

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE FÍSICA



TESIS

**Comportamiento del módulo de elasticidad en la predicción de cáncer de
tiroides en pacientes del Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo,**

2019-2020

Para optar el Título Profesional de:

Licenciado en Física

Autor:

Bach. Fís. Jiménez Chávez Walter Nicolás

Asesor:

Dr. Cieza Ramos Arnulfo

ORCID: 0000-0002-5771-4501

Lambayeque, 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE FÍSICA



TESIS

**Comportamiento del módulo de elasticidad en la predicción de cáncer de
tiroides en pacientes del Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo,**

2019-2020

Para optar el Título Profesional de:

Licenciado en Física

Aprobada ante el siguiente jurado:



Dr. Luis Alberto Curo Maquén

Presidente



M.Sc. Juan Pedro Rivera Vásquez

Secretario



Lic. Fís. Julio Alejandro Valdiviezo Arellano

Vocal



Dr. Arnulfo Cieza Ramos

Asesor



Bach. Walter Nicolás Jiménez Chávez

Tesista

Comportamiento del módulo de elasticidad en la predicción de cáncer de tiroides en pacientes del Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo, 2019-2020

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

7%

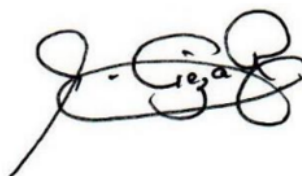
PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

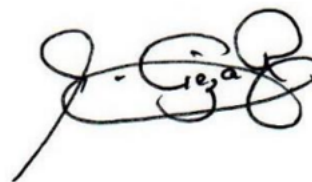
FUENTES PRIMARIAS

1	socios.sefm.es Fuente de Internet	5%
2	docplayer.es Fuente de Internet	2%
3	repositorio.uladech.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	www.revactamedicacentro.sld.cu Fuente de Internet	1%
5	repisalud.isciii.es Fuente de Internet	1%
6	bvs.sld.cu Fuente de Internet	1%
7	vsip.info Fuente de Internet	1%
8	doaj.org Fuente de Internet	1%



Dr. Arnulfo Cieza Ramos

9	ruidera.uclm.es Fuente de Internet	1 %
10	histo.uaz.edu.mx Fuente de Internet	1 %
11	Arreola Cháidez Demetrio. "Elastografía Shearwave (SSW) como herramienta en la evaluación de los nódulos tiroideos TI-RADS 5 y su correlación con el sistema Bethesda", TESIUNAM, 2019 Publicación	1 %
12	www.thyroid.org Fuente de Internet	1 %
13	Magdalena Buitrago Andrés Fernando. "Aplicación de elastografía de onda de corte (shearwave ssw) en la evaluación de nódulos tiroideos", TESIUNAM, 2018 Publicación	1 %
14	www.thieme-connect.de Fuente de Internet	<1 %
15	tesisred.net Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
17	Ramírez Rojas Diego Gonzalo. "Correlación de los hallazgos en la elastosonografía y función clínica en pacientes tratados por ruptura	<1 %



Dr. Arnulfo Cieza Ramos

aguda del tendón de Aquiles", TESIUNAM, 2014

Publicación

18

Paz García Damián de Jesús. "Correlación de los criterios ecográficos ACR tirads y el resultado de la biopsia por aspiración de aguja fina en pacientes con nódulos tiroideos atendidos en el Hospital de Alta Especialidad de Ixtapaluca", TESIUNAM, 2019

Publicación

<1 %

19

www.thyca.org

Fuente de Internet

<1 %

20

"Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures", American Society of Civil Engineers (ASCE), 2021

Publicación

<1 %

21

docshare.tips

Fuente de Internet

<1 %

22

denguillen.wordpress.com

Fuente de Internet

<1 %

23

dspace.unitru.edu.pe

Fuente de Internet

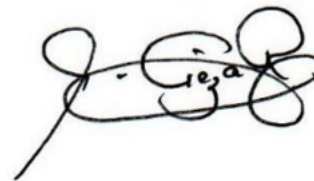
<1 %

24

uvadoc.uva.es

Fuente de Internet

<1 %



Dr. Arnulfo Cieza Ramos

25

www.msdmanuals.com

Fuente de Internet

<1 %

26 www.semg.es
Fuente de Internet

<1 %

27 burjcdigital.urjc.es
Fuente de Internet

<1 %

28 idoc.pub
Fuente de Internet

<1 %

29 repositorio.une.edu.pe
Fuente de Internet

<1 %

30 www.labdeurgencias.com.ar
Fuente de Internet

<1 %

31 www.sudoctor.org
Fuente de Internet

<1 %

32 kupdf.net
Fuente de Internet

<1 %

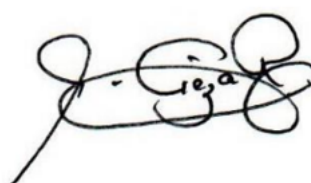
Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo



Dr. Arnulfo Cieza Ramos

ANEXO 01

CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD (RESOLUCIÓN N° 626-2021-CU DEL 30 DE DICIEMBRE 2021)

Yo, Arnulfo Cieza Ramos, usuario revisor del documento titulado: Comportamiento del módulo de elasticidad en la predicción de cáncer de tiroides en pacientes del Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo, 2019-2020.

Cuyo autor es, Walter Nicolás Jiménez Chávez. Identificado con Documento de Identidad 74647969; declaro que la evaluación realizada por el Programa Informático, ha arrojado un porcentaje de similitud de 19%, verificable en el Resumen de Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque, 21 de Agosto de 2023



ARNULFO CIEZA RAMOS
DNI: 16571279
ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DECANATO

Ciudad Universitaria - Lambayeque

LICENCIADA - RESOLUCIÓN DEL CONSEJO DIRECTIVO N° 015-2023-SUNEDU / CD



ACTA DE SUSTENTACIÓN N° 0005-2023.-D/FACFyM

Siendo las 11:01 am del día 07 de Agosto del 2023, se reunieron los miembros del jurado evaluador de la Tesis titulada:

"COMPORTAMIENTO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN LA PREDICCIÓN DE CÁNCER DE TIROIDES EN PACIENTES DEL HOSPITAL NACIONAL ALMANZOR AGUINAGA ASEÑO, 2019-2020"

Designados por Resolución N° 352-2022-VIRTUAL-D/FACFyM de fecha 07 de abril de 2022

Con la finalidad de evaluar y calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformada por los siguientes docentes:

Dr. Luis Alberto Curo Maguén

Presidente

M.Sc. Juan Pedro Rivera Vásquez

Secretario

Lic.Fís. Julio Alejandro Valdiviezo Arellano

Vocal

La tesis fue asesorada por (el) (la) Dr. Lic.Fís. Arnulfo Cieza Ramos, nombrado por Resolución N° 352-2022-VIRTUAL - D/FACFyM de fecha 07 de abril de 2022

El Acto de Sustentación fue autorizado por Resolución N° 627-2023-VIRTUAL D/FACFyM de fecha 26 de julio de 2023

La Tesis fue presentada y sustentada por (el) (los) Bachiller (es): Walter Nicolás Jiménez Chávez y tuvo una duración de 60 minutos.

Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado se procedió a la calificación respectiva, otorgándole el Calificativo de dieciseis (16) en la escala vigesimal, mención (Bueno).

Por lo que queda(n) apto(s) para obtener el Título Profesional de Licenciado en Física, de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

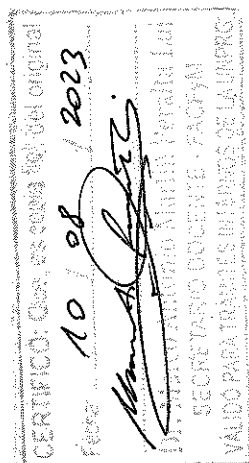
Siendo las 12:01 pm se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto con la firma de los miembros del jurado.

Dr. Luis Alberto Curo Maguén
Presidente

M.Sc. Juan Pedro Rivera Vásquez
Secretario

Lic. Fís. Julio Alejandro Valdiviezo Arellano
Vocal

Dr. Lic.Fís. Arnulfo Cieza Ramos





CONSTANCIA DE SIMILITUD N° 68-2023- VIRTUAL-UI-FACFyM

El que suscribe, director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, hace constar:

Que, el Bachiller **JIMÉNEZ CHÁVEZ WALTER NICOLÁS** de la Escuela Profesional de **FISICA**, ha cumplido con presentar la **SIMILITUD DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS (TURNITIN)**, como requisito indispensable para la sustentación de la tesis, según detalle:

- TÍTULO DE LA TESIS: “**COMPORTAMIENTO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN LA PREDICCIÓN DE CÁNCER DE TIROIDES EN PACIENTES DEL HOSPITAL NACIONAL ALMANZOR AGUINAGA ASENJO, 2019-2020**”
- ÍNDICE DE SIMILITUD: 19%
- **ASESOR:** Dr. Lic. Fis. Arnulfo Cieza Ramos.

Se expide la presente constancia, para la tramitación del Título Profesional, dispuesto en la Directiva para la evaluación de originalidad de los documentos académicos, de investigación formativa y para la obtención de Grados y Títulos de la UNPRG.

Lambayeque, 22 de agosto de 2023

Dr. WALTER ARRIAGA DELGADO
DIRECTOR - UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Declaración Jurada de Originalidad

Yo, Walter Nicolás Jiménez Chávez investigador principal, y Dr. Arnulfo Cieza Ramos, asesor del trabajo de investigación “Comportamiento del módulo de elasticidad en la predicción de cáncer de tiroides en pacientes del Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo, 2019-2020” declaramos bajo juramento que el presente trabajo de investigación no ha sido plagiado, ni contiene datos falsos. En caso se demostrara lo contrario, asumo responsablemente la anulación de este informe y por ende el proceso administrativo a que hubiera lugar. Que puede conducir a la anulación del título o grado emitido como consecuencia de este informe.

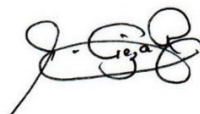
Lambayeque, diciembre del 2022.

Investigador:



Bach. Walter Nicolás Jiménez Chávez

Asesor:



Dr. Arnulfo Cieza Ramos

Dedicatoria

La presente tesis en primer lugar se la dedico a Dios, ya que gracias a él he logrado culminar mi carrera.

A mis padres por confiar en mí, apoyarme y brindarme sus enseñanzas de tal forma me motivaron para hacer de mí un gran profesional y una persona de bien.

Agradecimiento

Agradezco en primer lugar a Dios, quien me ha dado la fuerza necesaria para poder llegar a este momento y cumplir una de mis metas.

A mi familia por brindarme siempre su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida.

A los docentes de la UNPRG quienes con sus enseñanzas han enriquecido mis conocimientos, de tal manera haber logrado culminar mi carrera con éxito.

Un agradecimiento a mi asesor Arnulfo Cieza Ramos, por el apoyo, paciencia y confianza hacia mi persona durante el desarrollo de la tesis.

Un agradecimiento especial al licenciado Juan Colchado Aguilar, por sus orientaciones y enseñanzas durante este trabajo de investigación.

Un gran agradecimiento al Dr. Marwin Rodas, por compartirme sus conocimientos necesarios para mi tema de investigación.

INFORMACIÓN GENERAL

• TÍTULO:

Comportamiento del módulo de elasticidad en la predicción de cáncer de tiroides en pacientes del Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo, 2019-2020.

• AUTOR:

Bachiller: Jiménez Chávez Walter Nicolás

• ASESOR:

- ESPECIALIDAD:** Dr. Cieza Ramos Arnulfo

• LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Física Nuclear y Radiaciones.

• LUGAR:

Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo, Lambayeque.

RESUMEN

El trabajo de investigación tiene como objetivo principal evaluar el comportamiento del módulo de elasticidad en la predicción de cáncer de tiroides. Se evaluaron a 99 pacientes con una edad promedio de 54,21 años, los cuales 68 fueron mujeres y 31 varones. Los resultados obtenidos, muestran que el comportamiento de los datos del módulo de elasticidad de pacientes evaluados mediante elastografía de ondas de corte (shear wave) no sigue una distribución normal. Se obtuvo un valor de punto de corte para diferenciar benignidad y malignidad de nódulos tiroideos de 24,00 kPa. Además, se estableció un rango de distribución de módulo de elasticidad, categorizados en; “Alta sospecha de benignidad”, valores mayor o igual a 0 kPa y menor a 17,60 kPa; “Leve sospecha de benignidad”, con valores mayor o igual a 17,60 kPa y menor a 24,00 kPa; “Leve sospecha de malignidad”, con valores mayor o igual a 24,00 kPa y menor a 38,10 kPa; “Alta sospecha de malignidad”, con valores mayor o igual a 38,10 kPa. Se concluye que al analizar datos de módulo de elasticidad se puede predecir el cáncer de tiroides, mediante un valor de punto de corte o a través de un rango de distribución.

Palabras clave: Elastografía, Ondas de corte, Cáncer, Tiroides, Módulo de elasticidad.

ABSTRACT

The main aim of the research work is to assess the behavior of the modulus of elasticity on the prediction of thyroid cancer. 99 patients with an average age of 54,21 years were evaluated, 68 of whom were women and 31 men. The achieved results display that the behavior from the data of the modulus of elasticity of patients evaluated by shear wave elastography does not follow a normal distribution. A cut-off value was obtained to differentiate benign and malignant thyroid nodules of 24,00 kPa. In addition, a range of modulus of elasticity distribution was established, categorized into; "High suspicion of benignity", greater values than or equal to 0 kPa and less than 17,60 kPa; "Slight suspicion of benignity", with greater values than or equal to 17,60 kPa and less than 24,00 kPa; "Slight suspicion of malignancy", with greater values than or equal to 24,00 kPa and less than 38,10 kPa; "High suspicion of malignancy", with greater values than or equal to 38,10 kPa. It is concluded that by analyzing modulus of elasticity data, thyroid cancer can be predicted through a cut-off value or through a distribution range.

Keywords: Elastography, Shear wave, Cancer, Thyroid, Modulus of elasticity.

ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria.....	VI
Agradecimiento	VII
INFORMACIÓN GENERAL	VIII
• TÍTULO:.....	VIII
• AUTOR:	VIII
• ASESOR:.....	VIII
• LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:.....	VIII
• LUGAR:	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: DISEÑO TEÓRICO	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Bases teóricas.....	4
1.2.1 Física del Ultrasonido.....	4
1.2.2 Física de la Elastografía.....	11
1.2.3 Anatomía Tiroidea.....	16
1.2.4 Puntos de Corte de variables continuas	20
CAPÍTULO II: DISEÑO METODOLÓGICO	21

2.1	Diseño de contrastación de hipótesis / Procedimiento a seguir	21
2.1.1	Diseño de contrastación de hipótesis	21
2.1.2	Procedimiento a seguir	21
2.2	POBLACIÓN, MUESTRA.....	21
2.3	Equipos y Materiales.....	23
2.3.1	Sistema de Ultrasonido CANON APLIO 300	23
2.3.2	Laptop.....	24
2.3.3	Hoja de cálculo	24
2.3.4	Software R	25
2.3.5	Elastograma	26
CAPÍTULO III: RESULTADOS		27
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS		45
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES		47
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES		48
REFERENCIAS		49
ANEXOS		51

INTRODUCCIÓN

Las condiciones patológicas como la inflamación y los tumores pueden cambiar la elasticidad de los tejidos. Por lo tanto, las mediciones de la elasticidad in vivo de varios tejidos pueden ser una prueba no invasiva valiosa para el diagnóstico y tratamiento de diversas afecciones patológicas. Sin embargo, solo se ha realizado un número limitado de estudios para evaluar la elasticidad de varios tejidos (Arda et al., 2011).

Los cambios en la rigidez del tejido están presentes en enfermedades cancerosas, cambios fibróticos o aterosclerosis. La gran mayoría de las técnicas de imagen, como la resonancia magnética, la tomografía computarizada y la tomografía por emisión de positrones, se centran en características morfológicas o funcionales; a diferencia de la elastografía, que es una técnica de ultrasonido con un software especializado que permite la medición de la rigidez del tejido (Stoian et al., 2016).

La enfermedad nodular tiroidea es una de las patologías endocrinas más frecuentes. La incidencia de nódulos tiroideos ha aumentado debido a la exposición a la radiación médica, la ingesta de yodo, la obesidad y la resistencia a la insulina, la genética y los fosfatos inorgánicos. No solo ha aumentado significativamente la incidencia de cáncer de tiroides, sino que también hay un aumento en la demanda de técnicas de detección (Stoian et al., 2016).

La elastografía aporta información importante sobre la rigidez de las lesiones nodulares tiroideas, sin embargo, no se usa ampliamente en la práctica clínica y no está incluida en las principales guías endocrinas (Stoian et al., 2016).

La elastografía de ondas de corte es una nueva técnica que depende menos del operador individual, es más reproducible y cuantitativa. Hay estudios sobre la evaluación cuantitativa

de la elasticidad de los nódulos tiroideos que han documentado que los parámetros cuantitativos de la elastografía fueron significativamente diferentes entre los nódulos malignos y benignos. Sin embargo, los valores de corte óptimos del módulo de elasticidad para predecir la malignidad mostraron un amplio rango de 35 a 66 kPa con rendimientos diagnósticos variables y no se ha establecido el estándar de referencia (Park et al., 2015).

Por lo mencionado anteriormente se planteó el siguiente problema: ¿Cuál es el comportamiento del módulo de elasticidad en la predicción de cáncer de tiroides en pacientes del Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo, 2019-2020?

El objetivo general de este trabajo es evaluar el comportamiento del módulo de elasticidad en la predicción de cáncer de tiroides. Además, se establecerá un punto de corte de módulo de elasticidad en la diferenciación de nódulos tiroideos malignos y benignos. También, se establecerá un rango de distribución de módulo de elasticidad para diferenciar los nódulos tiroideos. Asimismo, se evaluará el comportamiento de módulo de elasticidad por edad y sexo.

Este trabajo está organizado en 6 capítulos: Capítulo I, Diseño teórico, que describe los antecedentes y bases teóricas; Capítulo II, Diseño Metodológico, describe la metodología y equipos y materiales utilizados en el desarrollo de esta investigación; Capítulo III, muestra los resultados del estudio a través de gráficos y tablas, Capítulo IV las discusiones de los resultados; Capítulo V, las conclusiones del estudio, y finalmente en el Capítulo VI, Recomendaciones para futuras investigaciones.

CAPÍTULO I: DISEÑO TEÓRICO

1.1 Antecedentes

Uliaque et al. (2021) evaluaron retrospectivamente la capacidad diagnóstica de la elastografía cuantitativa en 195 pacientes con el fin de determinar la posibilidad de malignidad o benignidad de los nódulos tiroideos benignos y malignos. Para ello utilizaron un ecógrafo Toshiba Aplio 500 en el modo elastografía cuantitativa. Obtuvieron un punto de corte de 25 kPa. Concluyeron que la elastografía cuantitativa, por medio del valor de la elasticidad del nódulo medido en kPa ayuda a predecir la malignidad de los nódulos tiroideos.

Kim et al. (2019) en su estudio evaluaron cuantitativamente la elastografía de onda de corte como herramienta para diferenciar el carcinoma papilar de tiroides de los nódulos tiroideos benignos. Obtuvieron un valor de punto de corte óptimo de 33,3 kPa.

Liu et al. (2015) evaluaron a pacientes mediante elastografía de ondas de corte para distinguir los nódulos tiroideos malignos de los benignos. Obtuvieron que el valor de corte más preciso fue de 39,3 kPa.

Kim et al. (2013) evaluaron a 99 pacientes, de un rango de edad de 25 y 77 años, mediante elastografía de ondas de corte, con el fin de evaluar la previsibilidad de la elastografía para la malignidad de la tiroides. Obtuvieron un punto de corte de módulo de elasticidad de 62,2 kPa. Concluyeron que la elastografía de ondas corte ayuda a diferenciar los nódulos benignos de los malignos.

Veyrieres et al. (2012) realizaron un estudio con la finalidad de evaluar un valor umbral en elastografía de ondas corte para descartar nódulos tiroideos malignos y concluyeron

que el umbral de 66 kPa en la elastografía ondas de corte es el mejor valor para descartar nódulos tiroideos malignos.

Sebag et al. (2010) sometieron a 93 pacientes, con edades desde 33 hasta 76 años, a exámenes de elastografía de ondas de corte para evaluar la rigidez de nódulos tiroideos. Establecieron como punto de corte óptimo un valor de 65 kPa.

1.2 Bases teóricas

1.2.1 Física del Ultrasonido

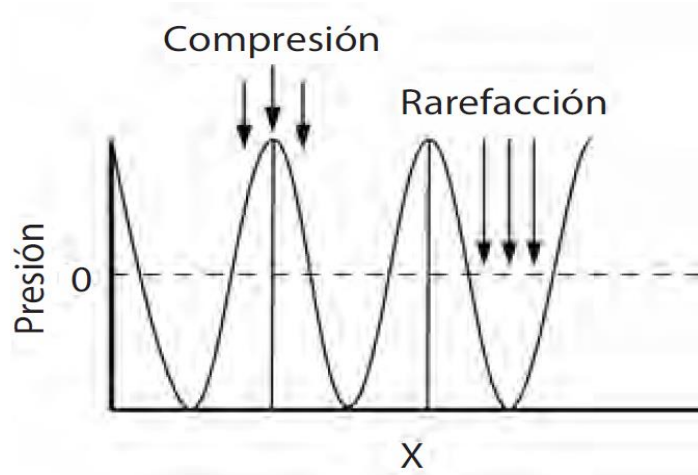
El sonido es energía mecánica transmitida mediante ondas de presión en un medio material. Se describe el sonido como la energía mecánica que realiza un trabajo al provocar movimiento físico en las partículas del medio en el que se propaga y esto, la distingue de otras formas de energía como la electromagnética (SEFM, 2018).

Durante el desplazamiento de la onda, por efecto de la vibración de las partículas, se producen compresiones y rarefacciones. En las regiones de compresión, la densidad del medio es mayor que en ausencia de la onda y por tanto las partículas están más próximas que en ausencia de la perturbación. En las regiones de rarefacción, las partículas se encuentran más distantes que en ausencia de la perturbación y la densidad del medio es menor (SEFM, 2018).

La magnitud que se usa para caracterizar la intensidad de una onda sonora es la amplitud de la presión acústica y está relacionada con las variaciones de densidad producidas en el medio. En una onda sonora, las regiones de compresión conllevan un aumento de la presión con respecto a la presión atmosférica y las regiones de rarefacción una disminución de presión. La amplitud de la presión acústica se define como el máximo

incremento de presión con respecto a la presión atmosférica existente en ausencia de onda sonora (SEFM, 2018).

Figura 1. Gráfica de representación de una onda sonora (SEFM, 2018).



Se puede formular una descripción matemática de una onda de presión, $p(x, t)$, que se propaga a lo largo de una dimensión espacial, x , a través de un medio fluido homogéneo, no atenuante, a partir de la ecuación de Euler (IAEA, 2014):

$$\frac{\partial}{\partial x} p(x, t) + \rho_0 \frac{\partial}{\partial x} u(x, t) = 0 \quad (1)$$

y la ecuación de continuidad:

$$\frac{\partial}{\partial t} p(x, t) + \frac{1}{\kappa} \frac{\partial}{\partial x} u(x, t) = 0 \quad (2)$$

En las ecuaciones (1) y (2), ρ_0 es la densidad de masa no perturbada del medio, κ es la compresibilidad del medio (es decir, el cambio fraccionario en volumen por unidad de presión en unidades de Pa^{-1}), y $u(x, t)$ es la velocidad de la partícula producida por la onda (IAEA, 2014).

La ecuación de Euler, que se puede derivar a partir de la segunda ley del movimiento de Newton, establece que la perturbación de la presión acelera los volúmenes incrementales que componen el medio. La ecuación de continuidad, que se puede derivar escribiendo un balance de masa para un volumen incremental del medio, establece que un flujo neto de material en un volumen incremental produce un cambio local en la presión. Estas ecuaciones de primer orden se pueden combinar para obtener la ecuación de onda acústica (IAEA, 2014):

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} p(x, t) - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} p(x, t) = 0 \quad (3)$$

Donde $c = 1/\sqrt{\rho_0 \kappa}$ es la velocidad del sonido.

Una solución monocromática de onda plana a la ecuación (3) viene dada por:

$$p(x, t) = P \cos(\omega t - kx) = 0 \quad (4)$$

donde P es la amplitud de la onda, $\omega = 2\pi f$ es la frecuencia en radianes correspondiente a la frecuencia cíclica, f , en hercios, y $k = 2\pi/\lambda = 2\pi f/c$ es el número de onda correspondiente a la longitud de onda, λ , que se relaciona con la frecuencia y la velocidad del sonido por $c = f\lambda$ (IAEA, 2014).

La velocidad c a la que se propagan las ondas sonoras en un medio depende de las características físicas de ese medio. En el caso de propagación en líquidos o en tejidos biológicos, la velocidad de las ondas sonoras depende de la densidad y la compresibilidad del medio:

$$c = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \quad (5)$$

donde B ($\text{kg} / (\text{m} \cdot \text{s}^2)$) o B (Pa) es el módulo de compresibilidad y ρ (kg/m^3) es la densidad. Por su parte, el módulo de compresibilidad es definido como el cociente entre la presión ejercida y la disminución relativa de volumen:

$$B = -\frac{\Delta P}{\Delta V/V} \quad (6)$$

siendo P (Pa) la presión, y V (m^3) el volumen.

La velocidad de propagación del sonido en diferentes medios y tejidos biológicos se visualiza en la tabla 1.

Tabla 1. Velocidad de propagación del sonido en diferentes medios y tejidos (SEFM, 2018).

Material	Velocidad del sonido (m/s)	Material	Velocidad del sonido (m/s)
Aire	330	Agua	1480
Plomo	2400	Aluminio	6400
Tejido	Velocidad del sonido (m/s)	Tejido	Velocidad del sonido (m/s)
Pulmón	600	Grasa	1460
Cerebro	1520	Hígado	1555
Sangre	1560	Riñón	1565
Músculo	1600	Nervio óptico	1615
Ojo	1620	Hueso	4080

La velocidad del sonido en tejidos biológicos es un parámetro muy importante en la formación de imágenes ya que los ecógrafos se calibran para una velocidad de 1540 m/s, que es la resultante de hacer la media de las velocidades de propagación en tejidos blandos (excluyendo los pulmones) (SEFM, 2018).

1.2.1.1 Impedancia Acústica

La impedancia acústica se define como el producto de la densidad del medio y la velocidad de propagación del sonido en dicho medio, debido a lo cual esta magnitud variará cuando cambien las características físicas del medio de propagación (SEFM, 2018):

$$Z = \rho c \quad (7)$$

El nombre especial de la unidad de impedancia acústica, Z , es rayl, cuya dimensión en unidades SI es $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, o $(\text{N} \cdot \text{s} / \text{m}^3)$ (SEFM, 2018).

En la tabla 2 se detallan las densidades e impedancias acústicas de distintos tejidos biológicos (SEFM, 2018):

Tabla 2. Densidad e impedancias acústicas de distintos tejidos biológicos (Dowsett, David J.; Kenny, Patrick A.; Johnston, 2006).

