

# Osteoporosis: el reto que se aproxima para México y cómo enfrentarlo con biomedicina

Karen Aylín Álvarez Varela <sup>1</sup>

Alejandra Casanova Priego <sup>2</sup>

## SUMARIO

México enfrenta una carrera contra el tiempo al presentar a un porcentaje del sector dominante de la población en un riesgo latente y la mayoría del sector de la tercera edad con una enfermedad silenciosa y degenerativa: la osteoporosis, teniendo como mayor desventaja la falta de divulgación y el desinterés por el grupo al que afecta.

El proyecto que se presenta tiene dos objetivos fundamentales, el primero es difundir información precisa sobre la osteoporosis para tener una generación más consciente de los riesgos que representa y el segundo diseñar y crear un dispositivo que permita obtener una densitometría ósea más exacta, confiable y práctica, basado en una metodología proyectiva y obteniendo datos proporcionados por habitantes del estado de Tabasco.

## PROBLEMÁTICA

De acuerdo al periódico *La Jornada*, en 2016 las mujeres con 50 años de edad presentaban una recurrencia de 18 % de osteoporosis contra 8 % del género mascu-

lino de la misma edad (1). En las encuestas realizadas por la autora de este proyecto, más de 70 % no conoce la definición de osteoporosis y no reconoce causas y síntomas de esta enfermedad, lo que deja en evidencia la falta de divulgación y el enfoque en los padecimientos del pasado sin tener un plan para el futuro y afectando casi al total de la población de la tercera edad a nivel nacional. La amenaza está por presentarse ya que la población sigue un modelo de crecimiento donde la base de la pirámide poblacional va reduciéndose con el paso del tiempo aumentando el centro y la parte alta de ésta, lo que se traduce en que en un par de décadas la población mexicana estará principalmente conformada por personas de 50 años o más.

## OBJETIVOS

Obtener datos concretos de una parte de la población tabasqueña que permitan conocer la percepción que se tiene de la osteoporosis y si tienen o no la información suficiente para detectarla o reconocer si se encuentran en riesgo. Difundir los resultados obtenidos teniéndolos como base para la recaudación de información por

---

<sup>1</sup> Estudiante de Ingeniería Biomédica en la Universidad Olmeca. kaav998@outlook.com

<sup>2</sup> Profesora de asignatura. alecasanovapriego@hotmail.com

diferentes medios, obteniendo más datos y comparándolos.

## HIPÓTESIS

Más de 50 % de la población encuestada no puede reconocer características básicas de la osteoporosis. Con la creación de un dispositivo de bajo costo que mida el nivel de densidad ósea por medio de una pulsera compresora que pueda utilizarse en muñeca o tobillo, se tendrá una población más preparada para afrontar la enfermedad.

## JUSTIFICACIÓN

La intención de desarrollar este dispositivo nace de tener un familiar con esta enfermedad, y al conocer lo que esto conlleva se identificó que no se tiene la información suficiente ya que esta enfermedad se asocia a un sector de la población representado por los adultos mayores, sin saber que uno de los sectores más propensos a desarrollarla es el de las mujeres en etapa menopáusica y postmenopáusica causada principalmente por los cambios hormonales, como la pérdida de estrógenos.

Se ha convertido en un padecimiento tan alarmante como el cáncer al afectar a una importante cantidad de personas de este grupo y su silenciosa acción, haciendo que cuando se tiene conocimiento de que se padece la enfermedad ya se ha presentado en la mayoría de los casos una fractura en la cadera o se tienen niveles de pérdida de masa ósea considerables.

