea exitosa. Miura et al. nos demuestra que los tejidos orales son una rica fuente de CMM y estas células pueden inclusive adquirirse de tejidos que ya se han eliminado con objetivo terapéutico. Por ejemplo, los dientes residuos son una gran fuente de CMM, debido a que se exfolian naturalmente. Montero et al. nos habla de otra opción viable como la bolsa de Bichat, que suele ser retirada con fines estéticos o por reducir el trauma de la masticación sobre la mucosa bucal. Además, tenemos que de otros tejidos como la pulpa dental, folículo dental y ligamento periodontal que se eliminan con propósitos terapéuticos se pueden aislar células y cultivarse.<sup>24</sup> Las diversas condiciones de cultivo, como la elaboración del medio, el uso de suero fetal bovino, suplementos, densidad del medio celular y concentración de oxígeno podría afectar la proliferación y diferenciación celular. Otros factores que podrían también afectar la viabilidad celular son el intervalo de tiempo desde la extracción del tejido hasta el procesamiento, método de crioconservación, así como tipo y la densidad de enzimas usadas para

fomentar la digestión del tejido. Por último, cabe destacar que el estado general y la edad del donante también influyen en el potencial de crecimiento y diferenciación.<sup>24</sup>

## **CONCLUSIÓN**

La regeneración ósea guiada es una opción a los aloinjertos y autoinjertos en el tratamiento de pérdida ósea debido a traumas o enfermedades. En la última década han aumentado los esfuerzos por producir andamios de quitosano y aplicarlos en el área de la ingeniería de tejidos a causa de su respuesta mínima a cuerpos extraños, acción antibacteriana, hemostática, biocompatibilidad, biodegradabilidad y su fácil fabricación. Se han introducido diversas formas de fabricación de andamios de quitosano altamente porosos que inducen crecimiento celular y formación de hueso. De igual manera, existen diversos tipos de andamios 2D para curar heridas y 3D probados en la ingeniería de tejidos. Si bien el quitosano puro tiene propiedades de adhesión, proliferación de osteoblastos, así como de formación y mineralización de matriz; su resistencia y estabilidad estructural son inadecuadas para su aplicación. Por esta razón, se agregan otros polímeros biocompatibles y/o fosfato de calcio para mejorar sus propiedades mecánicas y biológicas. De igual forma, las células madre mesenquimales pueden cargarse en los andamios participando activamente en la producción de hueso. Estas pueden ir

acompañadas por factores de crecimiento que inducen regeneración ósea. De esta forma, tanto las células como el componente del biomaterial deben optimizarse para generar una terapia funcional. Finalmente, merece la pena seguir experimentando con este interesante polímero natural para aclarar sus mecanismos de acción celular, así como mejorar sus métodos de fabricación que podrían guiarnos a un exitoso uso en el campo de la ingeniería de tejidos.

## REFERENCIAS

1. Costa-Pinto AR, Reis RL, Neves NM. Scaffolds based bone tissue engineering: the role of chitosan. *Tissue Eng Part B Rev.* 2011 Oct;17(5):331-47.
2. Lauritano D, Limongelli L, Moreo G, Favia G, Carinci F. Nanomaterials for Periodontal Tissue Engineering: Chitosan-Based Scaffolds. A Systematic Review. *Nanomaterials Nano materials (Basel).* 2020; 10 (4), 605.
3. Islam MM, Shahruzzaman M, Biswas S, Nurus Sakib M, Rashid TU. Chitosan based bioactive materials in tissue engineering applications-A review. *Bioact Mater.* 2020 Feb 12;5(1):164-183.
4. Ribeiro JC, Vieira R, Iracema M, Vilana MA, Vilma L. Versatility of Chitosan-Based Biomaterials and Their Use as Scaffolds for Tissue Regeneration. *The Scientific World Journal.* 2017. 2017: 25.
5. Sukpaita T, Chirachanchai S, Pimkhaokham A, Ampornaramveth RS. Chitosan-Based Scaffold for Mineralized Tissues Regeneration. *Mar Drugs.* 2021 Sep 28;19(10):551.
6. Sivashankari PR, Prabakaran M. Prospects of chitosan-based scaffolds for growth factor release in tissue engineering. *Int J Biol Macromol.* 2016 Dec;93(Pt B):1382-1389.
7. Saravanan S, Leena RS, Selvamurugan N. Chitosan based biocomposite scaffolds for bone tissue engineering. *Int J Biol Macromol.* 2016 Dec;93(Pt B):1354-1365.
8. Levengood SL, Zhang M. Chitosan-based scaffolds for bone tissue engineering. *J Mater Chem B.* 2014 Jun 7;2(21):3161-3184.
9. Croiser F, Jerome C. Chitosan-based biomaterials for tissue engineering. *European Polymer Journal.* 2013 Abril; 49(4): 780-792.
10. Oryan A, Sahvieh S. Effectiveness of chitosan scaffold in skin, bone and cartilage healing. *Int J Biol Macromol.* 2017 Nov;104(Pt A):1003-1011.
11. Jayakumar R, Prabakaran M, Sudheesh Kumar PT, Nair SV, Tamura H. Biomaterials based on chitin and chitosan in wound dressing applications. *Biotechnol Adv.* 2011 May-Jun;29(3):322-37.
12. Collado-González M, González Espinosa Y, Goycoolea FM. Interaction Between Chitosan and Mucin: Fundamentals and Applications. *Biomimetics (Basel).* 2019 Apr 25;4(2):32.
13. Cheung RC, Ng TB, Wong JH, Chan WY. Chitosan: An Update on Potential Biomedical and Pharmaceutical Applications.

