



**UNIVERSIDAD DE JAÉN**  
*Facultad de Ciencias de la Salud*

**Trabajo Fin de Grado**

**Efecto de las vitaminas D, C y A  
durante la consolidación de  
fracturas.**

**Alumno: Núñez García, Carmen Lucía**

Tutor: Prof. D. Cobo Molinos, Jesús  
Dpto: Ciencias de la Salud

**Mayo, 2015**



## ÍNDICE

1. Resumen.....	4
2. Introducción.....	6
2.1. Reparación o consolidación ósea.....	6
2.2 Vitaminas.....	8
3. Materiales y métodos.....	11
3.1. Estrategia de búsqueda.....	11
3.2. Criterios de inclusión.....	11
3.3. Criterios de exclusión.....	11
3.4. Evaluación de calidad.....	11
4. Resultados.....	13
5. Discusión.....	16
6. Conclusión.....	19
7. Imágenes y tablas.....	20
8. Bibliografía.....	26

## 1.- Resumen

**Introducción:** Durante la consolidación de una fractura intervienen diferentes factores que ayudan a que dicha consolidación evolucione de forma más o menos rápida. Algunos de estos factores son la gravedad, la edad del paciente o las posibles patologías óseas relacionadas. El consumo de ciertas vitaminas durante el tiempo de consolidación, es sabido que aceleran y ayudan a que la consolidación de una fractura se realice de forma más rápida para beneficio del paciente y de la sanidad pública.

**Material y métodos:** Nuestro trabajo es una revisión bibliográfica por la cual queremos realizar una comparativa entre diferentes autores que han usado diferentes vitaminas, en concreto A, C, y D, durante la consolidación de una fractura y su influencia en una mejor o más rápida efectividad, comparando entre una vitamina y otra.

**Resultados:** Se han encontrado 8 artículos sobre el uso de las vitaminas para la consolidación de las fracturas, en los cuales 5 son estudios realizados en humanos y 3 en ratas. De los estudios realizados en humanos se aplica en estudio la vitamina D y la C, obteniendo buenos resultados sobre todo en vitamina D más suplementos de calcio. Con respecto a la vitamina C hay una controversia ya que unos autores obtienen beneficios con la utilización de esta vitamina y otros no.

En los estudios realizados en ratas sobre vitamina A, C y D se considera que ayudan a la consolidación de las fracturas, ya que se obtienen buenos resultados aunque sería necesario pasar al uso en humanos para ver sus beneficios en el paciente.

**Conclusiones:** Para acelerar el proceso de la consolidación de las fracturas con ayuda de las vitaminas, se puede concluir que utilizando vitamina D con suplementos de calcio acelera el proceso. Con respecto a las demás vitaminas se deben de obtener más estudios que tengan una mayor evidencia científica y que puedan ser aplicados en humanos.

**Palabras clave:** “vitaminas consolidadoras de fracturas”, “vitaminas y consolidación de fracturas” y “vitamina A y consolidación de fracturas”.

## **Abstract**

**Introduction:** During healing fracture, different factors help such consolidation evolve more or less quickly. Some of these factors include the severity, age of the patient or the potential bone related pathologies. The treatment of vitamins during time of consolidation, it is known that accelerate and help the consolidation of a fracture takes place so quickly for the benefit of patients and public health.

**Material and Methods:** Our study is a literature review which we make a comparison between different authors have used different vitamins, particularly B, C and D during fracture healing and its influence on better or faster effectiveness, comparing between one another vitamin.

**Results:** 8 items were found on use of vitamins for fracture healing, in which 5 are studies in humans and 3 in rats. From studies in humans is applied in study vitamin D and C, obtaining good results especially vitamin D supplements of calcium. With regard to vitamin C is a controversy as some authors make profits using this vitamin and others not.

In studies using rats whit vitamin A, C and D is considered to help the fracture healing, as good results but would need to go for use in humans to see its benefits to the patient are obtained.

**Conclusions:** To speed up the process of fracture healing using vitamins, it can be concluded that using vitamin D with calcium supplements accelerates the process. With respect to other vitamins should be of more studies with greater evidence and that can be applied in humans.

**Keywords:** “vitamine healing fractures”, “vitamin and healing fractures” y “vitamin A and healing fractures”.

## **2.- Introducción**

Cuando un hueso sufre un impacto, absorbe junto con los tejidos blandos circundantes, la energía liberada. Si la cantidad de energía es excesiva no será absorbida y se producirá la fractura ósea. El retraso en la consolidación o una morbilidad prolongada pueden ser causados por el fracaso de los múltiples procesos implicados durante la consolidación. Un enfoque racional de la solución a estos problemas demanda un conocimiento operativo de los conceptos teóricos involucrados en este proceso.

Es más sencillo solucionar problemas buscando la solución dentro de ellos mismos, por lo cual se debe considerar de vital importancia entender y manejar los factores que intervienen en la consolidación ósea de fracturas, más aún aquellos que la dificultan, con el fin de prever y contrarrestar estas situaciones en los pacientes. <sup>(1)</sup>

### **2.1. Reparación o consolidación ósea**

Como ya hemos comentado anteriormente, cuando el tejido óseo es sometido a fuerzas que superan su resistencia mecánica se origina su fractura, desencadenándose tras ella el proceso de consolidación ósea. Este proceso comienza con la estabilización otorgada por los callos óseos.

En todas las fracturas se produce lesiones perifracturarias como, por ejemplo, desgarros del periostio, musculares, lesiones vasculares que restituyen el foco de fractura.

La extravasación sanguínea que se produce por la lesión de pequeños vasos de los tejidos de alrededor, que rellenan el foco de fractura, hacen posible la formación del hematoma. Se produce también una hiperemia iniciando el proceso de reparación que tiene lugar con la organización del coágulo y las células conectivas formaran una malla de fibrina. La hiperemia, además de organizar el coágulo, también se encarga de descalcificar los extremos óseos y los pequeños fragmentos de periostio y fragmentos vasculares que han quedado sin conexión son reabsorbidos por los osteoclastos, mientras que los osteoblastos van formando sustancia osteoide que va ocupando el espacio que ha quedado por la fractura uniendo los extremos óseos, formándose de esta manera el callo primario que carece de solidez. Posteriormente, se va remodelando y transformando, dando lugar al callo óseo definitivo. <sup>(2)</sup>

Ciertas carencias de vitaminas, proteínas o calcio sérico pueden aumentar el tiempo de consolidación de la fractura.