## MARCO TEÓRICO

Para continuar con el presente artículo definiremos los conceptos clave:

- Osteoporosis: enfermedad sistémica del esqueleto producida por una pérdida de masa ósea y una alteración de la microarquitectura del tejido óseo que provoca un aumento de la fragilidad del mismo y el riesgo de fracturas (2).
- Densitometría ósea: prueba que identifica la osteoporosis, determina el riesgo de fractura y mide la respuesta a un tratamiento para la osteoporosis (3).
- DE: abreviatura de Desviación Estándar en el resultado T.
- Calificación T: comparación de la densidad promedio mineral del hueso (DPH) del paciente con el de una persona sana de 30 años del mismo sexo y etnia. Valor usado en hombres y mujeres postmenopáusicas de más de 50 años ya que mejora la predicción del riesgo de futuras fracturas (4).
- Calificación Z: el Z-score es el número de desviaciones estándar de un paciente con DPH diferente del promedio por edad, sexo, etnia. Este valor es usado en mujeres premenopáusicas, hombres menores a 50 años y en niños. También sirve para establecer si el paciente tiene un DPH tan bajo con respecto a su grupo etario que haga presumir alguna causa secundaria (4).
- PTH: La hormona paratiroidea, también conocida como parathormona, es una hormona segregada por las glándulas paratiroides (5).

## ANTECEDENTES

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) el padecimiento denominado osteoporosis es un desequilibrio en el balance de formación y resorción ósea, reflejado a nivel celular como un aumento de actividad osteoclástica y una disminución de actividad formadora osteoblástica. Sin embargo la osteoporosis se ha presentado en momias egipcias de más de 4 000 años al detectar fracturas de cadera, pero fue hasta 1830 cuando el patólogo francés Jean Georges Chretien y Frederic Martin Lobstein señalaron que los huesos de algunos pacientes estaban plagados de agujeros más grandes que los normales, y se acuñó el término osteoporosis para describir este hueso humano deteriorado, y hasta el siglo XX se agregó al vocabulario médico inglés (6).

## CAUSAS

En ocasiones la pérdida ósea sucede sin una causa conocida. Otras veces la pérdida ósea y los huesos delgados son hereditarios. En general las mujeres de raza blanca de la tercera edad tienen más probabilidades de presentar pérdida ósea. Los huesos frágiles y quebradizos pueden ser causados por cualquier cosa que haga que el cuerpo destruya demasiado hueso o que evite que forme suficiente hueso nuevo. Conforme envejece, el cuerpo puede reabsorber calcio y fosfato de los huesos, en lugar de mantener estos minerales en ellos, lo que los hace más débiles.

Un riesgo significativo es no contar con suficiente calcio para formar nuevo tejido óseo. Es importante comer suficientes alimentos altos en calcio y se necesita vitamina D, porque ayuda al cuerpo a absorber el calcio (7).

## NIVELES DE DENSIDAD ÓSEA

Aunque anteriormente se dividió a la osteoporosis en dos grupos, existen dentro de ellos varios niveles en los que se puede clasificar el nivel de falta de calcio y densidad en los huesos. En la siguiente tabla se presentan los datos.

<b>Definiciones de OMS según los niveles de densidad ósea</b>	
<b>Normal</b>	La densidad ósea está dentro de 1 DE (+1 o -1) del promedio para un adulto joven.
<b>Baja densidad ósea</b>	La densidad ósea está entre 1 y 2.5 DE por debajo del promedio para un adulto joven (-1 a -2.5 DE).
<b>Osteoporosis</b>	La densidad ósea está 2.5 DE o más por debajo del promedio para un adulto joven (-2.5 DE o más baja).
<b>Osteoporosis grave(establecida)</b>	La densidad ósea está más de 2.5 DE por debajo del promedio para un adulto joven y han ocurrido una o más fracturas producidas por la osteoporosis.

Tabla 1. Definiciones de la OMS según los niveles de densidad ósea.

Los siguientes factores de riesgo se presentan en mujeres postmenopáusicas.

<p><b>Historia familiar de osteoporosis</b></p> <p>Menopausia precoz (&lt;45 años)            Tabaquismo            Delgadez (peso &lt;70 kg; IMC &lt;27kg/m<sup>2</sup>)            Ooforectomía bilateral previa a menopausia fisiológica</p>
<p>Fracturas previas por traumatismos leves a partir de los 45 años            Uso crónico de fármacos: corticoides, litio, antiepilépticos, metotrexato, heparina (&gt;15.000 U/día)            Mujer no menopáusica con ciclos amenorreicos superiores a 1 año</p>
<p><b>Enfermedades osteopenizantes:</b></p> <p>-Endócrinas: hiperparatiroidismo, hipertiroidismo, Addison, Cushing, prolactinoma, diabetes de larga evolución            -Hepatopatía o nefropatía crónica            -Digestivas: enfermedad de Crohn, mala absorción            -Reumatológicas: artritis reumatoide, enfermedades inflamatorias crónicas            -Hematológicas: anemia perniciosa, linfomas, leucemias            -Anorexia nerviosa</p>
<p>Sospecha radiológica de osteoporosis (deformidad vertebral)            Control de tratamientos antirresortivos ya implantados</p>

Tabla 2. Factores de riesgo de osteoporosis en mujeres (8).