- Mar Drugs. 2015 Aug 14;13(8):5156-86.
14. Bano, Subia & Kundu, Joydip & Kundu, Subhas. Biomaterial Scaffold Fabrication Techniques for Potential Tissue Engineering Applications. 2011. 10: 5772-8581.
  15. Bellich B, D'Agostino I, Semeraro S, Gamini A. The good, the bad and the ugly of chitosans. *Marine Drugs*. 2016. 14 (5).
  16. Younes I, Rinaudo M. Chitin and chitosan preparation from marine sources. Structure, properties and applications. *Marine Drugs*. 2015. 13 (3): 1133–1174.
  17. Dai T, Tanaka M, Huang Y, & Hamblin M. (2011). Chitosan preparations for wounds and burns: antimicrobial and wound-healing effects. *Expert review of anti-infective therapy*, 9(7), 857–879.
  18. Rabea EI, Badawy ME, Stevens CV, Smagghe G, Steurbaut W. Chitosan as antimicrobial agent: applications and mode of action. *Biomacromolecules*. 2003 Nov-Dec;4(6):1457-65.
  19. Kong M, Chen XG, Xing K, Park HJ. Antimicrobial properties of chitosan and mode of action: a state of the art review. *Int J Food Microbiol*. 2010 Nov 15;144(1):51-63.
  20. Jiang T, Deng M, James R, Nair LS, Laurencin CT. Micro- and nanofabrication of chitosan structures for regenerative engineering. *Acta Biomater*. 2014 Apr;10(4):1632-45.
  21. Kozusko SD, Riccio C, Goulart M, Bumgardner J, Jing XL, Konofaos P. Chitosan as a Bone Scaffold Biomaterial. *J Craniofac Surg*. 2018 Oct;29(7):1788-1793.
  22. Beck S, Jiang T, Nair L, Laurencin C. Chitosan for bone and cartilage regenerative engineering. 2017. (2): 33-72.
  23. Kumar M, Brar A, Vivekanand V, Pareek N. Possibilities and perspectives of chitosan scaffolds and composites for tissue engineering. *Materials in Biomedical Engineering*. Elsevier. 2019. (7): 167-203.
  24. Sordi M, Cruz A, Fredel M, Magini R, Sharpe P. Three-dimensional bioactive hydrogel-based scaffolds for bone regeneration in implant dentistry. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*. 2021 May;124:112055.
  25. Rahman M, Akhtar N, Jamil H, et al. TGF- $\beta$ /BMP signaling and other molecular events: regulation of osteoblastogenesis and bone formation. 2015. *Bone Res* 3, 15005.
  26. Bilem, Ibrahim & Chevallier, Pascale & Plawinski, Laurent & Sone, E.D. & Durrieu, Marie-Christine & Laroche, Gaetan. RGD and BMP-2 mimetic peptide crosstalk enhances osteogenic