Los factores más importantes para la consolidación ósea dependen de:

- La edad del paciente. A mayor edad mayor tiempo de consolidación de la fractura y viceversa.
- El tipo de fractura. No es lo mismo una fractura oblicua que una transversal, en la primera la velocidad de consolidación será mayor que en el segunda debido a que tiene mayor superficie de contacto que la transversal.
- La irrigación sanguínea. Tiene que tener una buena irrigación de la fractura para que la consolidación se lleve a cabo de una manera correcta.
- Los procedimientos quirúrgicos, (si los hubiere). A cielo cerrado se consolidara mejor que ha cielo abierto.

Hay que tener en cuenta que una fractura mal consolidada puede dar lugar a retardos de consolidación y, como consecuencia de ésta, puede evolucionar a pseudoartrosis. <sup>(3)</sup>

#### *Retardos de consolidación*

Se producen cuando el tiempo estimado para la consolidación de la fractura tarda más de lo normal, durante el cual los procesos biológicos aún persisten. Esto puede deberse por la presencia de una infección, un secuestro óseo o la interposición de partes blandas. En éste caso se debe intervenir quirúrgicamente para eliminar dichos factores que perturban la consolidación. En caso de retardo óseo se puede producir la consolidación tardía de la fractura o avanzar a una pseudoartrosis o falta de consolidación. <sup>(4)</sup>

#### *Pseudoartrosis*

Como se ha dicho anteriormente, cuando la consolidación tarda más de lo normal o hay una falta de consolidación, hablamos de pseudoartrosis. Por lo tanto, se puede hacer dos cosas: que el proceso de escayolado se prolongue más tiempo, o intervenir quirúrgicamente para actuar en el proceso. <sup>(5)</sup>

Según los trabajos de Fred Nelson et al <sup>(1)</sup>; considera que el proceso de consolidación ósea está predeterminado por las siguientes fases:

-Primaria (directa): cuando los extremos óseos fracturados están afrontados de forma anatómica y el foco de fractura no está sometido a ningún tipo de inmovilización. No se observará foco de fractura, prácticamente.

-Secundaria (indirecta): cuando los extremos óseos no están en contacto total, es la más frecuente y tiene las siguientes fases <sup>(6)</sup>:

- a) Inflamatoria o de hematoma. (Desde el momento de la fractura hasta 1 a 2 semanas). Dentro del hematoma, las plaquetas liberan mediadores inflamatorios y factores de crecimiento (IL, TGF-B, PDGF). Se produce una reacción inflamatoria con infiltración de neutrófilos y células mesenquimales. La aparición de mediadores inflamatorios es clave para la migración de los elementos celulares que participan de la consolidación.<sup>(7)</sup>
- b) Angiogénesis y formación de cartílago: predominan los vasos sanguíneos, siendo el movimiento un factor importante.
- c) Calcificación del callo: (a las 2-3 sem.) Inicia la degeneración de la matriz y se deposita calcio, tras la calcificación aparece células de remodelación (condrocitos y osteocitos).
- d) Osificación del callo. El callo puede dividirse en 2 tipos que son el callo duro (osificación intramembranosa) y callo blando (en el que se produce osificación endocondral).
- e) Remodelación ósea: (a las 6 sem.) el hueso inicial fibrilar (inmaduro) va siendo sustituido por hueso maduro.

Si durante este periodo la fractura carece de condiciones de estabilidad, se puede generar pseudoartrosis, debido a la persistencia de tejido fibroso. Sin embargo, el proceso tolera un pequeño margen de movimiento, que incluso es capaz de estimular la consolidación ósea.<sup>(6)</sup>

El proceso de consolidación es estimulado por factores químicos liberados en la fase previa como es el caso de proteínas de la matriz. La organización del hematoma de fractura proporciona un soporte de fibrina que facilita la migración celular, proliferación y síntesis de matriz ósea.<sup>(8)</sup>

## 2.2. Vitaminas

Las vitaminas pueden clasificarse según su solubilidad en dos tipos: las vitaminas hidrosolubles (vitaminas del grupo B y vitamina C) que deben de ser ingeridas en la dieta y un consumo excesivo es eliminado por la orina y el sudor, y las vitaminas liposolubles (vitaminas A, D, E Y K) que pueden almacenarse en el hígado, por lo que un consumo excesivo de éstas es tóxico.

Las principales vitaminas **hidrosolubles** son:

- Tiamina (vitamina B1): ayuda a las células del organismo a convertir carbohidratos en energía, interviene en el papel de la contracción muscular y la conducción de las señales nerviosas. También se le llama oryzamina y vitamina antiberiberi. Está presente en la carne, sobre todo en la de cerdo, y en la levadura, cáscara de los

cereales y en las nueces. El arroz sin pulir y los alimentos elaborados con base de trigo integral son buenas fuentes de esta vitamina.

- Riboflavina (vitamina B2): es importante para el crecimiento corporal y la producción de glóbulos rojos y ayuda en la liberación de energía de los carbohidratos. Algunos síntomas de hipervitaminosis por vitamina B2 son prurito, parestesia y anuria. Sin embargo, cuando hay una deficiencia de ésta, se pueden observar estomatitis angular, queilosis, seborrea y fotofobia.
- Niacina (vitamina B3): es el ácido nicotínico y ayuda al funcionamiento del aparato digestivo, la piel y los nervios. Otra forma de ésta vitamina es la amida, nicotinamida o niacinamida. Un déficit de esta vitamina puede dar lugar a un trastorno conocido como pelagra cuyos síntomas son la dermatitis, diarrea y demencia y a veces la defunción.
- Ácido pantoténico (vitamina B5): también conocida como vitamina antidermatosis y pantoil-B-alanina. El ácido pantoténico se utiliza para elaborar la coenzima A, necesaria para la metabolización de los ácidos grasos en el cuerpo. Se encuentra en muchos tejidos, siendo aislado por primera vez en el hígado y la levadura. La deficiencia de este ácido es rara, debido a su amplia distribución en los alimentos.
- Piridoxina (vitamina B6): formado por tres compuestos muy relacionados; piridoxina, piridoxal y piridoxamina. La forma activa de ésta vitamina es el fosfato de pirodoxal. Esta es una coenzima muy versátil que participa en la catálisis de varias reacciones importantes del metabolismo de los aminoácidos. Se puede encontrar en algunos alimentos como los cereales, los frijoles, las verduras, el hígado, la carne y los huevos.
- Acido fólico (vitamina B9): Los tres componentes principales son el ácido glutámico, ácido p-aminobenzoico y un derivado de la pteridina. Son buenas fuentes de esta vitamina los vegetales frescos, los espárragos, el hígado y el riñón. Un déficit ocasiona anemia megaloblástica.
- Acido ascórbico (vitamina C): la mayoría de los animales pueden producir esta vitamina, exceptuando al hombre y al caballo. Una deficiencia de esta da lugar a escorbuto, que se asocia a esqueleto anormal en niños, debido a anomalías del colágeno. En adultos desarrolla hemorragias, llamadas equimosis y petequias, debilidad, inflamación de las encías y aflojamiento de los dientes. Periodos largos sin fruta fresca o sin una fuente de vitamina C ocasiona escorbuto.
- Biotina (vitamina H): los requerimientos de esa vitamina son cubiertos por las bacterias intestinales que pueden sintetizarla. Se encuentra en los alimentos junto con