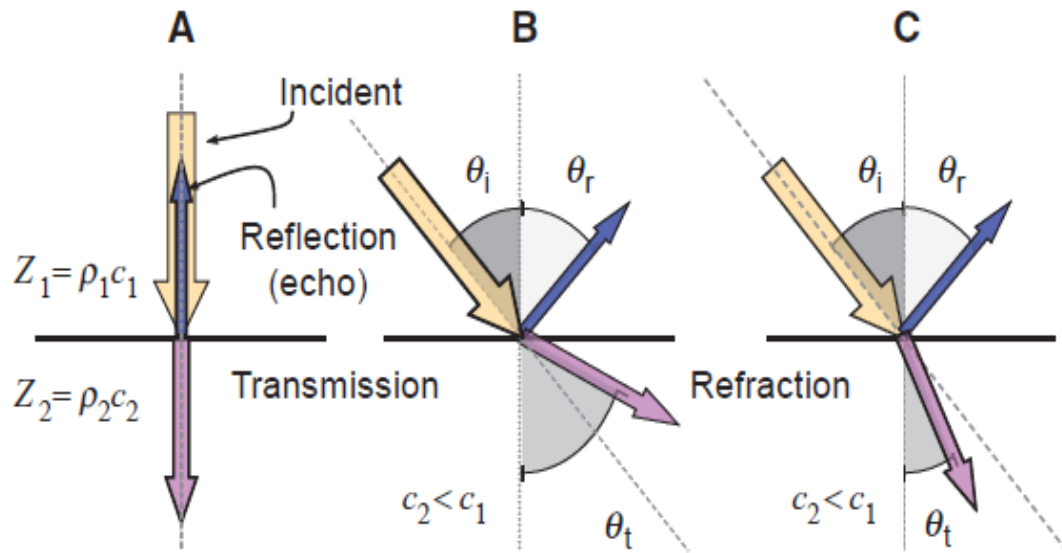
Material	Density, ρ (kg m^{-3})	Acoustic impedance, Z ($\text{kg m}^{-3} \text{s}^{-1}, \times 10^{-6}$)
Air	1,3	0,00043
Fat	970	1,42
Castor oil	933	1,40
Water	1000	1,48
Soft tissue	<1000	~1,45
Brain	1020	1,56
Blood	1020	1,60
Kidney	1030	1,61
Liver	1060	1,64
Muscle	1040	1,63
Eye lens	1130	1,83
Bone	1700	6,12

1.2.1.2 Interacción con la materia

Las interacciones del sonido están determinadas por las propiedades acústicas de la materia. A medida que la energía acústica se propaga a través de un medio, las interacciones incluyen reflexión, refracción, dispersión y absorción. La reflexión ocurre en los límites del tejido donde hay una diferencia en la impedancia acústica de los materiales adyacentes. Cuando el haz incidente es perpendicular al límite, una fracción del haz (un eco) regresa directamente a la fuente; la fracción transmitida del haz continúa en la dirección inicial (Bushberg et al., 2011).

Para incidencia no normal, el ángulo de incidencia es el formado con respecto a la incidencia normal; el ángulo reflejado es igual al ángulo incidente. La refracción describe el cambio de dirección de la energía sonora transmitida con incidencia no perpendicular. La dispersión ocurre por reflexión o refracción, generalmente por pequeñas partículas dentro del medio, hace que el haz se difunda en muchas direcciones. La atenuación se refiere a la pérdida de intensidad del haz por absorción y dispersión en el medio. La absorción es el proceso por el cual la energía acústica se convierte en energía térmica, por lo que la energía del sonido se pierde y no se puede recuperar (Bushberg et al., 2011).

Figura 2. Reflexión, Transmisión y Refracción (Bushberg et al., 2011).



1.2.1.3 Ultrasonido (US)

El término ultrasonido se refiere específicamente a las ondas acústicas en frecuencias mayores que la frecuencia máxima audible para los humanos, que nominalmente es de 20 kHz. La imagen diagnóstica se realiza generalmente utilizando ultrasonido en el rango de frecuencia de 2–15 MHz. La elección de la frecuencia está determinada por una compensación entre la resolución espacial y la profundidad de penetración, ya que las ondas de mayor frecuencia pueden enfocarse más estrechamente, pero el tejido las atenúa más rápidamente (IAEA, 2014).

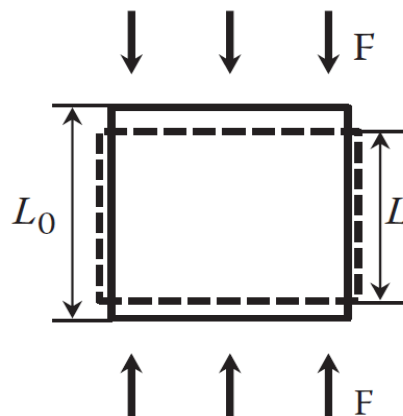
En las imágenes de ultrasonido, se envía un pulso corto de energía mecánica a los tejidos. El pulso viaja a la velocidad del sonido y, con cambios en las propiedades acústicas del tejido, una fracción del pulso se refleja como un eco que regresa a la fuente. La recopilación de los ecos a lo largo del tiempo y el registro de las amplitudes de los ecos proporcionan información sobre los tejidos a lo largo de la ruta de viaje. La repetición del proceso cientos de veces con un pequeño cambio incremental en la

dirección del pulso interroga un volumen, a partir del cual se puede sintetizar una imagen tomográfica en escala de grises. La generación de los pulsos de sonido y la detección de los ecos se logran con un transductor, que también dirige el pulso de ultrasonido a lo largo de una trayectoria lineal a través del paciente. A lo largo de una trayectoria de haz dada, la profundidad de una estructura productora de eco se determina a partir del tiempo entre la emisión del pulso y el retorno del eco, y la amplitud del eco se codifica como un valor de escala de grises (Bushberg et al., 2011).

1.2.2 Física de la Elastografía

La elasticidad es la propiedad de un cuerpo que hace que recupere su forma original después de la deformación. Cuando un cuerpo se deforma (es decir, cambia de forma y/o volumen) por una fuerza externa F , surgen fuerzas internas elásticas para mantener la forma original del cuerpo. Estas fuerzas internas son mayores para los materiales "rígidos"; en consecuencia, la deformación de materiales rígidos requiere un esfuerzo más significativo. Por lo tanto, la elasticidad de un material se puede describir como su resistencia a la deformación (Markey, 2013).

Figura 3. Compresión uniaxial



La Figura 3 presenta la deformación uniaxial de una muestra cúbica, donde las fuerzas normales se aplican en las superficies superior e inferior de la muestra. La fuerza dividida por el área de la sección transversal se llama "esfuerzo", que comúnmente tiene unidades de pascales (Pa) o Newton por metro cuadrado (N/m²).

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

El cambio en la forma o el volumen que induce un esfuerzo se puede cuantificar mediante la "deformación". La deformación normal o axial se define como un cambio relativo en la longitud bajo deformación. La deformación es adimensional y es representada como:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

La ley de Hooke para medios elásticos define la relación entre el esfuerzo aplicado, σ y la deformación, ε , como:

$$\sigma = E\varepsilon$$

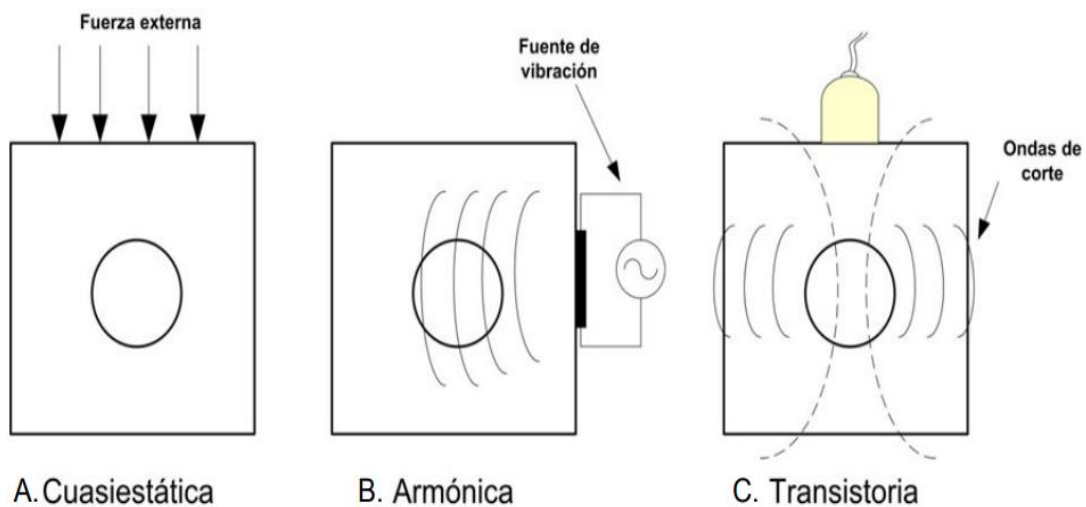
donde E es la relación de esfuerzo uniaxial a la deformación uniaxial correspondiente y se denomina módulo de elasticidad de Young.

El módulo de Young es una medida de la rigidez de un material elástico y es el módulo de elasticidad más común utilizado en imágenes de elasticidad para describir las propiedades elásticas del tejido. Para deformar un tejido más rígido, se debe aplicar mayor tensión; por lo tanto, estos tejidos tienen un módulo de Young mayor. Otros módulos elásticos comúnmente utilizados en la teoría de la elasticidad son el módulo de volumen, K, y el módulo de corte, μ (Markey, 2013).

1.2.2.1 Elastografía

El término "elastografía" se utiliza para describir técnicas que proporcionan información relacionada con la rigidez de los tejidos. Desde hace tiempo se sabe que los tejidos enfermos, como los tumores, son más rígidos que el tejido normal circundante. De hecho, uno de los métodos de diagnóstico más antiguos es la evaluación de la rigidez de los tejidos mediante palpación; si se encuentra un bulto rígido, el bulto puede estar enfermo (Markey, 2013).

Figura 4. Representación de la clasificación de la elastografía de acuerdo a la fuerza aplicada (Saavedra et al., 2014).

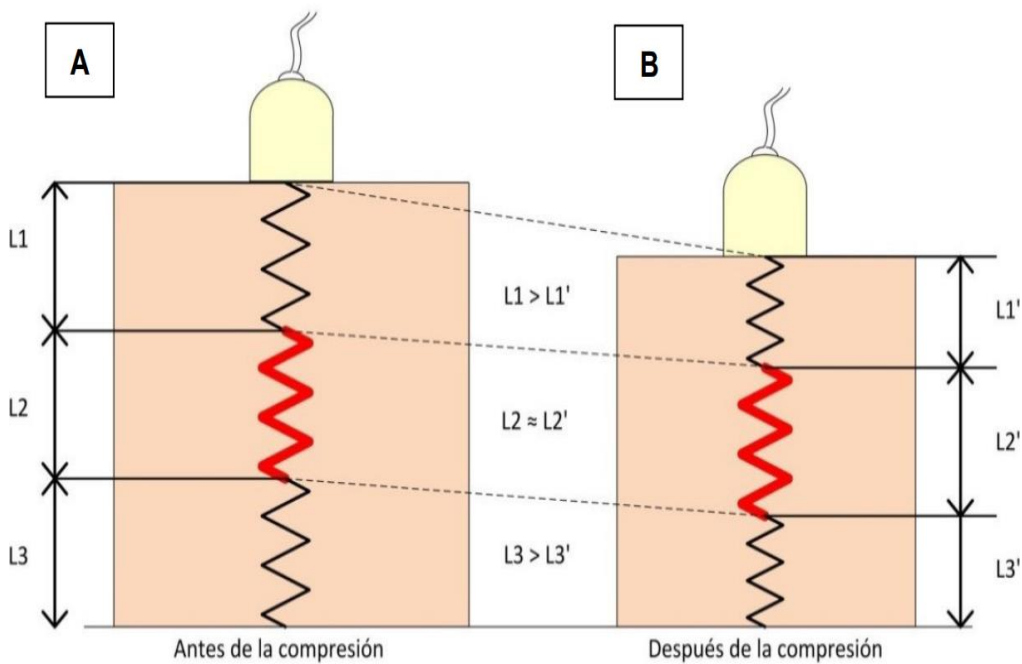


Elastografía Strain

En esta técnica se comparan las respuestas obtenidas a señales de radiofrecuencia emitidas por el ultrasonido antes y después de una ligera compresión cuasiestática en un mismo lugar. El concepto se basa en la relación tensión-deformación bajo la aplicación de una fuerza externa sobre el tejido, similar a los métodos de palpación. Además, aprovechando que los tejidos se deforman al ser sometidos a un empuje y al retirar esta fuerza regresan a su forma inicial, se pueden obtener parámetros elásticos en función a la respuesta luego de la compresión (Saavedra et al., 2014).

Por un lado, los tejidos sanos presentan un módulo de elasticidad bajo, lo cual significa que se comprimen más; mientras que los tejidos duros, presentan un módulo de elasticidad alto y no tienden a comprimirse. En la figura 5, podemos observar este comportamiento. El tejido está representado por un resorte; en donde el resorte rojo indica tejido duro y los de color negro tejido blando. Al momento de realizar la compresión, podemos notar que el tejido blando se comprime, mientras que el tejido duro mantiene casi su misma longitud (Saavedra et al., 2014).

Figura 5. Representación de elastografía strain (Saavedra et al., 2014).

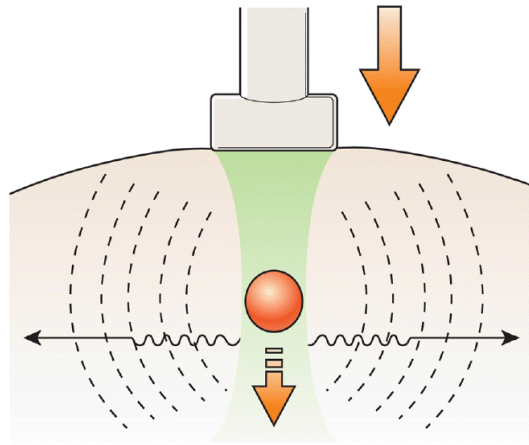


Elastografía Shear Wave (Ondas de Corte)

La elastografía shear wave (SWE) emplea un esfuerzo dinámico para generar ondas de corte en las dimensiones paralelas o perpendiculares. La medición de la velocidad de la onda de corte da como resultado estimaciones cualitativas y cuantitativas de la elasticidad del tejido.