- commitment of human bone marrow stem cells. *Acta Biomaterialia*. 2016. 36.
27. Venkatesan J, Anil S, Kim SK, Shim MS. Chitosan as a vehicle for growth factor delivery: Various preparations and their applications in bone tissue regeneration. *Int J Biol Macromol*. 2017 Nov. (104):1383-1397.
  28. Jiang, Tao & James, Roshan & Laurencin, Cato. Chitosan as a Biomaterial: Structure, Properties, and Applications in Tissue Engineering and Drug Delivery. *Natural and Synthetic Biomedical Polymers*. 2014. 91-113.
  29. Vunain, E. & Mishra, Ajay & Mamba, B.B. Fundamentals of chitosan for biomedical applications. 2017. (1): 3-30.
  30. Sandri, Giuseppina & Rossi, Silvia & Bonferoni, Maria Cristina & Ferrari, Franca & Mori, Michela & Caramella, Carla. The role of chitosan as a mucoadhesive agent in mucosal drug delivery. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*. 2012. (22): 275-284.
  31. Venkatesan, J. & Kim, Se-Kwon & Wong, Tin. Chitosan and Its Application as Tissue Engineering Scaffolds. *Nanotechnology Applications for Tissue Engineering*. 2015. 133-147.
  32. Wang, Wenjie & Xue, Changhu & Mao, Xiangzhao. (2020). Chitosan: Structural modification, biological activity and application. *International journal of biological macromolecules*. 2017. 159-182.
  33. Wang Y-W, Liu C-C, Cherng J-H, Lin C-S, Chang S-J, Hong Z-J, Liu C-C, Chiu Y-K, Hsu S-D, Chang H. Biological Effects of Chitosan-Based Dressing on Hemostasis Mechanism. *Polymers*. 2019; 11(11):1906.



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



**SENESCYT**  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Ramírez Flores, Ivanna Nicole**, con C.C: **0926417593** autor/a del trabajo de titulación: **El papel del quitosano como andamiaje en la regeneración ósea guiada. Revisión de la literatura** previo a la obtención del título de **Odontóloga** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **02 de marzo de 2022**

f. \_\_\_\_\_

Nombre: **Ramírez Flores, Ivanna Nicole**

C.C: **0926417593**



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



SENESCYT

Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	El papel del quitosano como andamiaje en la regeneración ósea guiada. Revisión de la literatura		
<b>AUTOR(ES)</b>	Ivanna Nicole Ramírez Flores		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Santiago Andres López Jurado		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Ciencias Médicas		
<b>CARRERA:</b>	Odontología		
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Odontóloga		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	02 de marzo de 2022	<b>No. DE PÁGINAS:</b> Quince	14
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Periodoncia, Cirugía Oral		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	"quitosano", "andamio", "tipos de andamios", "propiedades", "ingeniería de tejidos" y "regeneración ósea".		
<b>RESUMEN/ABSTRACT:</b>	<p><b>Introducción:</b> El quitosano es un polímero que además de ser reabsorbible, biocompatible, no tóxico cuenta con un gran potencial bacteriostático, hemostático y mucoadhesivo. Por estas cualidades es considerado una gran opción como andamio. <b>Objetivo:</b> Describir el papel del quitosano como andamiaje en la regeneración ósea guiada. <b>Materiales y Métodos:</b> Revisión científica de enfoque cualitativo de tipo transversal, retrospectivo con diseño explicativo no experimental. Mediante recolección de artículos por medio de metabuscadores como: Pubmed, Scopus, Science Direct, Google Academic. Seleccionando 33 artículos para análisis. <b>Resultados:</b> La estructura del quitosano se obtiene por desacetilación de la quitina, polímero presente en el esqueleto de crustáceos, moluscos e insectos y en paredes de hongos. Posee propiedades como mucoadhesión, hemostasia, actividad antimicrobiana, biodegradabilidad y biocompatibilidad. Entre algunos de los métodos de fabricación tenemos la liofilización, el hilado húmedo, lixiviación de partículas, técnica de formación de espuma con gas, gelificación, técnica de prototipos rápidos y micropartículas. Entre los tipos de andamios están hidrogel, esponjas, películas y nanofibras. Con respecto a la elección de células se utilizan células autólogas de cada paciente y células madre mesenquimales. <b>Conclusión:</b> Los andamios de quitosano poseen buenas propiedades que hacen que valga la pena seguir experimentando con este interesante polímero natural para aclarar sus mecanismos de acción celular, así como mejorar sus métodos de fabricación.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> 0999181013	E-mail: ivanna_185@hotmail.com	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>	<b>Nombre:</b> Ocampo Poma Estefanía del Rocío		
	<b>Teléfono:</b> 0996757081		
	<b>E-mail:</b> estefania.ocampo@ucsg.edu.ec		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			