otros miembros del complejo vitamínico B como hígado, levaduras, riñón y otras vísceras, carne de pollo, huevos, guisantes, cacao y cereales. <sup>(9)</sup>

Las principales vitaminas **liposolubles** son:

- **Vitamina A:** llamada también trans-retinol y desempeña un papel clave en la visión. Una de las primeras indicaciones de deficiencia de vitamina A es una visión nocturna defectuosa, que ocurre cuando las reservas hepáticas están casi agotadas. Una mayor depleción da lugar a queratinización de tejidos epiteliales del ojo, pulmones, vías gastrointestinales y genitourinarias, unido con una reducción de la secreción de la mucosa. En particular los alcohólicos son susceptibles a la deficiencia de esta vitamina, pero están más predispuestos a hipervitaminosis si reciben dosis adicionales.
- **Vitamina D:** la forma más abundante es la vitamina D3 o colicalciferol. También puede existir como vitamina D2 (ergocalciferol). No es necesario ingerirla en la dieta, la vitamina D3 se sintetiza normalmente en la piel de los individuos y de los animales mediante reacciones provocadas por la exposición al componente ultravioleta de la luz solar. Abunda en los aceites de hígado de pescado, huevos, mantequilla, hígado, pescado. Los individuos no necesitan de vitamina D suplementaria si se exponen lo suficiente al sol. Un déficit de esta vitamina causa raquitismo en niños, y osteomalacia en adultos, que no se han expuesto a la luz solar o que no reciben cantidades adecuadas de esta vitamina.
- **Vitamina E:** ayuda a mantener el sistema inmunitario fuerte. Es importante en la formación de glóbulos rojos y ayuda al cuerpo a utilizar la vitamina K. También ayuda a dilatar los vasos sanguíneos y a impedir que la sangre se coagule dentro de ellos. Se encuentra en aceites vegetales de maíz, nueces, semillas, hortalizas, cereales. Un exceso de esta vitamina pueden incrementar el riesgo de sangrado y hemorragia grave del cerebro así como aumentar el riesgo de defectos congénitos.
- **Vitamina K:** Participa en la coagulación de la sangre. La vitamina K1 o filoquinona, se encuentra en plantas, y la vitamina K2 o menaquinona se encuentra, sobretudo, en los animales y bacterias. La vitamina K se encuentra en las hojas verdes y otros tejidos vegetales que se ingieren en la dieta, encontrándose en grandes cantidades en el perejil. Se sintetiza por las bacterias de la flora intestinal, lo cual, es raro que los seres humanos tengan carencia de esta vitamina. En una ingesta prolongada de antibiótico puede disminuir su concentración debido a que las bacterias de la luz intestinal mueren. Esta vitamina es necesaria para la formación de protrombina. Una mal absorción de las grasas es la causa común de déficit de vitamina K. <sup>(10)</sup>

### **3.- Material y métodos**

#### **3.1. Estrategia de búsqueda.**

Se realizó una revisión sistemática de los artículos existentes durante los meses de febrero, marzo y abril de 2015, en las bases de datos PubMed, Cochrane y Science Direct. Los descriptores que se emplearon de forma combinada fueron “vitamin healing fractures”, “vitamin and healing fractures” y “vitamin A and healing fractures”.

#### **3.2. Criterios de inclusión.**

Para realizar ésta revisión sistemática se han utilizado los siguientes parámetros:

- Tipo de artículos: Ensayo clínico aleatorizado (ECA) y ensayo clínico.
- Disponibilidad del texto: los artículos deben estar a texto completo o en su defecto el resumen del mismo.
- Fecha de publicación: estudios publicados en los últimos 20 años y algunos, sin limitación de fecha.
- Tipo de intervención: utilización de vitaminas en el proceso de consolidación de fracturas.
- Tipo de participantes: pacientes que presentan cualquier tipo de fractura y realizado también, en animales de investigación los cuales son sometidos a las fracturas.
- Idioma: se han utilizado artículos de lengua Inglesa y Española.
- Calidad metodológica: debe ser evaluable en la escala PEDro, exceptuando los estudios realizados en ratas.

#### **3.3. Criterios de exclusión.**

Quedaron excluidos aquellos artículos que no se centraban en la utilización de vitaminas en la consolidación de fracturas y no se administraban si no que medían los niveles en sangre de éstas, aquellos que no estaban en lengua inglesa o española y los que para obtener el resumen había que realizar un pago para obtener el estudio. Además se excluyeron los estudios realizados en pacientes humanos, que no se podían evaluar en la escala PEDro.

#### **3.4. Evaluación de calidad**

Los artículos encontrados en humanos fueron sometidos a una evaluación metodológica de calidad, para ello se utilizó la escala PEDro. Es un recurso muy utilizado en las investigaciones que sirve para valorar la calidad de los estudios, ayuda a clasificar los estudios

en la base de datos Physiotherapy Evidence Database o PEDro, y para saber si los criterios que utilizan son los más adecuados. La puntuación total de PEDro puede ser utilizada de guía para diferenciar ensayos que son más válidos y aportan una suficiente información estadística para que pueda ser interpretada de los que no lo son.<sup>(11)</sup> Contiene 11 items, de los cuales son evaluables 10, cuyos criterios para valorar los artículos aparecen en la tabla 2.