## CONSECUENCIAS

Entre las consecuencias de padecer osteoporosis se encuentra el riesgo de fracturas de cadera, fémur y muñeca (7), pérdida de peso como consecuencia de la baja de masa ósea (3), dolores intensos y constantes, pérdida de cabellos y dientes (9).

## TRATAMIENTO

Actualmente no existe un tratamiento que logre erradicar la enfermedad del organismo o revertirla, sin embargo se puede retrasar consumiendo vitamina D y la cantidad de calcio necesario a través de las proteínas, tener una dieta saludable, limitar el consumo de carne

y adquirir el hábito de hacer actividad física con regularidad (7).

Finalmente se describirán los principales fármacos disponibles para el tratamiento de la osteoporosis:

- a) Calcio/vitamina D: el calcio actúa como inhibidor del remodelado óseo dependiente de PTH. La vitamina D interviene en la absorción digestiva de calcio, su síntesis es cutánea.
- b) Calcitonina: hormona que inhibe la actividad resorptiva osteoclástica. La más utilizada es la vía nasal en dosis de 200 UI/día habiendo demostrado reducir el riesgo de nueva fractura vertebral; posee efecto analgésico central aliviando el dolor agudo de la fractura.
- c) Terapia hormonal sustitutiva (THS): solos o combinados con progestágenos, los estrógenos actúan sobre el hueso directamente inhibiendo la resorción y la pérdida ósea, además de incrementar masa ósea en postmenopáusicas de más de 10 años de evolución. También existe evidencia de reducción de riesgo de fractura vertebral (50-80 %) y de cadera tras cinco años de tratamiento. La vía transdérmica es cómoda y muy usada para su administración. Mejora el perfil lipídico y los síntomas climatéricos. Su efecto se mantiene mientras dura el tratamiento.
- d) Bifosfonatos: potentes inhibidores de la resorción ósea, de baja absorción oral. Son tres tipos: Etidronato: existen estudios que demuestran su eficacia en la reducción de fracturas vertebrales. Su administración será discontinua (14 días cada tres meses, 400mg/día) para evitar trastornos de la mineralización y tras dos horas de ayuno. Alendronato: eficaz en la reducción de fracturas vertebrales y femorales en mujeres postmenopáusicas osteoporóticas. Su principal efecto adverso (gastrointestinal) puede verse reducido con la reciente comercialización de la presentación de la dosis semanal de 70 mg. Ri-

sedronato: eficacia demostrada en reducción de fracturas vertebrales (estudio VERT) y de cadera.

- e) Raloxifeno: modulador selectivo de los receptores estrogénicos (SERM), al actuar como alfa-antagonista en mama y útero (no aumenta riesgos de cáncer a ese nivel) y como beta-agonista en hueso y cardiovascular, frenando la resorción ósea y reduciendo el riesgo de fractura vertebral en postmenopáusicas (estudio MORE). Se tolera bien, no precisa controles y no es útil en síntomas climatéricos.
- f) Otros tratamientos: flúor, PTH, esteroides anabolizantes, tibolona (10).

## BITÁCORA

La recolección de información de diversas fuentes, principalmente de internet, comenzó el 1 de febrero de 2017 (Imágen 1) obteniendo conocimiento de la clínica básica y cifras oficiales del país, reconociendo que pocas fuentes confiables pueden proporcionar cifras actuales, revelando así la falta de interés y divulgación de la enfermedad en nuestro país, además de los pocos cambios que se han dado en su detección y tratamiento desde la era pionera de la biomedicina que representa una ventaja al tener mayor campo para explorar y actuar.