En esta técnica se utiliza un transductor de alta frecuencia que emite este haz ultrasónico focalizado para producir la FRA (Fuerza de radiación acústica). Esta FRA genera las ondas de corte (Figura 6), que son detectadas y registradas en tiempo real. Las ondas de corte se propagan hacia afuera del haz de ultrasonidos. Se obtendrá la velocidad de propagación de dichas ondas además de obtener una imagen. Para estimar la velocidad de las ondas de corte, el transductor tiene que medir la respuesta en al menos dos puntos y así, a partir del desplazamiento y el tiempo, calcular dicha velocidad.

Figura 6. Elastografía por ondas de corte.



La velocidad de ondas de corte puede ser medida y usada para evaluar la rigidez calculando el módulo elástico de Young de acuerdo a la fórmula:

$$E = 3\rho v^2$$

Donde: E : Módulo de Young (kPa), v : velocidad de onda de corte (cm.s^{-1}); ρ : densidad del tejido (kg.m^{-3})

1.2.2.2 Elastograma

Los elastogramas se visualizan simultáneamente con un sonograma para identificar el área de anomalía. Esto se puede hacer con una representación de escala de grises o una superposición de color semitransparente del elastograma sobre el sonograma. En los elastogramas de escala de grises, las lesiones más rígidas son más oscuras y parecen aumentar de tamaño en comparación con los sonogramas. En la imagen de superposición de colores, depende de la barra de color (Figura 7) (Gupta, Chowdhury, & Khandelwal, 2013).

Figura 7. Barras de color de los elastogramas.



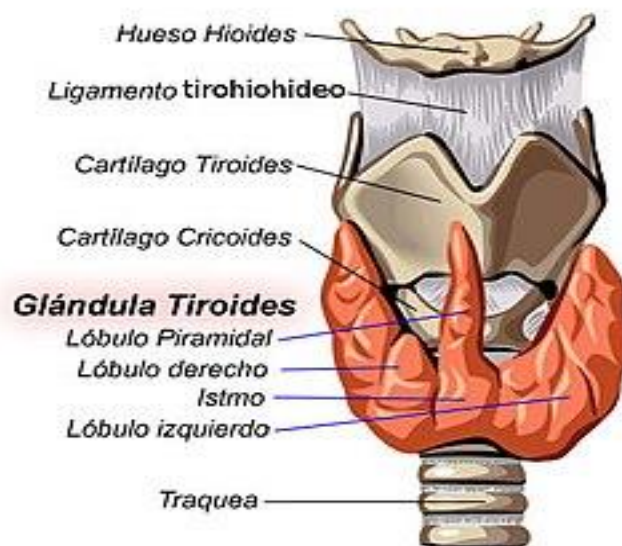
1.2.3 Anatomía Tiroidea

1.2.3.1 Glándula Tiroides

La glándula tiroides (Figura 8) se encuentra ubicada debajo de la laringe y tiene forma de mariposa. Está formada por los lóbulos laterales derecho e izquierdo, uno a cada lado de la tráquea, conectados por un istmo (pasaje angosto) anterior a la tráquea. A veces

un lóbulo piramidal pequeño se extiende hacia arriba desde el istmo. La masa normal de tiroides es aproximadamente 0,030 kg. Está muy vascularizada y recibe 80-120 ml de sangre por minuto (en unidades del S.I. es $0,0000013 - 0,000002 \text{ m}^3/\text{s}$) (Tortora & Derrickson, 2013).

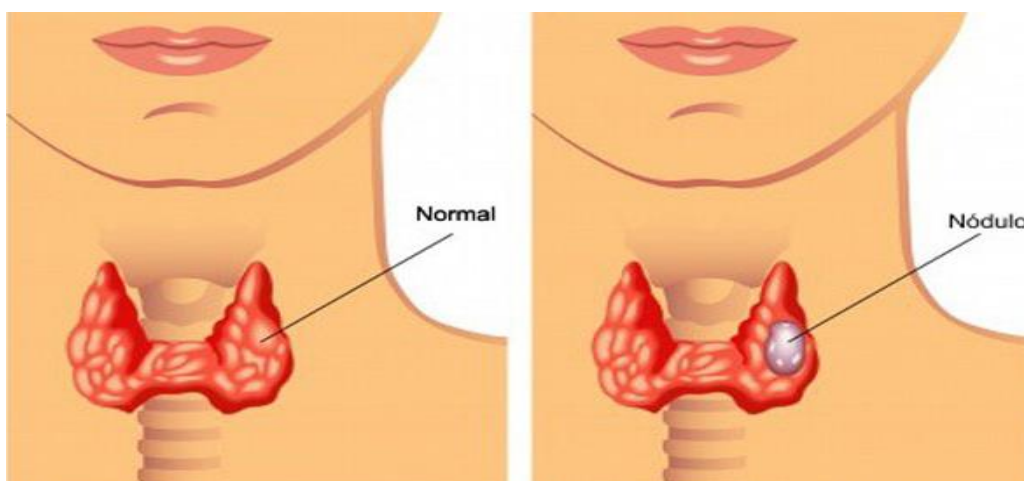
Figura 8. Glándula Tiroides.



1.2.3.2 Nódulo Tiroideo

Un nódulo tiroideo se define como cualquier crecimiento anormal de las células tiroideas que forman un tumor dentro de la tiroides (Figura 9). A pesar de que gran parte de los nódulos tiroideos son benignos, una pequeña parte de estos nódulos son cancerosos. La mayoría de los nódulos de tiroides necesitan algún tipo de evaluación para diagnosticar y tratar el cáncer de tiroides en estadios tempranos (American Thyroid Association, 2018).

Figura 9. Nódulo Tiroideo.



1.2.3.3 Cáncer de Tiroides

El cáncer de tiroides es el cáncer endocrino más común. El cáncer de tiroides es un tumor o crecimiento maligno que se forma en la glándula tiroides. También llamado carcinoma de tiroides, y su incidencia ha aumentado en los últimos años. Este cáncer es más común en mujeres que en hombres. Más de 7 de cada 10 personas diagnosticadas con cáncer de tiroides son mujeres. El pronóstico de una persona con cáncer de tiroides depende de diferentes factores, tales como, el tamaño del tumor, si la enfermedad se ha propagado (metástasis) a otras partes del cuerpo (especialmente a sitios distantes) y la edad de los pacientes en el momento del diagnóstico (ThyCa, 2016).

Cáncer papilar de tiroides

El cáncer papilar de tiroides es el más común y representa alrededor del 80% de todos los cánceres de tiroides. El cáncer de tiroides papilar por lo general no crece muy rápidamente, sin embargo, frecuentemente se puede diseminar a los ganglios linfáticos del cuello. Además, se puede propagar a otras partes del cuerpo (ThyCa, 2016).

Cáncer folicular de tiroides

El cáncer de tiroides folicular representa alrededor del 10-15% de todos los cánceres de tiroides. El cáncer de tiroides de células de Hürthle, a veces considerado una variante del folicular, representa alrededor del 3% de todos los cánceres de tiroides. Por lo general, los cánceres foliculares de tiroides no se diseminan a los ganglios linfáticos, sin embargo, pueden propagarse a otras partes del cuerpo, como los pulmones o los huesos (ThyCa, 2016).

Cáncer medular de tiroides

El cáncer medular de tiroides (MTC) representa alrededor del 2 al 3% de todos los cánceres de tiroides. Se desarrolla en las células C de la glándula tiroides. El cáncer medular de tiroides es más fácil de tratar y controlar si se detecta antes de que se propague a otros órganos. A veces se propaga antes de que se descubra un nódulo tiroideo (ThyCa, 2016).

Cáncer anaplásico de tiroides

El carcinoma anaplásico de tiroides (ATC) es el tipo menos común de cáncer de tiroides. Representa solo alrededor del 1% de todos los cánceres de tiroides. Se ve más comúnmente en personas mayores de 60 años que en personas más jóvenes. El cáncer de tiroides anaplásico también se conoce como cáncer de tiroides indiferenciado. Como resultado, estos tumores son resistentes al yodo radiactivo. Este tipo de cáncer de tiroides, el más raro, es difícil de controlar y tratar porque es muy agresivo y puede diseminarse rápidamente dentro del cuello y a otras partes del cuerpo (ThyCa, 2016).

1.2.4 Puntos de Corte de variables continuas

De forma genérica, las variables se pueden clasificar en categóricas o continuas. Las variables categóricas son un número finito de categorías, como el sexo y el estadio oncológico (I-IV). Las variables continuas son variables numéricas con infinitos valores posibles entre dos valores cualesquiera. Los puntos de corte se pueden usar en variables continuas para "discretizar" un valor cuantitativo en diferentes categorías, proporcionando puntos de referencia por los cuales los individuos se clasificarán en un grupo. La gran ventaja de aplicar puntos de corte es que los parámetros de umbral facilitan la toma de decisiones. En la práctica clínica, los médicos necesitan saber en qué grupo se encuentran sus pacientes para establecer el diagnóstico, tratamiento o pronóstico adecuado (TUSTUMI, 2022).

Clasificar variables continuas es común en estudios médicos y epidemiológicos por muchas razones clínicas y estadísticas. Desde el punto de vista clínico, las variables continuas proporcionan varias ventajas como: (a) ofrecer una clasificación simple de riesgo (“alto” y “bajo”, “presencia” y “ausencia”), (b) modelar criterios de elegibilidad para los estudios prospectivos, (c) establecer criterios diagnósticos para la enfermedad, recomendar tratamiento diagnóstico, (d) estimar el pronóstico de la enfermedad y (e) la imposición de un umbral biológico. Desde un punto de vista estadístico, las variables continuas ofrecen una interpretación más simple a través de las medidas de asociación utilizadas en los modelos estadísticos correspondientes (Fuentes, 2013).

Los puntos de corte se pueden identificar en función de métodos orientados a datos, como la media, la mediana, el cuartil o determinados percentiles (TUSTUMI, 2022).

CAPÍTULO II: DISEÑO METODOLÓGICO

2.1 Diseño de contrastación de hipótesis / Procedimiento a seguir

2.1.1 Diseño de contrastación de hipótesis

Esta investigación es cuantitativa de diseño descriptivo, retrospectivo y observacional.

2.1.2 Procedimiento a seguir

Se realizó la recolección de elastogramas de pacientes con edades entre 23 y 78 años, que fueron atendidos en el Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo, desde el 01 de septiembre del 2019 hasta el 31 de enero del 2020. Al obtener los datos de edad, sexo y módulo de elasticidad de nódulo tiroideo en cada paciente, se evaluó estadísticamente y se estableció un punto de corte, que corresponde al valor de la mediana de la distribución normalizada, el cual será un indicador para predecir cáncer de tiroides, según benignidad o malignidad del nódulo tiroideo. Además, se estableció rangos de distribución de módulo de elasticidad según su probabilidad para diferenciar los nódulos tiroideos en cuatro categorías: “Alta sospecha de benignidad”, para valores menores al primer cuartil de la mediana; “Leve sospecha de benignidad”, para valores comprendidos entre el primer cuartil y el segundo cuartil de la mediana; “Leve sospecha de malignidad”, para valores comprendidos entre el segundo cuartil y el tercer cuartil de la mediana; y “Alta sospecha de malignidad”, para valores mayores o igual al tercer cuartil de la mediana. Asimismo, se evaluó el comportamiento de módulo de elasticidad por edad y sexo.

2.2 POBLACIÓN, MUESTRA

La población estuvo compuesta por pacientes atendidos con sospecha de patologías tiroideas, desde septiembre del 2019 hasta enero del 2020, en el área de endocrinología

del Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo, para una población objetivo de 158 pacientes, con un nivel de confianza del 95 %, precisión de ± 2 kPa y varianza obtenida de 280 de un muestreo piloto de la población objetivo. Y aplicando la ecuación:

$$n = \frac{N \cdot Z_{\alpha}^2 \cdot S^2}{\delta^2(N - 1) + Z_{\alpha}^2 \cdot S^2}$$
$$n = \frac{(158) \cdot (1,96)^2 \cdot (280)}{(2)^2(158 - 1) + (1,96)^2 \cdot (280)}$$
$$n = 99$$

La muestra para este estudio fue 99 pacientes, y se aplicó los siguientes criterios de inclusión y exclusión.

Los criterios de inclusión fueron:

- _ Edad de 18 años o más.
- _ Pacientes que estaban programados para someterse a biopsia o cirugía de tiroides.
- _ Los pacientes que habían obtenido nódulos tiroideos sólidos o muy sólidos mediante ecografía.

Los criterios de exclusión fueron:

- _ Edad menor de 18 años
- _ Antecedentes de biopsia de tiroides.
- _ Antecedentes de radioterapia o cirugía en la cabeza y regiones del cuello e historial de farmacoterapia previa para los nódulos tiroideos.

_Presencia de nódulos quísticos.

2.3 Equipos y Materiales

2.3.1 Sistema de Ultrasonido CANON APLIO 300

El equipo de Ultrasonido cuenta con el modo de elastografía de ondas de corte (shear wave), el cual fue usado por el médico especialista para examinar la tiroides a cada paciente. Este equipo cuenta con transductores y un monitor para visualizar la imagen obtenida.

Figura 10. Sistema de Ultrasonido CANON APLIO 300.



2.3.2 Laptop

La laptop marca LENOVO Core i5, cuenta con una memoria RAM de 6 GB y un sistema operativo Windows 10 de 64 bits.