#### 4.-Resultados

En la búsqueda bibliográfica se han encontrado un total de 659 artículos: 248 en PubMed, 7 en Cochrane y 408 en Science Direct. De los cuales quedaron un total de 8 artículos totales usados en este estudio después de haber realizado los criterios de inclusión y exclusión oportunos.

En la búsqueda bibliográfica, en la base de datos PubMed al introducir las palabras clave “vitamin A AND healing fractures”, “vitamin healing fracture” y las mismas con los términos MESH se obtuvo 248 artículos como resultados, pero al aplicar los criterios de inclusión y exclusión se redujo a 103, y de los cuales se han usado 4 artículos para el estudio.

También se ha utilizado la base de datos de Cochrane Plus, donde usando las palabras clave “vitamin AND healing fractures” se obtiene 7 resultados en inglés, de los que se han usado 2.

Y por último, en la base de datos Science Direct con las palabras clave “vitamin AND healing fracture” se obtuvieron 408, aplicando los criterios de inclusión y exclusión se quedaron en 25 resultados, de los que se utilizaron 2. Ver Tabla 1

Los resultados y resumen que se obtuvieron en los estudios que se han utilizado, son los siguientes:

-Parchi P. et al. <sup>(12)</sup> realizaron un estudio de un caso concreto, un niño que volvió a sufrir una fractura de radio y que presentaba hipovitaminosis D. Dado que volvió a sufrir una nueva fractura de radio, se sugiere que la deficiencia de vitamina D tuvo que ver en una mala curación de ésta y que tratándolo con vitamina D y suplementos de calcio favorece la curación de la fractura.

-Inklebarger J. et al. <sup>(13)</sup> realizaron un estudio sobre las fracturas por estrés femoral y tibial en el personal militar de Reino Unido asociado a una insuficiencia de vitamina D. Se considera que éste personal militar, debido a la insuficiente exposición solar y que con la ingesta dietética no es suficiente para sintetizar la vitamina D necesaria, por lo tanto, son más propensos a sufrir fracturas por estrés, teniendo lugar en algunos casos, reconocida la hipovitaminosis D, y que por lo tanto la administración de dicha vitamina puede reducir la incidencia de sufrir fracturas por estrés y acelerar el proceso de curación.

-Doetsch AM. et al. <sup>(14)</sup> realizaron una intervención para observar si la administración de vitamina D3 y calcio favorecía la curación de una fractura humeral. En dicha intervención utilizaron 30 mujeres, a las cuales se les administró vitamina D3 y calcio y vitamina D3 y placebo de forma aleatoria. Se llegó a la conclusión, que a las mujeres que se les administró vitamina D3 y calcio presentan una densidad de masa ósea mayor, y por lo tanto mayor formación de callo óseo en fracturas humerales que a las personas que se les administró placebo.

-Lingjie Fu et al. <sup>(15)</sup> realizaron un estudio en el cual establecieron un modelo de rata con fractura osteoporótica para evaluar los efectos de la 1,25 dihidroxivitamina D3 (1,25 (OH) 2D3) en la curación de fracturas. Se trataba de 40 ratas, que por asignación aleatoria se les realizó la ovariectomía. Después de la osteotomía, a un grupo de ratas se les trató con triglicéridos de cadena media (MCT)-vehículo y al otro se les trataron con 0.1 mg / kg / día de vitamina D3 por sonda oral, demostrando que en el grupo al cual se le administró la vitamina D3 presentó una remodelación mejor, así como una mayor resistencia y mayor tendencia de formar hueso lamelar en este tipo de ratas que el grupo control.

-Ekrol et al. <sup>(16)</sup> realizan una intervención en la cual intentan demostrar si la administración de Vitamina C en las fracturas distales de radio favorece la consolidación de la fractura. Para ello comparan dos grupos, uno de los cuales es administrado con 500 mg de vitamina C y el otro grupo es el grupo placebo. Se demostró que en ambos grupos no se producía diferencias significativas y que, por lo tanto, la utilización de vitamina C no aporta ningún beneficio para las fracturas de radio, ya sean desplazadas o no desplazadas.

- Zollinger P E et al. <sup>(17)</sup> realizaron un estudio para comprobar el efecto de la vitamina C en pacientes que tenían distrofia simpática refleja (RSD) con fracturas de muñeca. Para tratar la fractura se utilizó al azar en un ensayo doble ciego 500mg de vitamina C o placebo, demostrando que en el grupo al cual se le administró la vitamina C tenían un menor riesgo de sufrir RSD después de fracturas de muñeca, que en el grupo placebo.

- Alcántara et al. <sup>(18)</sup> realizaron una intervención para comprobar el efecto de la vitamina C sobre la curación de la fractura en ratas ancianas. Se utilizaron 80 ratas divididas primero en dos grupos y después, en 4 grupos. En el primer ensayo se administraron tasas diferentes de vitamina C y en el segundo ensayo, a dos de los subgrupos se les siguió administrando la misma cantidad de esta vitamina y a los otros dos subgrupos se les administró tasas diferentes

de ingesta pero de sustancias suplementadas. Demostrándose que al grupo de ratas ancianas a las que se suministró mayor cantidad de vitamina C mejoró la resistencia mecánica del callo de fractura que en los grupos a los que se administró suplementos.

-Seifter E. et al. <sup>(19)</sup> hicieron un estudio en ratas para observar la influencia de la vitamina A en la curación de heridas con fracturas femorales. Para ello se utilizó 4 grupos de ratas, en un grupo A de ratas se les realizaron una incisión, la vitamina A fue aplicada sobre la herida junto con aceite de cacahuete, un grupo B con incisión se les trató con aceite de cacahuete sobre la herida, un grupo C al cual se les realizó una fractura femoral se le administró vitamina A, y en el grupo D con fractura femoral, se le administró aceite de cacahuete. Los resultados fueron que los grupo a los cuales se le administró Vitamina A, aumentó el crecimiento del tejido y la formación de colágeno, de igual modo, aumentó la formación de masa ósea y el tejido estaba más fuerte en comparación con el grupo al que se administró y aplicó aceite de cacahuete.

## 5.- Discusión

El objetivo de ésta revisión sistemática es conocer qué tipo de vitaminas son las más adecuadas para favorecer la consolidación ósea en fracturas, haciendo una comparación entre ellas para ver cual es más efectiva y, en su defecto, cuáles de ellas no lo son, para poder aplicarlas o no en los tratamientos.