## ENCUESTAS

La encuesta fue el método de recolección que se utilizó, tomando en cuenta su practicidad y el poco tiempo que se toma al aplicarlas, llegando de manera más certera al rango de edades en las que se decidió aplicar.

Selección de muestreo: El lugar de aplicación fue elegido al azar y teniendo entre ellos varios kilómetros de distancia para que el resultado no fuera influenciado por la ubicación de manera particular. Los lugares de aplicación fueron la colonia Casa Blanca y el fraccionamiento Las Rosas de la ciudad de Villa-



Imagen 1. Fuente de recolección de la clínica básica de la osteoporosis (7).

hermosa en el municipio de Centro, Tabasco (Imagen 2). Se estableció como tamaño de la muestra un total de 200 personas para ser más certeros en cuanto al prototipo que se iba a desarrollar y la magnitud de per-

sonas en las que la investigación antes del prototipo tuviera bases más sólidas. Finalmente el 7 de marzo de 2017 se seleccionó el rango de edad estipulado de 35 a 70 años.



Imagen 2. Ubicación del muestreo para aplicación de encuestas.

Redacción de las encuestas: Inició con la primera vista de la información el 1 de febrero de 2017, sin embargo el proceso culminó el 7 de marzo al defi-

nir los objetivos finales de cada una de las encuestas y en el proceso aumentó el número de encuestas que se aplicaron pasando de una a tres diferentes, tomando la

misma población para las primeras dos y reduciendo la población para la última tomando a las personas detectadas con la enfermedad. Se utilizó SurveyMonkey

como herramienta web para el diseño, redacción de la cada una de las preguntas y difusión de las mismas por correo electrónico (Imagen 3).

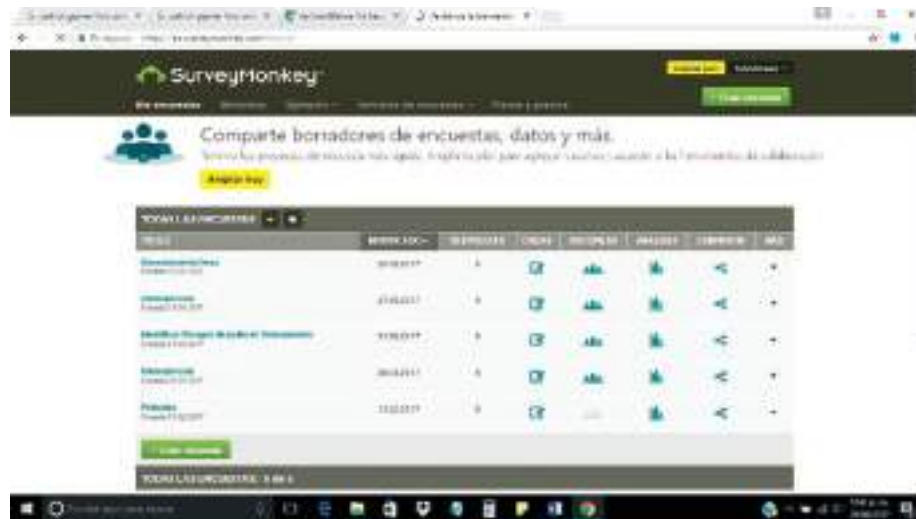


Imagen 3. Plataforma SurveyMonkey para diseño de encuestas.

Aplicación de las encuestas: Se realizó del 26 de abril al 3 de mayo de 2017 en las localidades antes mencionadas, teniendo un alto índice de respuesta ante

la aplicación del método para recolectar información. (Imágen 4)

Análisis de las encuestas: Una vez aplicadas



Imagen 4. Aplicación de las encuestas.

las encuestas se analizaron para determinar la información que podría ser utilizada para el artículo final:

el 12 de mayo se terminan de analizar las encuestas y se logra obtener las siguientes gráficas.



Gráfica 1. Análisis de resultados de las encuestas.

## OSTEOMED

El nombre del dispositivo viene de la unión de dos palabras, Osteo: osteoporosis y Med: Medición, su nombre fue asignado el 26 de junio de 2017.