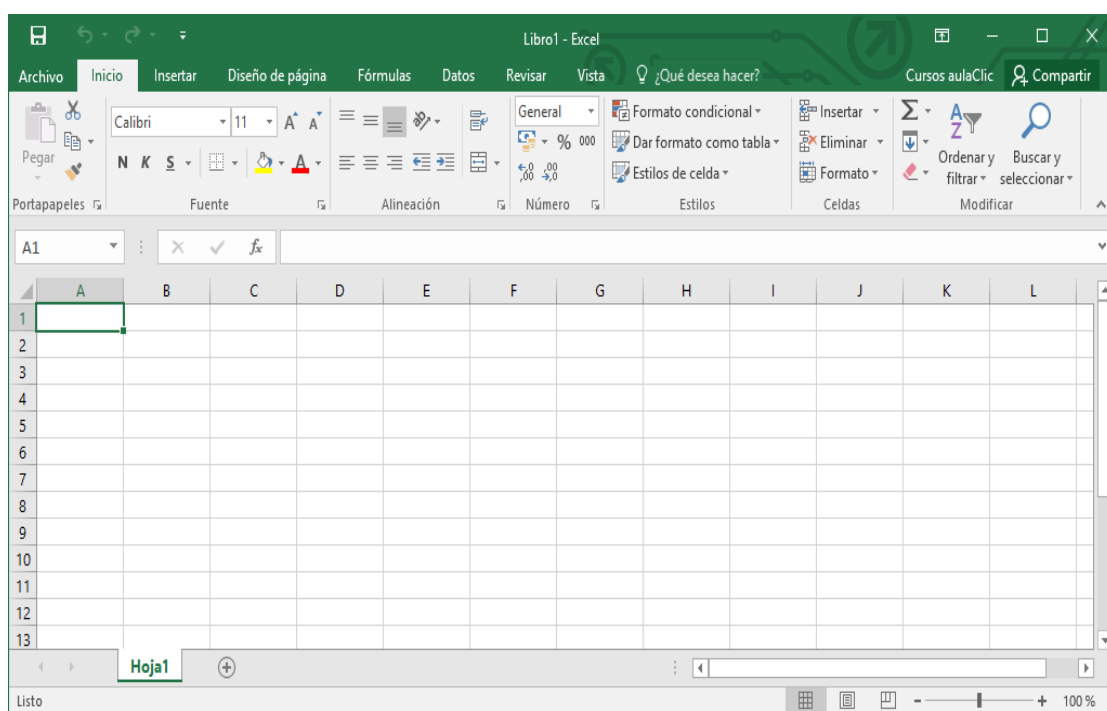
Figura 11. Laptop LENOVO Core i5.



2.3.3 Hoja de cálculo

Las hojas de cálculo del programa Microsoft Excel 2019, usadas para el registro y evaluación de datos.

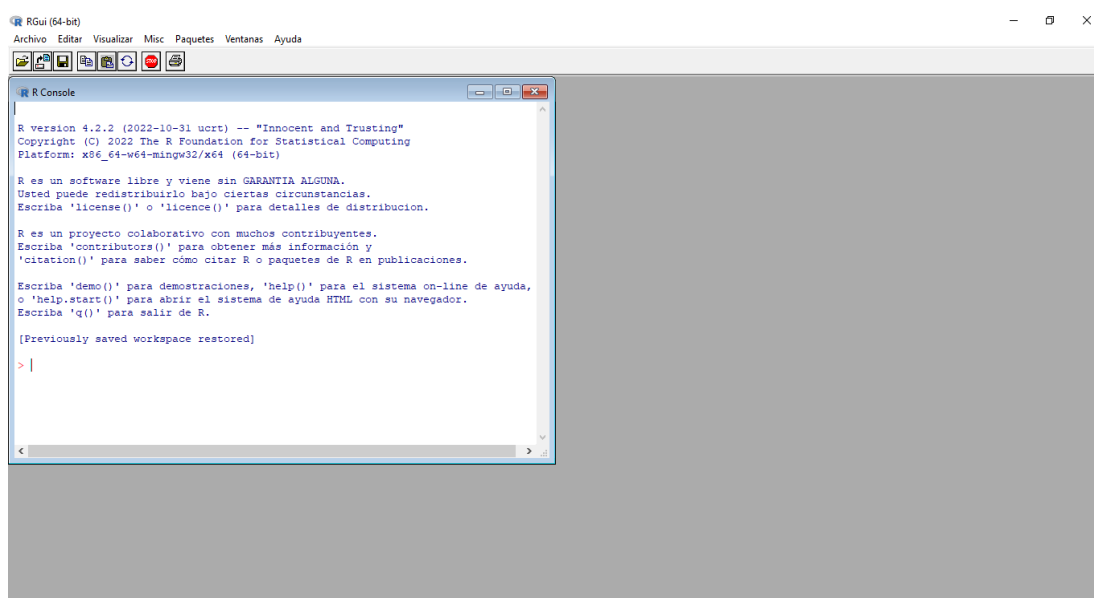
Figura 12. Hoja de Cálculo Excel.



2.3.4 Software R

R es un software libre, y fue usado para la elaboración de gráficos y evaluación estadística de datos.

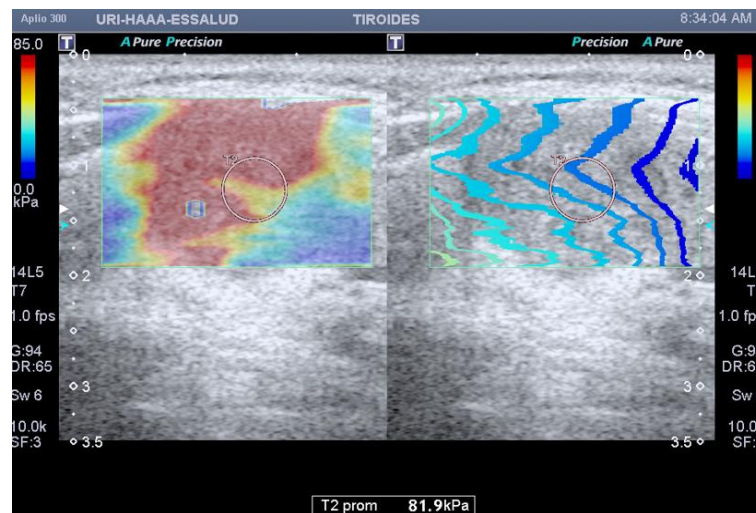
Figura 13. Entorno software R.



2.3.5 Elastograma

Los elastogramas, obtenidos por el equipo de Ultrasonido, en los cuales se muestra el módulo de elasticidad de tiroides de cada paciente.

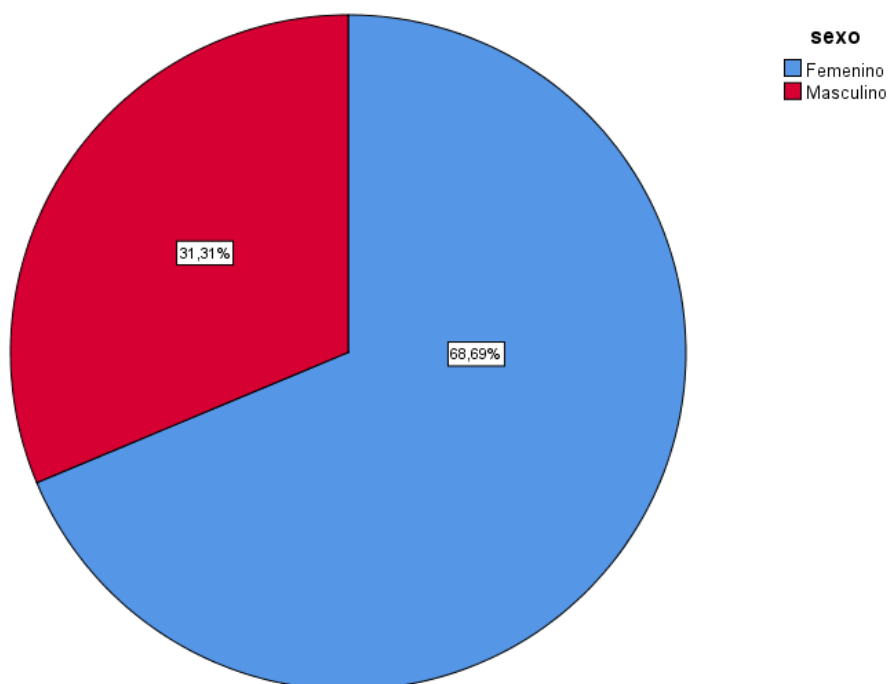
Figura 14. Elastograma.



CAPÍTULO III: RESULTADOS

Se analizaron, en total, 99 pacientes (mediana de edad, 55 años; rango 23-78 años), de ellos 68 (68,69 %) fueron mujeres (mediana de edad, 54 años; rango 23-78 años) y 31 (31,31%) fueron hombres (mediana de edad, 58 años; rango 25-78 años).

Figura 15. Diagrama sectorial con la distribución de la muestra por sexo.



Los datos recolectados en esta investigación se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Relación de pacientes sometidos a elastografía. Departamento de diagnóstico por imágenes. Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo.

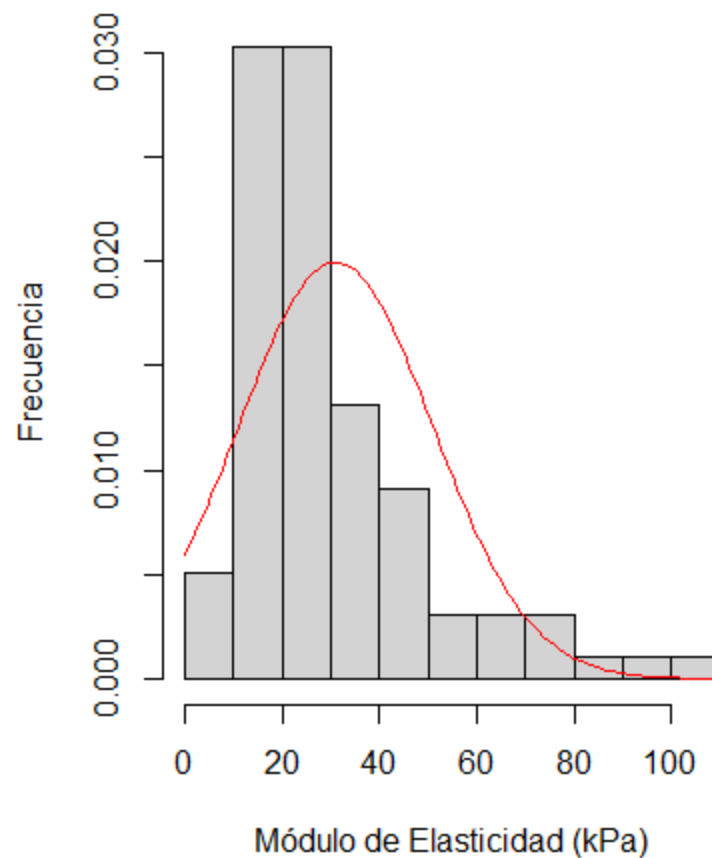
Pacientes	Edad	Sexo	Módulo de Elasticidad (kPa)
P1	38	F	31,00
P2	42	M	30,00
P3	65	M	18,00
P4	75	F	27,00
P5	65	F	30,00

P6	42	F	60,00
P7	49	F	38,00
P8	41	F	26,80
P9	67	M	26,00
P10	65	M	9,10
P11	50	F	17,70
P12	40	F	25,00
P13	64	F	24,00
P14	45	F	33,00
P15	52	F	40,00
P16	60	F	10,30
P17	48	F	20,70
P18	54	F	50,00
P19	67	F	24,00
P20	76	F	17,00
P21	40	M	35,00
P22	25	M	23,00
P23	68	F	60,00
P24	59	F	17,00
P25	54	M	28,00
P26	62	M	17,00
P27	23	F	18,70
P28	49	F	85,00
P29	78	M	20,00
P30	76	M	14,00
P31	54	F	21,80
P32	54	M	18,50
P33	70	M	30,00
P34	56	M	17,40
P35	57	F	49,70
P36	46	F	21,30
P37	56	F	29,00
P38	52	F	13,70
P39	50	M	24,00
P40	70	F	22,00
P41	61	F	30,00
P42	50	F	38,00
P43	69	F	79,00
P44	60	F	50,00
P45	48	M	40,00
P46	28	F	80,00
P47	44	F	20,70

P48	47	M	50,00
P49	57	F	21,60
P50	57	F	44,30
P51	52	F	24,00
P52	45	F	31,80
P53	63	F	23,60
P54	47	M	17,00
P55	60	M	10,00
P56	59	F	14,00
P57	67	M	14,00
P58	25	F	23,00
P59	61	F	12,40
P60	28	F	18,70
P61	78	F	34,00
P62	38	F	46,00
P63	76	F	14,00
P64	57	F	17,40
P65	51	M	5,90
P66	78	F	61,80
P67	70	F	12,80
P68	48	M	23,00
P69	45	F	9,80
P70	72	F	65,40
P71	38	F	27,00
P72	62	M	26,00
P73	77	M	14,60
P74	58	F	104,8
P75	61	F	60,00
P76	25	F	80,00
P77	65	F	24,00
P78	50	F	32,00
P79	31	F	29,10
P80	54	M	70,00
P81	55	F	18,00
P82	31	F	20,00
P83	48	F	6,00
P84	59	M	20,00
P85	66	M	50,00
P86	40	F	27,00
P87	66	M	14,00
P88	66	M	20,00
P89	58	F	23,00
P90	32	F	14,00

P91	69	F	17,00
P92	36	F	47,00
P93	54	M	32,60
P94	61	F	20,00
P95	48	M	30,50
P96	52	F	37,00
P97	58	M	50,00
P98	55	F	92,70
P99	47	F	15,00

Figura 16. Distribución de los datos de Módulo de Elasticidad.



El histograma de frecuencias referido a los datos del módulo de elasticidad en la figura 16, muestran la distribución de frecuencia subyacente, ajustando los datos a una función de densidad se observa que presentan una curva con asimetría positiva y al aplicar el Test de Kolmogorov – Smirnov se estableció si los datos de módulo de elasticidad en las

puntuaciones que se han obtenido de la muestra siguen o no una distribución normal, que es la que se necesita para poder establecer un punto de corte que permita clasificar las puntuaciones del módulo de elasticidad correspondiente a malignidad o benignidad respecto a la tiroides.

Tabla 4. Test de Kolmogorov-Smirnov del Módulo de Elasticidad.