Después de analizar los 8 artículos se obtiene que la administración de determinadas vitaminas con determinados suplementos mejoran y aceleran la consolidación de las fracturas. También se obtiene que tras el consumo de una determinada vitamina no interfiere en dicha consolidación, en contraste con otro estudio de la misma vitamina que aporta lo contrario. Dichos resultados se van a comentar a continuación.

De los 8 artículos utilizados en el estudio, 3 de ellos administran vitamina D más suplementos de calcio en humanos obteniendo resultados semejantes.

En el caso de Parchi P. et al. <sup>(12)</sup> que realizó el estudio sobre un niño que tenía hipovitaminosis D y volvió a sufrir una fractura de radio, lo trató con la administración de vitamina D y suplementos de calcio mejorando en la formación de callo óseo. Éstos resultados son semejantes con los de Doetsch AM. et al. <sup>(14)</sup> los cuales realizaron dos grupos con pacientes que tenían fractura humeral, a un grupo se les trató con la administración de vitamina D3 y calcio y al otro con vitamina D3 y placebo, llegando a la conclusión que en el primer grupo se produce mayor formación de callo óseo que en el grupo placebo y que, por lo tanto, favorece la consolidación de las fracturas. Al igual que Parchi P. et al. <sup>(12)</sup> y Doetsch AM. et al. <sup>(14)</sup>, Inklebarger J. et al. <sup>(13)</sup> sugiere que la administración de vitamina D y calcio en el personal militar de Reino Unido que tienen reconocida hipovitaminosis D y en los que han sufrido fracturas de fémur y estrés tibial, mejoran el estado de la fractura y que la administración continuada de suplementos de vitamina D reducen la incidencia de sufrir fracturas por estrés.

Con éstos estudios se puede afirmar que la utilización de vitamina D más calcio acelera la consolidación de las fracturas, y que en los pacientes que presenten cualquier tipo de fracturas se les puede administrar para que mejore en el menor tiempo posible. Sin embargo, 2 de los estudios utilizados que hablan sobre la administración de la vitamina C en fracturas sufridas en humanos, se obtiene resultados diferentes en cada uno de ellos.

El estudio de Ekrol et al. <sup>(16)</sup> obtiene que, administrando en un grupo vitamina C y en el otro grupo placebo durante un periodo de tiempo, ambos con fractura distal de radio desplazada o no, se obtienen resultados semejantes y que por lo tanto, la administración de vitamina C no interfiere en los resultados de la fractura ni aporta ningún beneficio para los pacientes. En cambio, Zollinger P E et al. <sup>(17)</sup> aporta que, mediante el mismo procedimiento de

los grupos, es decir, un grupo es administrado con vitamina C y el otro grupo con placebo, en pacientes que presentan fracturas de muñeca con una distrofia simpática refleja (RSD), concluye que con la administración de vitamina C tiene menor riesgo de sufrir RSD en fracturas de muñeca, y que por lo tanto si presenta beneficios la administración de esta vitamina, en contraste de lo que aportaba Zollinger P E et al. <sup>(17)</sup>, de que no se obtenían beneficios.

Posteriormente, hay que tener en cuenta los estudios realizados en ratas administrando las vitaminas A, C y D, en los que se obtienen resultados semejantes, sin embargo las técnicas que se utilizan para obtener dichos resultados son diferentes ya que utilizan recursos distintos para llegar a una conclusión.

En concreto, Seifter E. et al. <sup>(19)</sup> hicieron una comparativa entre 4 grupos de ratas a los cuales se les administraba y/o se les aplicaba vitamina A y aceite de cacahuete. Se les realizó incisiones para comprobar el efecto de la vitamina A y el aceite de cacahuete sobre las heridas, y se les provocó una fractura de fémur para comprobar el efecto de estas sustancias, de igual manera. Obteniéndose que a los grupos que se le administró y se les aplicó vitamina A presentaba una herida sin fractura más fuerte y un mayor entrecruzamiento de las fibras de colágeno. Esta era mucho más fuerte que la herida con fractura, a la cual se le administró vitamina A, pero ésta última era más fuerte que la tratada con aceite de cacahuete. También, se observó que las ratas que fueron tratadas con esta vitamina aumentaron de peso. En conclusión, se puede decir que las heridas y fracturas que fueron tratadas con vitamina A presentaban un aumento de la resistencia de la herida, aumento del crecimiento del tejido, una mayor formación de colágeno y una mayor formación de masa ósea.

En el estudio que realizaron Alcántara et al. <sup>(18)</sup> fue un estudio similar al de Seifter E. et al. <sup>(19)</sup> pero ampliando la cohorte de animales de investigación en 80 ratas ancianas que no podían sintetizar su propia vitamina C y utilizaban ésta vitamina para la curación de fracturas. El procedimiento usado fue también mediante la fractura de fémur pero esta vez de ambas patas, utilizando otros recursos distintos al de Seifter E. et al. <sup>(19)</sup>, para obtener los resultados.

En primer lugar, se hicieron 2 grupos de 40 ratas administrándoles en el agua 0.5 mg/ml y 1 mg/ml de vitamina C. Posteriormente, se realizaron 4 grupos de 20 ratas, dos de los subgrupos se mantuvieron con los niveles iniciales de vitamina C (0.5 mg/ml y 1 mg/ml), y los otros dos subgrupos recibieron suplementos: control suplementado con 2 mg / ml y déficit suplementado con 1 mg / ml.

Se obtuvo que el grupo que recibió una mayor ingesta de vitamina C presenta una mayor cicatrización ósea. En el grupo de la vitamina C deficiente (0.5 mg/ml) tiene una menor cantidad de tejido óseo y de cartílago, junto con una mayor cantidad de tejido fibroso. La resistencia mecánica del callo de fractura y el grado histológico del callo fueron mayores en los

grupos suplementados (con 2 mg / ml y 1 mg / ml) que en los grupos deficientes (0.5 mg/ml de vitamina C). La resistencia mecánica a la curación de los fémures fue mayor en los grupos con una mayor ingesta de vitamina C. Se les realizó análisis sanguíneos para ver los niveles de vitamina C en sangre, indicando que las ratas que tenían mayor nivel de vitamina C presentaban una mayor cicatrización ósea.

Se puede concluir que una deficiencia subclínica de vitamina C afecta a la curación de fracturas en ratas ancianas Shionogi, pero que administrando suplementos de vitamina C durante el período de cicatrización se pueden obtener grandes beneficios en la consolidación de la fractura. Hay que tener en cuenta que el suministro de dosis más altas de lo normal durante la curación aumenta la resistencia mecánica del callo.