Diseño y funciones del prototipo: El 15 de febrero se inició con las primeras ideas del dispositivo, en específico sobre el material, al principio se pensaba crear una pulsera de látex o algún similar que fuera flexible y resistente, ayudado de un software sencillo realizado con la IDE NetBeans, para tener una previo a una base de datos para llevar un control de mediciones. El 20 de febrero se empiezan a determinar las funciones que realizará cada componente y el lugar en el

que se tomarán las medidas (muñeca y tobillo). El 15 de marzo se decide que el software será desarrollado en otro momento para mejorar el enfoque en los materiales que se utilizarán. El 17 de marzo se propone que el prototipo tenga una alarma para indicar cuando la medición finaliza.

Selección de materiales: El 19 de marzo de 2017, a falta de varios materiales y el costo elevado de fabricación de la pulsera, se decide utilizar sensores ultrasónicos para determinar la distancia desde la que se podrá tomar la medición y el sensor flex para realizar la medición, esta vez cambiando el lugar en el que se tomará (muñeca o dedo de la mano). El 21 de marzo se compran los conectores o cables tipo Dupont para la conexión entre el protoboard y la placa Arduino (Imagen 5). El 25 de marzo se compra el sensor ultrasónico e inicia la búsqueda del sensor flex en las tiendas de electrónica del estado.



Imagen 5. Componentes utilizados en Osteomed.

## COMPONENTES

- 1) Sensor Flex: sensor de flexión de 2.2" de largo que, al flexionarlo, la resistencia varía. El conector está espaciado 0.1". Resistencia nominal: 25 Kohmios. Tolerancia: 30 %. Potencia nominal: 0,5W (1W de pico). (Imagen 6)



- 2) Sensor ultrasónico: el HC-SR04 es de bajo costo que no solo puede detectar si un objeto se presenta, como un sensor PIR (Passive Infrared Sensor), sino que también puede sentir y transmitir la distancia al objeto. Tienen dos transductores,



Imagen 6. Sensor flex.

básicamente, un altavoz y un micrófono. Ofrece una excelente detección sin contacto (remoto) con elevada precisión y lecturas estables en un formato fácil de usar. El funcionamiento no se ve afectado por la luz solar o el material negro como telémetros ópticos (aunque acústicamente materiales suaves como telas pueden ser difíciles de detectar). La velocidad del sonido en el aire (a una temperatura de 20 °C) es de 343 m/s (por cada grado centígrado que sube la temperatura la velocidad del sonido aumenta en 0,6 m/s). (Imagen 7).

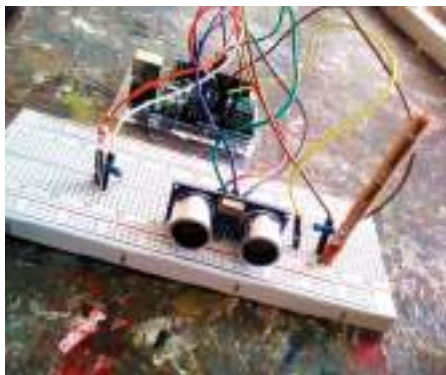


Imagen 7. Sensor ultrasónico.

## FUNCIÓN DEL DISPOSITIVO

Como primer resultado se obtuvo un dispositivo que puede medir la flexión por medio del sensor flex en el dedo índice tomando como referencia una estandarización que se obtuvo al elegir del grupo de los entrevistados de 35 años, concluyendo el rango de densitometría normal entre 600-750 de resistencia; por su parte el sensor ultrasónico muestra la distancia desde la que se está tomando la medición, cabe recalcar que la estandarización se tomó de 5 cm de distancia, logrando así datos más precisos para integrarlos a una base de datos; todo esto funcionando con una placa Arduino que sirve como fuente de alimentación y microcontrolador de los sensores.

## RESULTADOS

Se utilizaron como herramientas las tres encuestas con diferentes objetivos aplicadas del 26 de abril al 3 de mayo de 2017. La primera pretendía conocer qué tanto conocían la enfermedad, 60 % de la población encuestada fue de mujeres y 40 % restante fue de varones con un rango de edad de 35 a 70 años, de donde 70 % no pudo reconocer la clínica básica de la enfermedad, 55 % presentó síntomas que pueden ser asociados a la osteoporosis pero no reconocen que son un grupo en riesgo.