Prueba de normalidad	Kolmogorov-Smirnov	
	Estadístico	Sig.
Módulo de Elasticidad	0,179	0,000

En la tabla 4 se aprecia el estadístico de Kolmogorov-Smirnov, que sustenta la prueba de bondad de ajuste, responde a la pregunta de: “¿la distribución muestral (empírica) se ajusta a la poblacional (teórica)?” En este caso, la hipótesis nula (H_0) estableció que la distribución empírica es similar a la distribución normal. En contraste la hipótesis alternativa (H_1) estableció que la distribución de frecuencias observada no es consistente con la distribución normal (mal ajuste); el estadístico de Kolmogorov -Smirnov arrojó un valor crítico de 0,179 y un nivel de significancia $p = 0,000$, puesto que $p < 0,05$, por lo que se rechaza la hipótesis nula y la distribución de frecuencias observada no es consistente con la distribución normal, entonces se hizo una transformación de los datos para que sigan una distribución normal y con esta distribución se obtuvo un punto de corte para la diferenciación de malignidad y no malignidad en la tiroides.

Se ensayó el cambio de variable Ln (Módulo de elasticidad) obteniéndose los datos mostrados en la Tabla 5.

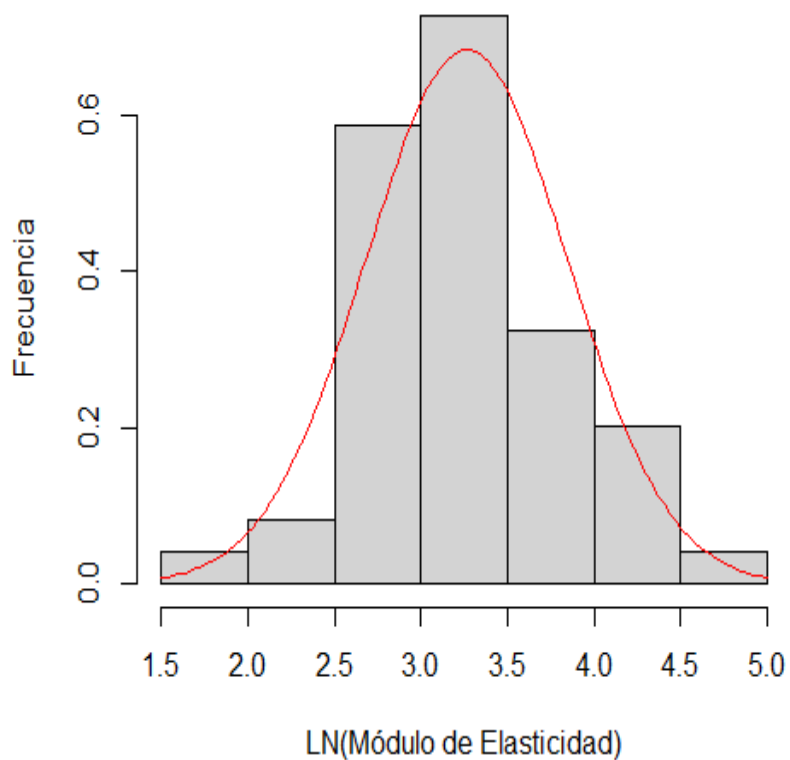
Tabla 5. Cambio de variable de pacientes sometidos a elastografía.

Pacientes	Módulo de Elasticidad (kPa)	LN (Módulo de Elasticidad)
P1	31,00	3,434
P2	30,00	3,401
P3	18,00	2,890
P4	27,00	3,296
P5	30,00	3,401
P6	60,00	4,094
P7	38,00	3,638
P8	26,80	3,288
P9	26,00	3,258
P10	9,10	2,208
P11	17,70	2,874
P12	25,00	3,219
P13	24,00	3,178
P14	33,00	3,497
P15	40,00	3,689
P16	10,30	2,332
P17	20,70	3,030
P18	50,00	3,912
P19	24,00	3,178
P20	17,00	2,833
P21	35,00	3,555
P22	23,00	3,135
P23	60,00	4,094
P24	17,00	2,833
P25	28,00	3,332
P26	17,00	2,833
P27	18,70	2,929
P28	85,00	4,443
P29	20,00	2,996
P30	14,00	2,639
P31	21,80	3,082
P32	18,50	2,918
P33	30,00	3,401
P34	17,40	2,856
P35	49,70	3,906
P36	21,30	3,059
P37	29,00	3,367
P38	13,70	2,617

P39	24,00	3,178
P40	22,00	3,091
P41	30,00	3,401
P42	38,00	3,638
P43	79,00	4,369
P44	50,00	3,912
P45	40,00	3,689
P46	80,00	4,382
P47	20,70	3,030
P48	50,00	3,912
P49	21,60	3,073
P50	44,30	3,791
P51	24,00	3,178
P52	31,80	3,459
P53	23,60	3,161
P54	17,00	2,833
P55	10,00	2,303
P56	14,00	2,639
P57	14,00	2,639
P58	23,00	3,135
P59	12,40	2,518
P60	18,70	2,929
P61	34,00	3,526
P62	46,00	3,829
P63	14,00	2,639
P64	17,40	2,856
P65	5,90	1,775
P66	61,80	4,124
P67	12,80	2,549
P68	23,00	3,135
P69	9,80	2,282
P70	65,40	4,181
P71	27,00	3,296
P72	26,00	3,258
P73	14,60	2,681
P74	104,8	4,652
P75	60,00	4,094
P76	80,00	4,382
P77	24,00	3,178
P78	32,00	3,466
P79	29,10	3,371
P80	70,00	4,248
P81	18,00	2,890

P82	20,00	2,996
P83	6,00	1,792
P84	20,00	2,996
P85	50,00	3,912
P86	27,00	3,296
P87	14,00	2,639
P88	20,00	2,996
P89	23,00	3,135
P90	14,00	2,639
P91	17,00	2,833
P92	47,00	3,850
P93	32,60	3,484
P94	20,00	2,996
P95	30,50	3,418
P96	37,00	3,611
P97	50,00	3,912
P98	92,70	4,529
P99	15,00	2,708

Figura 17. Distribución de los datos de Ln (Módulo de Elasticidad).



El histograma de frecuencias referido a los datos de Ln (módulo de elasticidad) en la figura 17, muestran la distribución de frecuencia subyacente, ajustando los datos a una función de densidad se observa que presentan una curva simétrica y al aplicar el Test de Kolmogorov – Smirnov se estableció si los datos de Ln (módulo de elasticidad) en las puntuaciones que hemos obtenido de la muestra siguen o no una distribución normal, que es la que necesitamos para poder establecer un punto de corte que nos permita clasificar las puntuaciones del módulo de elasticidad correspondiente a malignidad o benignidad respecto a la tiroides.

Tabla 6. Test de Kolmogorov-Smirnov del Módulo de Elasticidad.

Prueba de normalidad	Kolmogorov-Smirnov	
	Estadístico	Sig.
Módulo de Elasticidad	0,073	0,216

En la tabla 6 se aprecia el estadístico de Kolmogorov-Smirnov, que sustenta la prueba de bondad de ajuste, responde a la pregunta de: “¿la distribución muestral (empírica) se ajusta a la poblacional (teórica)?” En este caso, la hipótesis nula (H_0) estableció que la distribución empírica es similar a la distribución normal. En contraste la hipótesis alternativa (H_1) estableció que la distribución de frecuencias observada es consistente con la distribución normal (buen ajuste); el estadístico de Kolmogorov -Smirnov arrojó un valor crítico de 0,073 y un nivel de significancia $p = 0,216$, puesto que $p > 0,05$, por lo que no se rechaza la hipótesis nula y la distribución de frecuencias observada es consistente con la distribución normal, con esta distribución se obtuvo un punto de corte para la diferenciación de malignidad y no malignidad en la tiroides.

Se obtiene así un punto de corte de 24,00 kPa (Tabla 7) y por percentiles 25, 50 y 75 del orden de 17,60 kPa, 24,00 kPa y 38,1 kPa (Tabla 8).

Tabla 7. Punto de corte para predecir cáncer de tiroides.

Módulo de Elasticidad (kPa)	Benignos	Malignos
24,00	53	46

Tabla 8. Rango de distribución de módulo de elasticidad para diferenciar los nódulos tiroideos.

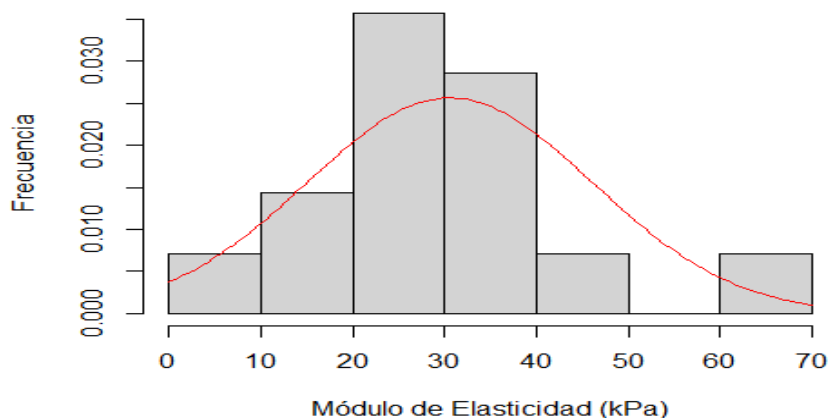
Categoría	Módulo de elasticidad (kPa)
Alta sospecha de benignidad	$[0; 17,60>$
Leve sospecha de benignidad	$[17,60; 24,00>$
Leve sospecha de malignidad	$[24,00; 38,10>$
Alta sospecha de malignidad	$\geq 38,10$

Teniendo en cuenta que el módulo de elasticidad tiene variaciones significativas en lo que respecta al incremento de edad y de que el paciente fuera hombre o mujer, en consecuencia, es necesario desarrollar una clasificación respecto de estas variables con el fin de establecer modelos de predicción.

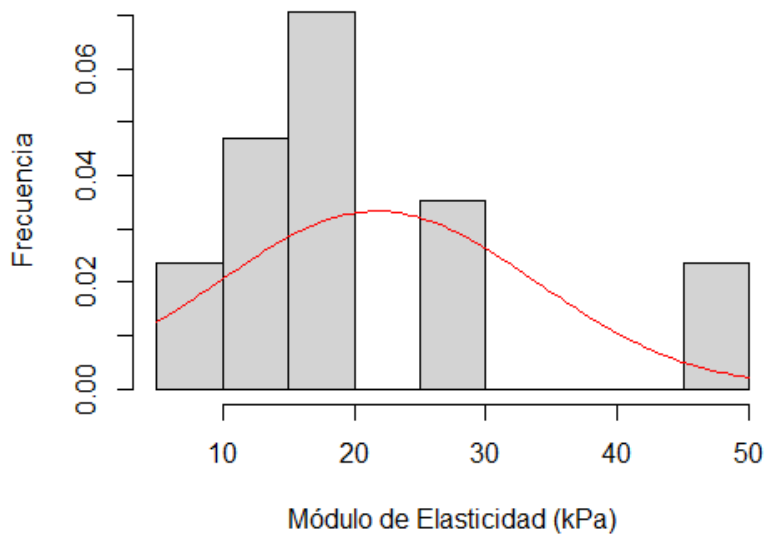
Figura 18. Distribución de los datos de módulo de elasticidad por sexo y grupos de edad

(a) Sexo masculino, menor o igual a 54 años. b) sexo masculino, mayor a 54 años.

(a)



(b)



En la figura 18 se observa los datos de módulo de elasticidad para casos de pacientes de sexo masculino con edad menor o igual a 54 años, y casos de pacientes de sexo masculino con edad mayor a 54 años. La distribución del primer grupo tiende a seguir una distribución normal tal como lo evidencia el estadístico de Shapiro-Wilk en la tabla 9, el cual arroja un valor de 0,918 y un valor $p = 0,208$ por lo que no es necesario desarrollar ningún cambio de variable y es posible establecer con los datos directos la clasificación que permita predecir los estados patológicos y no patológicos respecto al cáncer en tiroides. Para el caso de varones con edad mayor de 54 años de acuerdo al test de Shapiro-Wilk se observa un valor crítico de 0,791 con valor $p = 0,002$, por lo que con esta evidencia no es posible poder establecer una predicción por el sesgo de la distribución. Se hace necesario una conversión en la variable para obtener la distribución normal y a partir de esta distribución obtener el punto de corte para la predicción de la patología y no patología.

Tabla 9. Test de Shapiro-Wilk del Módulo de Elasticidad en pacientes con edad menor o igual a 54 años, y pacientes con edad mayor a 54 años.

Prueba de normalidad	Shapiro-Wilk	
	Estadístico	Sig.
Sexo: Masculino, edad: Menor igual 54 años	0,918	0,208
Sexo: Masculino, edad: Mayor 54 años	0,791	0,002

En el caso de los pacientes de sexo masculino con edades menores o iguales a 54 años sus datos siguen una distribución normal y es posible determinar la clasificación para la predicción de patología o no patología, que se puede visualizar en la tabla 10.

Tabla 10. Rango de distribución de módulo de elasticidad para diferenciar los nódulos tiroideos para pacientes de sexo masculino con edad menor o igual a 54 años.

Categoría	Rango
Alta sospecha de benignidad	[0; 23,00>
Leve sospecha de benignidad	[23,00; 29,00>
Leve sospecha de malignidad	[29,00; 34,40>
Alta sospecha de malignidad	$\geq 34,40$

Para el caso de los pacientes de sexo masculino con edades mayores a 54 años, la muestra no evidencia una distribución de normalidad, por lo que se realiza la transformación logarítmica a los datos de Módulo de Elasticidad.

En la figura 19 se observa que la transformación logarítmica de los datos de módulo de elasticidad tiende a seguir una distribución normal y en la tabla 11 se aprecia el estadístico de Shapiro-Wilk, el cual arroja un valor de 0,935 y un valor $p = 0,267$.