Al igual que Seifter E. et al. <sup>(19)</sup> y Alcántara et al. <sup>(13)</sup>, hay otro estudio realizado también en ratas propuesto por Lingjie Fu et al. <sup>(15)</sup>, pero estos autores hablan de cómo afecta la vitamina D, en concreto la 1, 25 dihidroxi-vitamina D3 (1,25 (OH)<sub>2</sub> D3), en la consolidación de fracturas osteoporóticas realizadas, al igual que los otros autores, en el fémur. El estudio se realizó en 40 ratas hembra a las cuales se les hizo la ovariectomía y se les dividieron en dos grupos. Cuando se les produjo la fractura, a un grupo se le aplicó triglicéridos de cadena media (MCT)-vehículo y al otro grupo se le administró 0,1 mg / kg / día de 1,25 (OH)<sub>2</sub> D3 por sonda oral. A las 6 semanas después de la fractura se mostró que el volumen total del callo, el nuevo volumen óseo, el número trabecular, y la densidad total de volumen, en el grupo que se le administró 1,25 (OH)<sub>2</sub> D3 era mayor que en el grupo (MCT)-vehículo. Demostrándose que con la administración de 1,25 (OH)<sub>2</sub> D3 podría promover la curación de la fractura por la mejora de los parámetros histomorfométricos, resistencia mecánica y la tendencia a aumentar la transformación de tejido óseo en el hueso lamelar en este tipo de ratas.

Por lo tanto, estas vitaminas en ratas aporta beneficios que en humanos todavía no se han comprobado lo suficiente para llegar a una conclusión clara y concisa, sobre todo de la vitamina A y C, ya que en la vitamina D si hay estudios que confirman el efecto de éstas en humanos pero que no quedan muy claras, en concreto de la vitamina C.

De los estudios que utilizan vitaminas usadas en ratas (A, C y D) podemos concluir que estas vitaminas aportan grandes beneficios para la consolidación de fracturas, que en humanos no se puede llegar a una conclusión en cuanto a las vitaminas A y C.

## **6.- Conclusión**

Los estudios proponen que administrando vitamina D junto con suplementos de calcio, ayuda a la consolidación de la fractura, y que por lo tanto, acelera el proceso de osificación minimizando el tiempo de hospitalización de los pacientes.

En cuanto a la vitamina C, los estudios encontrados son un poco contradictorios, ya que uno afirma el beneficio en las fracturas disminuyendo la distrofia simpática refleja en fracturas mientras que el otro lo rechaza, diciendo que no interfiere en los resultados de la consolidación de las fracturas.

Las vitaminas (A, C y D) usadas sobre las fracturas de los fémures de las ratas que se han realizado para llevar a cabo el estudio, parece ser que si obtienen buenos resultados en la consolidación de la fractura. Nuestra opinión es que deberíamos ensayar estos resultados en humanos para valorar la efectividad de estas vitaminas en pacientes.

En conclusión, para realizar una buena consolidación de las fracturas se debe utilizar sobre todo vitamina D junto con calcio, y con respecto a las demás vitaminas se deberían analizar más estudios al respecto para tener una evidencia clara sobre el efecto de estas, y aplicarlas en humanos para determinar si aportan beneficios y mejora en la consolidación de las fracturas.

## 7.-Imágenes y tablas

Tabla 1. Resultado de la búsqueda bibliográfica.

Base de datos	Términos	Resultados	Criterios de inclusión y exclusión	Utilizados
PubMed	Vitamin healing fracture	232	87	2
	Vitamin A AND healing fractures	12	12	1
	Vitamins AND fracture healing	4	4	1
Cochrane Plus	Vitamin AND healing fractures	7	7	2
Science Direct	Vitamin AND healing fractures	408	25	2
Total		659	135	8

**Tabla 2. Escala PEDro**

<b>Estudios</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>Total (sobre 10)</b>
<b>Parchi P. et al (12) 2014</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>3/10</b>
<b>Inklebarger J. et al (13) 2015</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>7/10</b>
<b>Doetsch AM. et al (14) 2004</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>6/10</b>
<b>Ekrol et al (16) 2014</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>8/10</b>
<b>Zollinger P E et al (17) 1999</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>7/10</b>

1. Asignación aleatoria 2. Asignación oculta 3. Grupos homogéneos 4. Cegamiento participantes 5. Cegamiento terapeutas 6. Cegamiento evaluadores 7. Seguimiento adecuado 8. Análisis por intención de tratar 9. Comparación de resultados entre grupos 10. Medidas puntuales y de variabilidad.

\*Nota: los artículos de las vitaminas A, C y D, estudios realizados en ratas, no se ha pasado la escala PEDro.

**Tabla 3. Cuadro resumen de los resultados de los estudios elegidos**

ESTUDIO	OBJETIVO	PARTICIPANTES E INTERVENCIÓN	DISEÑO	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
Parchi P. et al (12) 2014	Comprobar el efecto de la vitamina D en la curación de fracturas en niños.	n= 1	Reporte de un caso	Una valoración radiográfica de la formación de callo muestra un claro efecto de la vitamina D en la curación de fracturas.	Una hipovitaminosis D reconocida puede ser la causa de una nueva fractura, que si se trata con vitamina D mas calcio aumenta la formación del callo.
Inklebarger J. et al (13) 2015	Observar las fracturas femorales y de la tibia por estrés asociados con insuficiencia de vitamina D.	n=1 Edad: 19 años Suplementación durante 1 mes con Calcichew D3 Forte dos tabletas una vez al día (20 mg, colecalciferol equivalente).	Reporte de un caso	El paciente dejó la medicación analgésica, reanudando el trabajo y volvió a sentir dolor a carga completa. Su nivel de vitamina D en suero aumentó en un 10% a 54 nmol / L.	Los soldados que presentaban fracturas por estrés pueden tener reconocida la hipovitaminosis D que se solucionaría con administración de suplementos de vitamina D al reducir la incidencia de fracturas.
Doetsch AM. et al (14) 2004	Comprobar el efecto de la suplementación con calcio y vitamina D3 en la curación de la fractura de húmero proximal.	n= 30 mujeres Edad media: 78 años  Recibieron por vía oral 800 UI de vitamina D3 más 1 g de calcio o placebo, durante 12 semanas.	ECA Dos grupos, por asignación al azar.	El coeficiente de variación de la DMO mejoraron de 2,8% justo después de la fracturas hasta el 1,7% a las 12 semanas, con niveles pico a las 6 semanas.	La vitamina D3 y calcio durante las primeras 6 semanas después de la fractura favorece la consolidación de las fracturas.
Lingjie Fu et al (15) 2009	Comprobar el efecto de la 1,25-dihidroxi vitamina D3 en la curación de fracturas y la remodelación ósea en el fémur de ratas ovariectomizadas.	n=40 Edad: 6 meses  Después de la ovariectomía recibieron una osteotomía Grupo 1: recibió triglicéridos de cadena media (MCT) vehículo Grupo 2: 1,25 (OH) 2D3 en 0,1 mg / kg /	Dos grupos de asignación aleatoria	A las 6 semanas volumen total del callo, nuevo volumen óseo, número trabecular, y densidad total de volumen, era mayor en el grupo que se le administró 1,25 (OH)2 D3 que en el grupo (MCT)-	La administración de 1,25 (OH) 2D3 aumenta la transformación de tejido óseo en el hueso lamelar y la resistencia mecánica.