La segunda tenía como objetivo saber el porcentaje de personas que conocían el estudio de densitometría ósea y las personas que se lo han realizado. Como resultado se obtuvo que 80 % no conoce el significado de la densitometría y 90 % no se había practicado por lo menos una vez esta prueba.

La tercera encuesta identificaría cuántas personas padecen osteoporosis, del total de entrevistado solo 10 % tiene conocimiento de padecer la enfermedad, es importante aclarar que para las encuestas 1 y 2 se utilizó la misma población, cambiando la población y el rango de edad para la tercera encuesta donde 70 % fueron mujeres y el resto varones. Casi 70 % de la población que padece osteoporosis no ha cambiado

sus hábitos de alimentación, ejercicios y/o consume productos que degeneran más rápido la masa ósea.

## CONCLUSIONES

Gran parte de la población que puede ser afectada tiene conocimiento casi nulo de la enfermedad por lo cual cuando ocurre su detección no puedan implementar todos los hábitos necesarios para preservar la densidad ósea.

El 80 % de la población entrevistada no considera importante esta enfermedad, después de aplicarla la cifra se redujo a 60 %, logrando así cambiar o introducir la perspectiva de esta enfermedad en sus vidas con un conocimiento básico de la clínica del padecimiento.

Se lograron definir los componentes del dispositivo y la función que desempeñará cada uno de ellos, comenzando así con los primeros bocetos de su diseño y la interacción con sus componentes.

## FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Este proyecto pretende generar un dispositivo que ayudado por la rama biomédica logre un avance en cuestión de pruebas al tratar de ser de bajo costo y eficiente en sus funciones, es decir se llevará a la práctica con diferentes rangos de edades, logrando así establecer patrones de riesgo y síntomas que pueden ser considerados parte de otras enfermedades.

Primeramente cambiando del microcontrolador Arduino a un microprocesador Raspberry Pi para mejorar el desempeño, además de integrar una cámara compatible para proyectar una imagen por medio del sensor ultrasónico que permita observar el estado del hueso y ayudar a que la medición que se realiza con el sensor flex sea de mayor precisión; agregando también una base de datos con una interfaz dinámica para que se pueda tener un registro de medición y observar el avance de la enfermedad.

## REFERENCIAS

- (1) Gómez C. (2016). Recurrencia en México es de 18 % en mujeres y 8 % en varones; México; Periódico *La Jornada*.
- (2) Giménez C., Zafra G., Bermúdez M. (2015) consultado en: file:///C:/Users/Karen/Downloads/S35-05%2070\_III.pdf
- (3) NIH (2015) consultado en: [https://www.niams.nih.gov/health\\_info/bone/espanol/salud\\_hueso/bone\\_mass\\_espanol.asp](https://www.niams.nih.gov/health_info/bone/espanol/salud_hueso/bone_mass_espanol.asp)
- (4) Cranney A, Jamal SA, Tsang JF, Josse RG, Leslie WD (2007). «Densidad mineral de hueso baja y riesgos de fractura en mujeres postmenopáusicas». *CMAJ: Canadian Medical Association; Journal de l'Association Medicale Canadienne* 177.
- (5) Healthline (2012) consultado en: <http://es.healthline.com/health/prueba-de-la-hormona-para-tiroidea-pt#Overview1>
- (6) Historia de la Osteoporosis consultado en: <http://osteoporosis-bioquimica.blogspot.mx/2012/03/historia-de-la-osteoporosis>
- (7) Gordon A. Starkebaum (2015) consultado en: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/000360.htm>
- (8) Orozco P. Actualización en el abordaje y tratamiento de la osteoporosis 2001. *Inf Ter Sist Nac Salud* 2001; 25: 117-141.
- (9) Cuidado de la salud (2015) consultado en: <http://www.cuidadodelasalud.com/salud/causas-y-consecuencias-de-la-osteoporosis-y-quienes-la-pueden-padecer/>
- (10) Osteoporosis: enfoque y tratamientos desde Atención Primaria (2003) consultado en: <http://formaciones.elmedicointeractivo.com/emioold/bibliografia/actualizacion/osteoporosis.php>