Figura 19. Distribución de los datos de Ln (Módulo de Elasticidad) para pacientes de sexo masculino y edades mayores de 54 años.

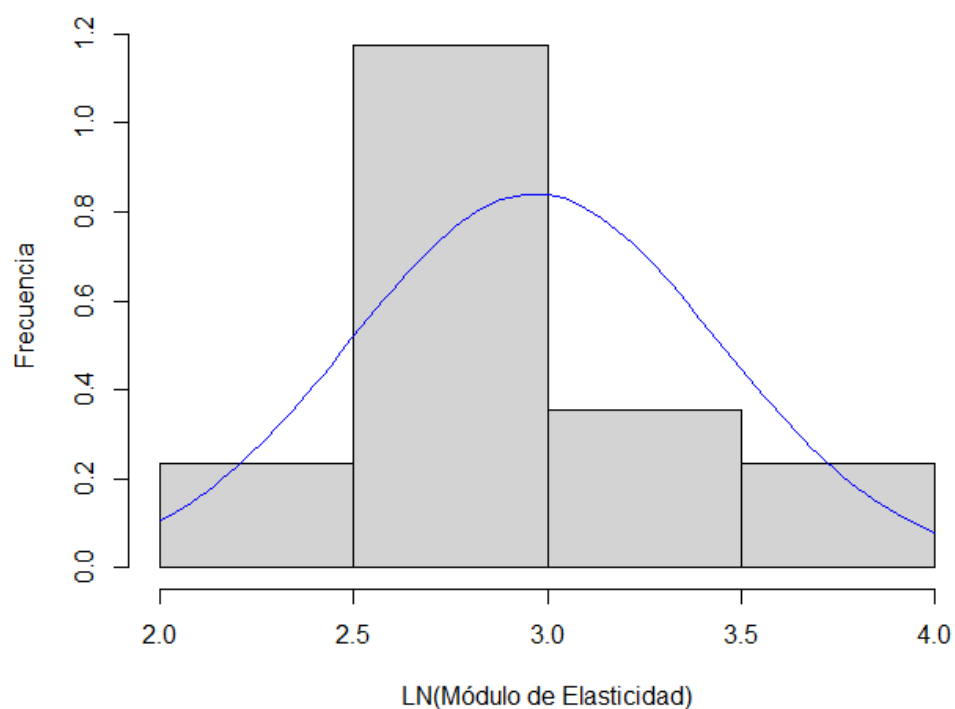


Tabla 11. Test de Shapiro-Wilk del LN (Módulo de Elasticidad).

Prueba de normalidad	Shapiro-Wilk	
	Estadístico	Sig.
Ln (Módulo de Elasticidad)	0,935	0,267

Con esta distribución normalizada, es posible determinar la clasificación para la predicción de patología o no patología de los nódulos tiroideos, que se puede visualizar en la tabla 12.

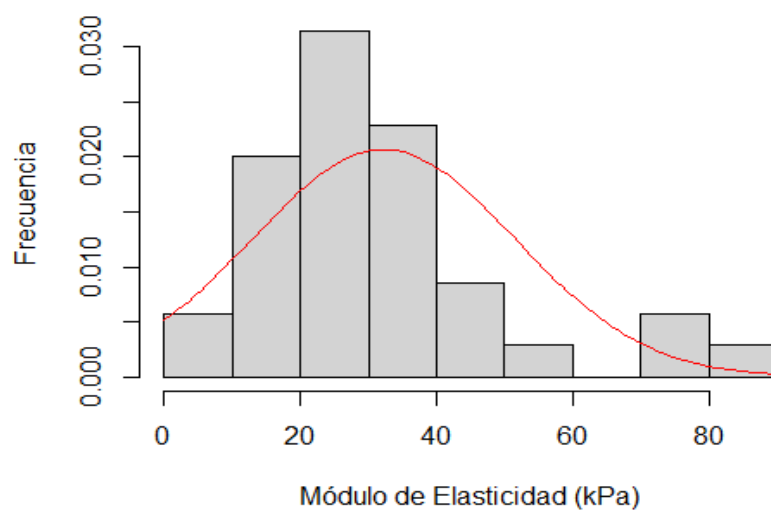
Tabla 12. Rango de distribución de módulo de elasticidad para diferenciar los nódulos tiroideos para pacientes de sexo masculino con edades mayor de 54 años.

Categoría	Rango
Alta sospecha de benignidad	[0; 14,00>
Leve sospecha de benignidad	[14,00; 18,00>
Leve sospecha de malignidad	[18,00; 26,00>
Alta sospecha de malignidad	$\geq 26,00$

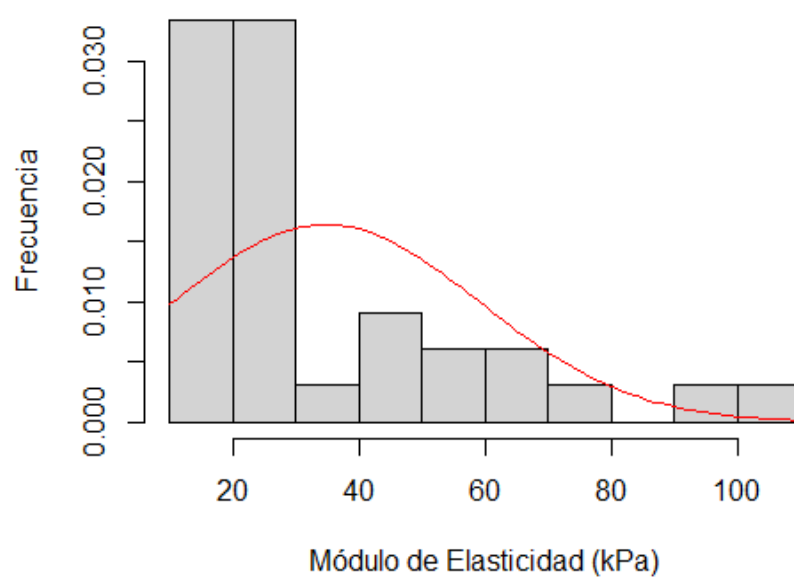
Figura 20. Distribución de los datos de módulo de elasticidad por sexo y grupos de edad

(a) Sexo femenino, menor o igual a 54 años. b) sexo femenino, mayor a 54 años.

(a)



(b)



En la figura 20 se observa los datos de módulo de elasticidad para casos de pacientes de sexo femenino con edad menor o igual a 54 años, y casos de pacientes de sexo femenino con edad mayor a 54 años. La distribución de ambos grupos no tiende a seguir una distribución normal tal como lo evidencia los estadísticos de Shapiro-Wilk en la tabla 13. Para el caso de mujeres con edad menor o igual a 54 años de acuerdo al test de Shapiro-Wilk se observa un valor crítico de 0,855 con valor $p=0,000$, y en el caso de mujeres con edad mayor de 54 años de acuerdo al test de Shapiro-Wilk se observa un valor crítico de 0,823 con valor $p=0,000$ por lo que con esta evidencia en ambos casos no es posible poder establecer una predicción por el sesgo de la distribución. Se hace necesario una conversión en la variable para obtener la distribución normal y a partir de esta distribución obtener el punto de corte para la predicción de la patología y no patología.

Tabla 13. Test de Shapiro-Wilk del Módulo de Elasticidad en pacientes de sexo femenino con edad menor o igual a 54 años, y con edad mayor a 54 años.

Prueba de normalidad	Shapiro-Wilk	
	Estadístico	Sig.
Sexo: Femenino, edad: Menor igual 54 años	0,855	0,000
Sexo: Femenino, edad: Mayor 54 años	0,823	0,000

En la figura 21 se observa que la transformación logarítmica de los datos de módulo de elasticidad en pacientes de sexo femenino con edad menor o igual de 54 años tiende a seguir una distribución normal y en la tabla 14 se aprecia el estadístico de Shapiro-Wilk, el cual arroja un valor de 0,978 y un valor $p=0,706$.

Figura 21. Distribución de los datos de Ln (Módulo de Elasticidad) para pacientes de sexo femenino con edad menor o igual de 54 años.

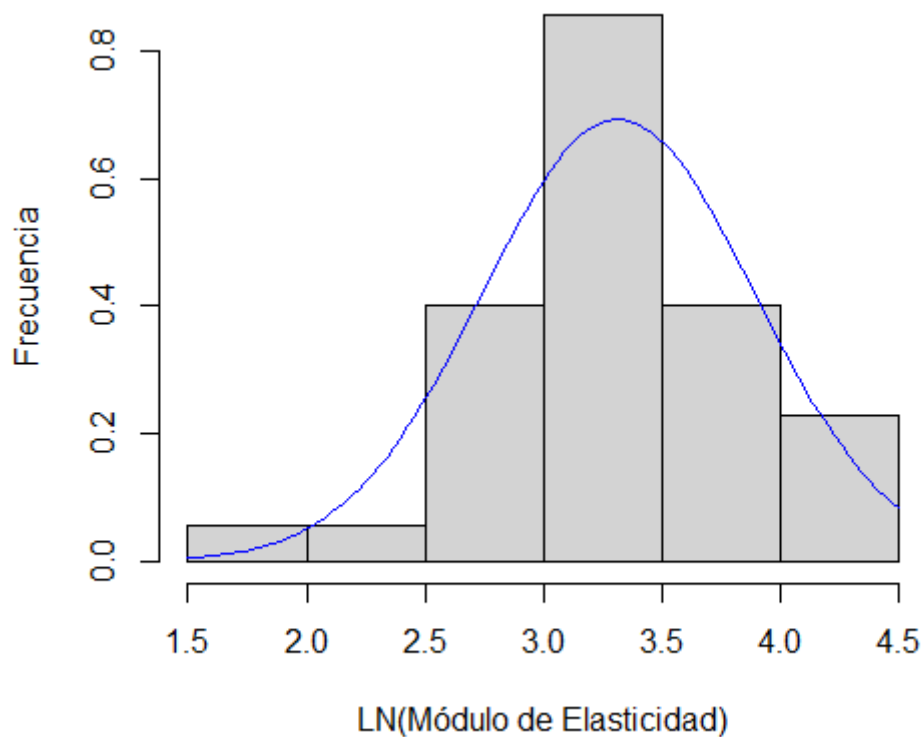


Tabla 14. Test de Shapiro-Wilk del LN (Módulo de Elasticidad).

Prueba de normalidad	Shapiro-Wilk	
	Estadístico	Sig.
Ln (Módulo de Elasticidad)	0,978	0,706

Con esta distribución normalizada, es posible determinar la clasificación para la predicción de patología o no patología de los nódulos tiroideos, que se puede visualizar en la tabla 15.

Tabla 15. Rango de distribución de módulo de elasticidad para diferenciar los nódulos tiroideos para pacientes de sexo femenino con edad menor o igual de 54 años.

Categoría	Rango
Alta sospecha de benignidad	[0; 20,30>
Leve sospecha de benignidad	[20,30; 27,00>
Leve sospecha de malignidad	[27,00; 38,00>
Alta sospecha de malignidad	$\geq 38,00$

En la figura 22 se observa que la transformación logarítmica de los datos de módulo de elasticidad en pacientes de sexo femenino con edades mayores de 54 años tiende a seguir una distribución normal y en la tabla 16 se aprecia el estadístico de Shapiro-Wilk, el cual arroja un valor de 0,948 y un valor $p = 0,114$.

Figura 22. Distribución de los datos de Ln (Módulo de Elasticidad) para pacientes de sexo femenino con edades mayores de 54 años.

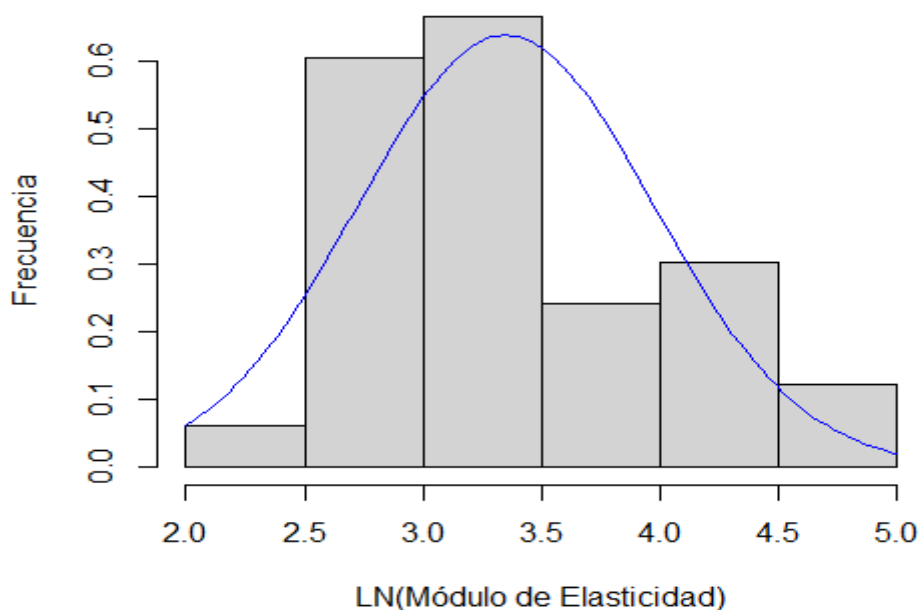


Tabla 16. Test de Shapiro-Wilk del LN (Módulo de Elasticidad).

Prueba de normalidad	Shapiro-Wilk	
	Estadístico	Sig.
Ln (Módulo de Elasticidad)	0,948	0,114

Con esta distribución normalizada, es posible determinar la clasificación para la predicción de patología o no patología de los nódulos tiroideos, que se puede visualizar en la tabla 17.

Tabla 17. Rango de distribución de módulo de elasticidad para diferenciar los nódulos tiroideos para pacientes de sexo femenino con edades mayores de 54 años.