		día por sonda oral, evaluando niveles a las 6 y 16 semanas.		vehículo.	
Ekrol et al (16) 2014	Comprobar la influencia de la vitamina C sobre el resultado de fracturas distales del radio.	n=336 Durante 50 días después de la fractura Grupo1: 500mg de vitamina C Grupo2: placebo Resultados a las 6 semanas y al año.	Ensayo doble ciego, aleatorizado y controlado	Grupo control fractura no desplazada: déficit de flexión de la muñeca y déficit de fuerza pellizque mayor tasa de CRPS A las 26 semanas: mayor tasa de complicaciones y mayor dolor con el uso en grupo control con fractura desplazada.	La administración de vitamina C en fracturas distales de radio no aporta ningún beneficio para el paciente.
Zollinger P E et al (17) 1999	Comprobar el efecto de la vitamina C en la distrofia simpática refleja en las fracturas de muñeca.	n= 123 Edad media: 57 años Grupo1 n= 52: 500mg de vitamina C Grupo2 n=63: placebo Durante 50 días Control duró 1 año.	ECA doble ciego	8 pacientes fueron retirados después de la aleatorización. RSD se produjo en 4 muñecas en el grupo de vitamina C y 14 en el grupo placebo.	Administración de vitamina C se asoció con un menor riesgo de RSD después de fracturas de muñeca.
Alcantara et al (18) 2007	Comprobar el efecto de la vitamina C sobre la curación de la fractura en ratas ancianas Shionogi.	n= 80 ratas Edad : 12-13 meses 1er ensayo Grupo 1 n=40 1 mg / ml vitamina C Grupo 2 n=40 0.5mg / ml vitamina C 2º ensayo Grupo 1 n=20 1 mg / ml vitamina C Grupo 2 n=20 0.5 mg / ml vitamina C Grupo 3 n=20 control suplementado con 2 mg / ml Grupo 4 n=20 control suplementado con 1	ECA	22 ratas murieron, la resistencia mecánica de la curación de los fémures fue mayor en los grupos con una mayor ingesta de vitamina C, menor cantidad de tejido óseo y de cartílago, mayor cantidad de tejido fibroso, en el grupo 2 del 2º ensayo, cicatrización ósea mayor en las ratas con niveles sanguíneos altos de vitamina C.	La administración de suplementos de vitamina C durante el período de cicatrización mejora la curación de las fracturas en este tipo de ratas.

		mg / ml			
Seifter E. et al (19) 1975	Comprobar el efecto de la vitamina A en la curación de heridas en ratas con fractura femoral.	n=48 ratas macho Peso: 325 gramos Recibieron incisión paravertebral todas las ratas, 24 recibieron fractura de fémur Grupo1 n=12 ratas 0.2ml alcohol etílico, vía oral 1 gota aceite de cacahuete y 0.2ml de esta sobre herida. Grupo2 n=12 ratas 1mg vitamina A y 0.2ml alcohol etílico vía oral 1 mg de vitamina A en 1 gota de aceite de cacahuete y 2 mg de vitamina A en 0,2 ml de aceite de cacahuete en heridas Grupo3 n=12 ratas vía oral 1 gota aceite de cacahuete y 0.2ml de esta sobre herida Grupo4 n=12 ratas vía oral 1 mg de vitamina A en 1 gota de aceite de cacahuete y 2 mg de vitamina A en 0,2 ml de aceite de cacahuete en heridas	ECA	Con vitamina A aumentaron de peso, herida más fuerte, aumentó el colágeno, mejora la cicatrización de la herida y de la fractura.	La administración de vitamina A aumenta la resistencia de la herida, el crecimiento del tejido y la formación de colágeno en ratas.

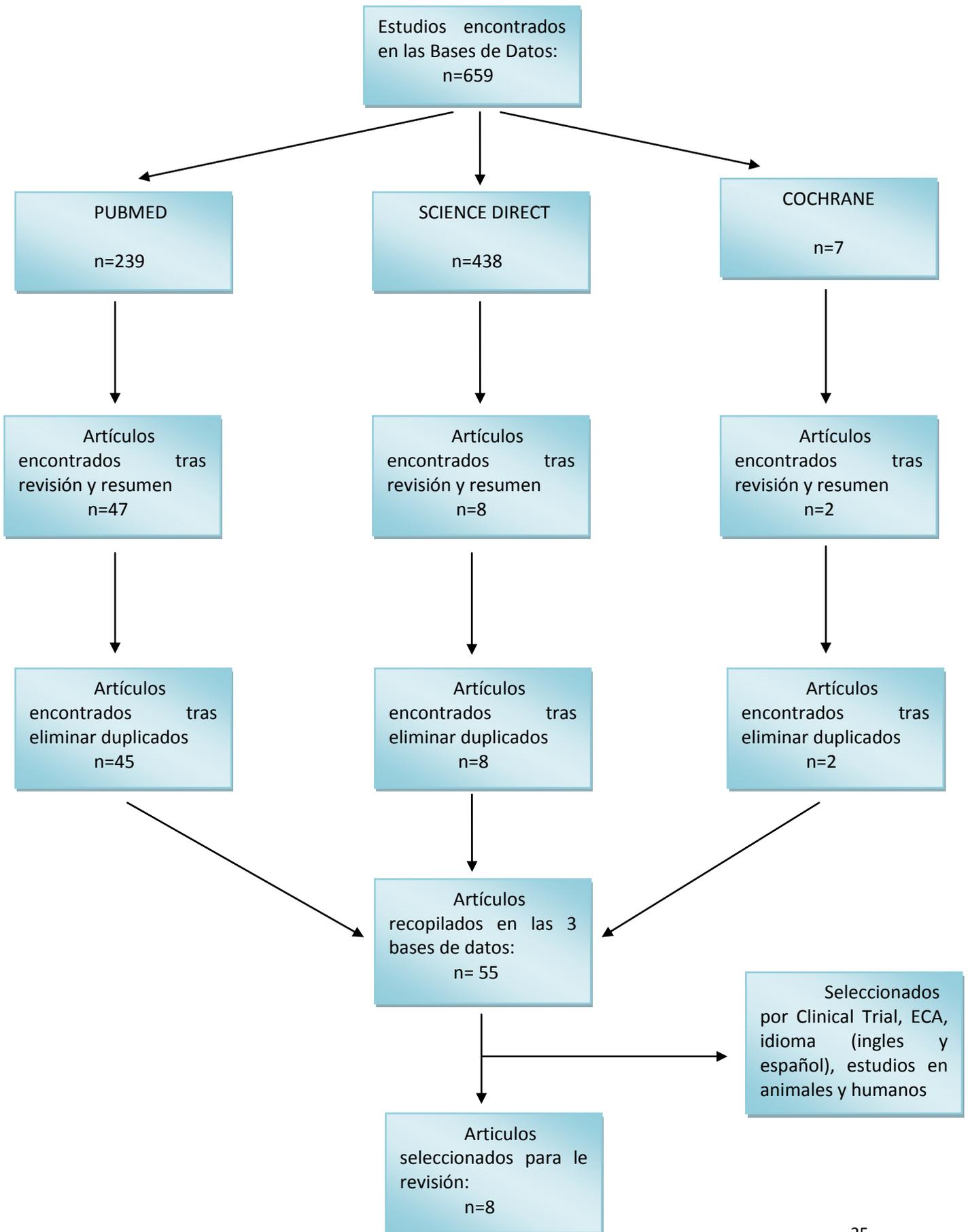
Abreviaturas:

DMO: Densidad de Masa Ósea

CRPS: Síndrome del Dolor Regional Complejo.

RSD: Distrofia Simpática Refleja

Figura 1. Diagrama de flujo de los pasos de la búsqueda.



## 8.- Bibliografía

1. Nelson F, Brighton CT, Ryaby J, Simon BJ, Nielson JH, Lorich DG, Bolander M y Seelig J.. Utilización de fuerzas físicas en la consolidación ósea. In.: J Am Acad Orthop Surg ; 2007;11. p. 344-354.
2. Delgado A.. Cirugía Ortopédica y Traumatología. Tercera ed.: Panamericana; 2015.
3. Forriol F, SECOT. Manual de cirugía ortopédica y traumatología. Segunda ed.: Panamericana; 2009.
4. Silverman F. Varona O. Ortopedia y traumatología. Tercera Edición ed. Argentina: Médica Panamericana; 2010.
5. Sociedad Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología SECOT. Manual de cirugía ortopédica y traumatología. Segunda edición ed.: Medica Panamericana; 2010.
6. Delgado AE, Alcántara T. Agentes sistémicos que modifican la consolidación de las fracturas. Ortp Traumatol. 2007;(50 p: 5-12).
7. Orrego & Moran. Ortopedia y Traumatología Básica. In. Santiago de Chile: Hospital militar de Santiago; 2014. p. 24.
8. Martínez A. Factores clínicos que modifican la consolidación de fracturas. Avances en Traumatología, cirugía ortopédica y rehabilitación. In.; 2005. 33. p. 153-162.
9. Madrid J., Madrid A., Conoce los nuevos alimentos, tu puedes: Arán;2006.
10. Cuamatzi O. Melo V. Bioquímica de los procesos metabólicos. In.: Reverte Ediciones ; 2006. p. 322-343..
11. Moseley, AM., Herbert, RD., Sherrington, C., Maher, CG. Evidence for physiotherapy practice: A survey of the Physiotherapy Evidence Database (PEDro). Australian Journal of Physiotherapy. 2002; 48(43-49).
12. Parchi P., Andreani L., Piolanti N., Niccolai F., Cervi V., Lisanti M.. Effect of vitamin D in fracture healing in a child: case report. Archives of Osteoporosis. 2014 Jan ; 9(170)
13. Inklebarger J., Griffin, Taylor, Dembry. Femoral and tibial stress fractures associated with vitamin D insufficiency. J R Army Med Corp. 2015 February; 160(61-63).
14. Doetsch AM, Faber J, Lynnerup N, Wätjen I, Bliddal H, Danneskiold-Samsøe B. The effect of calcium and vitamin D3 supplementation on the healing of the proximal humerus fracture: a randomized placebo-controlled study. Calcif Tissue Int. 2004 Sep; 75(3)
15. Lingjie Fu, Tingting Tang, Yanying Miao, Yongqiang Hao, Kerong Dai Effect of 1, 25-dihydroxy vitamin D3 on fracture healing and bone remodeling in ovariectomized rat femora. Bone. 2009 May; 44(5).
16. Ekrol, Duckworth, Ralston, Court-Brown, McQueen. The Influence of Vitamin C on the Outcome of Distal Radial Fractures. The Journal of Bone & Joint Surgery. 2014 Sep; 96 (17)(1451 -1459).
17. Zollinger PE, Tuinebreijer WE, Kreis WR, Breederveld RS. Effect of vitamin C on frequency of reflex sympathetic dystrophy in wrist fractures: a randomised trial. The Lancet. 1999 December; 354(9195).
18. Alcántara-Martos T, Delgado Martínez A.D., Vega M.V., Carrascal M.T., Munuera Martínez L.. Effect of vitamin C on fracture healing in elderly Osteogenic Disorder Shionogi rats. The Journal of Bone & Joint Surgery (Br). 2007 Marzo; 89(3)(402-7).
19. Seifter E., Crowley L. Rettura G., Nakao K., Gruber C., Kan D., et al. Influence of vitamin A on wound healing in rats with femoral fracture. Animal of surgery. 1975 Junio; 181(6)(836-841).