Categoría	Rango
Alta sospecha de benignidad	[0; 17,40>
Leve sospecha de benignidad	[17,40; 24,00>
Leve sospecha de malignidad	[24,00; 49,70>
Alta sospecha de malignidad	$\geq 49,70$

Tabla 18. Punto de corte para predecir cáncer de tiroides según edad y sexo.

Categoría	Punto de Corte
Varones con edad menor o igual a 54 años	29,00 kPa
Varones con edad mayor de 54 años	18,00 kPa
Mujeres con edad menor o igual a 54 años	27,00 kPa
Mujeres con edad mayor de 54 años	24,00 kPa

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este trabajo de investigación, se pudo ver claramente que los datos de módulo de elasticidad mostraban un sesgo respecto a su distribución y teniendo en cuenta que la decisión de malignidad o benignidad referida al cáncer de tiroides se tomaría en base al módulo de elasticidad resultado propio de una elastografía era necesario definir un punto de corte y para el efecto era necesario que la distribución de los datos sigan una distribución simétrica, específicamente una distribución normal para el efecto se desarrolló un cambio de variable. Se ensayó el cambio de variable \ln (Módulo de elasticidad) obteniéndose una distribución simétrica que nos permitió definir el punto de corte de 24 kPa para el análisis de los 99 pacientes de la muestra de estudio con un nivel de confianza del 95 %, este punto de corte que permite diferenciar la malignidad o benignidad de la tiroides en relación con el cáncer y tiene una similitud al obtenido por Uliaque et al. (2021) que obtiene un punto de corte de 25 kPa.

De la muestra analizada, se pudo observar que el módulo de elasticidad tiene variaciones significativas en lo que respecta al incremento de edad y de que el paciente fuera hombre o mujer, por lo que se desarrolló una clasificación respecto de estas variables con el fin de establecer el modelo de predicción que permita definir una categorización de rangos de módulo de elasticidad por grupos de edad y sexo.

De la observación de los antecedentes de la investigación se puede observar que los puntos de corte de la evaluación cuantitativa de la elastografía, varían significativamente en la medida que no existe una estandarización del software utilizado y por la existencia de diferentes ecógrafos, así se observa puntos de corte de 33,3 kPa y 39,3 kPa en las investigaciones de Kim et al. (2019) y Liu et al. (2015) respectivamente. También se observa puntos de corte entre 62 kPa y 66 kPa en los trabajos de Kim et al. (2013), Veyrieres et al.

(2012), Sebag et al. (2010). Considerando que el desarrollo tecnológico en el tiempo es el punto neurálgico para el establecimiento de una técnica óptima pues así notamos que la elastografía cuantitativa entre los años 2010, 2012 y 2013 mostraban valores altos comparados con los años 2015 a 2019 estabilizándose para el 2021 en valores alrededor de 25 kPa.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

- En este trabajo de investigación se concluye que al analizar datos de módulo de elasticidad se puede predecir el cáncer de tiroides.
- Los datos de módulo de elasticidad no siguen una distribución normal, presentando una asimetría positiva.
- El punto de corte de módulo de elasticidad para establecer benignidad y malignidad de nódulos tiroideos fue obtenido por el valor de la mediana de los datos con transformación logarítmica, cuyo valor fue 24,00 kPa y este valor se asemeja al punto de corte establecido en el estudio de Uliaque et al. (2021).
- La transformación logarítmica de los datos del módulo de elasticidad permitió realizar un rango de distribución de módulo de elasticidad para diferenciar los nódulos tiroideos.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar este tipo de estudio anualmente para verificar los valores de módulo de elasticidad, y así establecer un valor estándar adecuado para el diagnóstico de cáncer de tiroides.
- Se recomienda a organismos internacionales establecer un valor referencial de módulo de elasticidad para el diagnóstico de cáncer de tiroides mediante elastografía shear wave.
- Se recomienda realizar una simulación con el fin de evaluar el módulo de elasticidad de tiroides y comparar con los resultados obtenidos en este estudio.
- Es recomendable comparar la técnica de la elastografía shear wave con otra técnica como la biopsia, que es el gold estándar en el diagnóstico de nódulos tiroideos, y correlacionar los resultados de ambas técnicas. Asimismo, se puede evaluar otros órganos como hígado, mama, etc.

REFERENCIAS

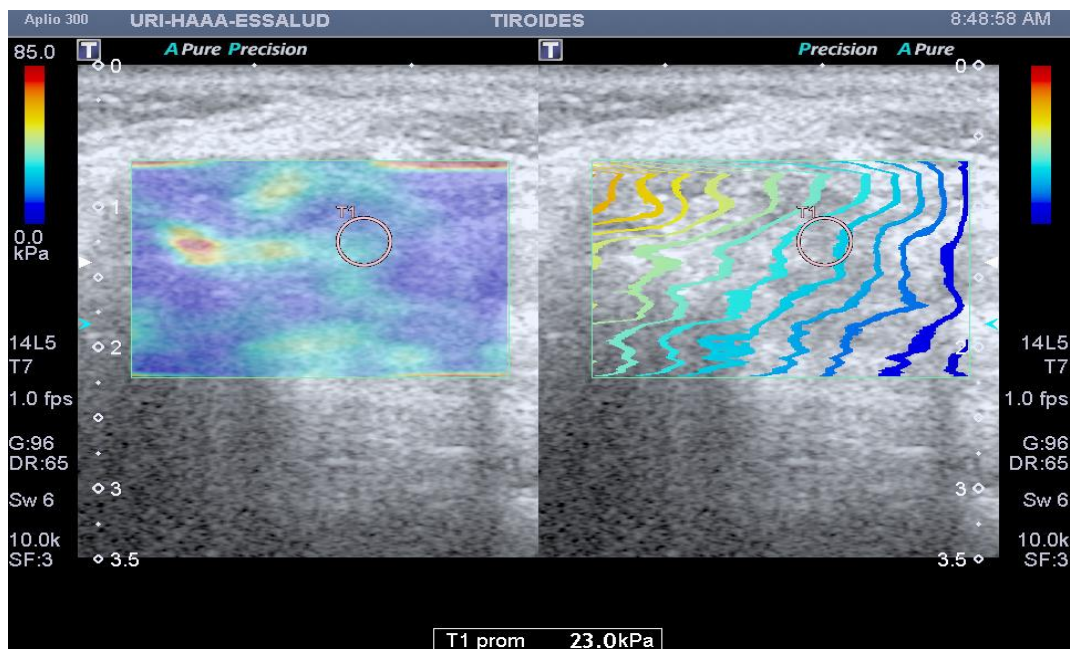
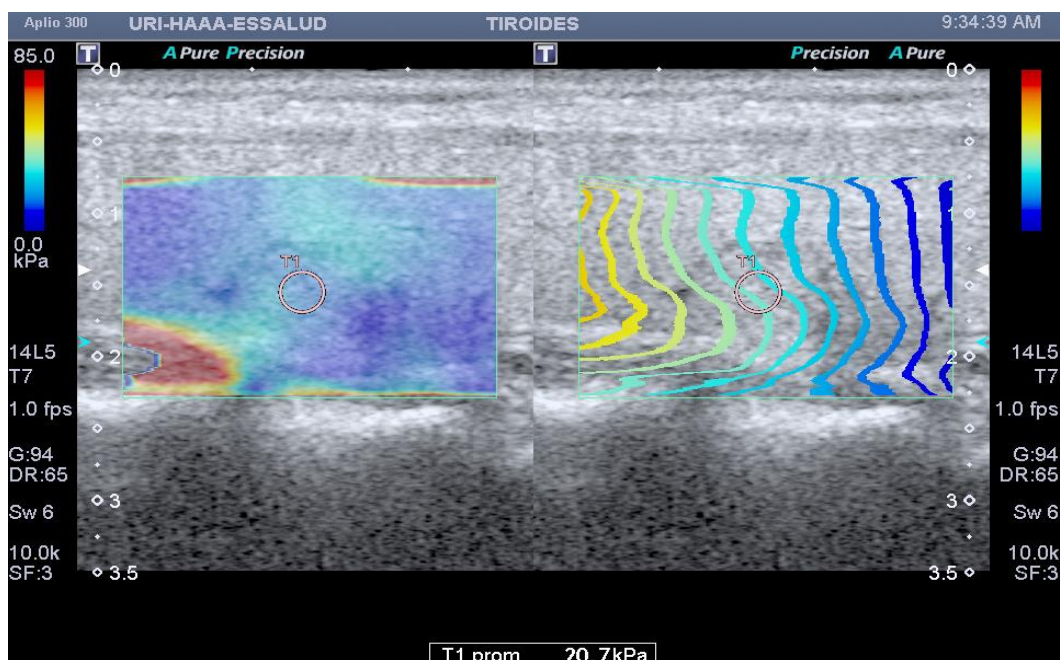
- American Thyroid Association. (2018). *American Thyroid Association ® ¿Qué Es La Glándula Tiroides? ¿Cuáles Son Los Síntomas De Un Nódulo Tiroideo? ¿Cual Es La Causa De Los Nódulos De Tiroides Y Que Tan Comúnes Son?* www.thyroid.org
- Arda, K., Ciledag, N., Aktas, E., Aribas, B. K., & Köse, K. (2011). Quantitative assessment of normal soft-tissue elasticity using shear-wave ultrasound elastography. *American Journal of Roentgenology*, 197(3), 532–536. <https://doi.org/10.2214/AJR.10.5449>
- Bushberg, J. T., Seibert, J. A., Leidholdt, E. M., Boone, J. M., & Goldschmidt, E. J. (2011). The Essential Physics of Medical Imaging. In LIPPINCOTT WILLIAMS & WILKINS (Ed.), *Medical Physics* (3rd ed.).
- Dowsett, David J.; Kenny, Patrick A.; Johnston, R. E. (2006). *The Physics of Diagnostic Imaging* (Hodder Arnold (ed.); Second Edi). <https://doi.org/https://doi.org/10.1201/b13462>
- Fuentes, L. (2013). Methodology for the selection of optimal cutoff point to dichotomize continuous covariates. *Rev Cubana Genet Comunit*, 7(3), 36–42. <http://www.medigraphic.com/pdfs/revcubgencom/cgc-2013/cgc133f.pdf>
- IAEA. (2014). *Diagnostic Radiology Physics: A Handbook for Teachers and Students* (IAEA (ed.)).
- Kim, H. J., Kwak, M. K., Choi, I. H., Jin, S. Y., Park, H. K., Byun, D. W., Suh, K., & Yoo, M. H. (2019). Utility of shear wave elastography to detect papillary thyroid carcinoma in thyroid nodules: Efficacy of the standard deviation elasticity. *Korean Journal of Internal Medicine*, 34(4), 850–857. <https://doi.org/10.3904/kjim.2016.326>
- Kim, H., Kim, J. A., Son, E. J., & Youk, J. H. (2013). Quantitative assessment of shear-wave ultrasound elastography in thyroid nodules: Diagnostic performance for predicting malignancy. *European Radiology*, 23(9), 2532–2537. <https://doi.org/10.1007/s00330-013-2847-5>
- Liu, B., Liang, J., Zheng, Y., Xie, X., Huang, G., Zhou, L., Wang, W., & Lu, M. (2015). Two-dimensional shear wave elastography as promising diagnostic tool for predicting malignant thyroid nodules: a prospective single-centre experience. *European Radiology*, 25(3), 624–634. <https://doi.org/10.1007/s00330-014-3455-8>
- Markey, M. K. (2013). Physics of mammographic imaging. In *Physics of Mammographic Imaging* (1st ed.). <https://doi.org/10.1201/b13066>
- Park, A. Y., Son, E. J., Han, K., Youk, J. H., Kim, J. A., & Park, C. S. (2015). Shear wave elastography of thyroid nodules for the prediction of malignancy in a large scale study. *European Journal of Radiology*, 84(3), 407–412. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2014.11.019>
- Saavedra, A. C., Guerrero, J., Pinto, J., González, E., & Castañeda, B. (2014). Aspectos físicos de las técnicas elastográficas basadas en ultrasonido Physical aspects of ultrasound-based elastographic techniques. *Carcinos*, 4(2), 34–44.
- Sebag, F., Vaillant-Lombard, J., Berbis, J., Griset, V., Henry, J. F., Petit, P., & Oliver, C. (2010). Shear wave elastography: A new ultrasound imaging mode for the differential

- diagnosis of benign and malignant thyroid nodules. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 95(12), 5281–5288. <https://doi.org/10.1210/jc.2010-0766>
- SEFM. (2018). *Fundamentos de Física Médica: Radiaciones no ionizantes I. Ultrasonidos. Bases físicas, equipos y control de calidad*.
- Stoian, D., Bogdan, T., Craina, M., Craciunescu, M., Timar, R., & Schiller, A. (2016). Elastography: A New Ultrasound Technique in Nodular Thyroid Pathology. *Thyroid Cancer - Advances in Diagnosis and Therapy*. <https://doi.org/10.5772/64374>
- ThyCa. (2016). *Thyroid Cancer Basics*. 1–23.
- Tortora, G. J., & Derrickson, B. (2013). *Principios de Anatomía y Fisiología* (Médica Panamericana (ed.); 13th ed.).
- TUSTUMI, F. (2022). Choosing the most appropriate cut-point for continuous variables. *Revista Do Colégio Brasileiro de Cirurgiões*, 49, 1–4. <https://doi.org/10.1590/0100-6991e-20223346-en>
- Uliaque Franco, C., Herrero Laborda, R., Hervias Ángulo, E., & Almenara Riaguas, Ana; Berdún Pardo, J. F. (2021). Elastografía cuantitativa en la evaluación de nódulos tiroideos Quantitative Elastography in the Evaluation of Thyroid Nodules. *Rev Argent Radiol*, 85, 83–90. <https://doi.org/doi.org/10.1055/s-0040-1721347>
- Veyrieres, J. B., Albarel, F., Lombard, J. V., Berbis, J., Sebag, F., Oliver, C., & Petit, P. (2012). A threshold value in Shear Wave elastography to rule out malignant thyroid nodules: A reality? *European Journal of Radiology*, 81(12), 3965–3972. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2012.09.002>

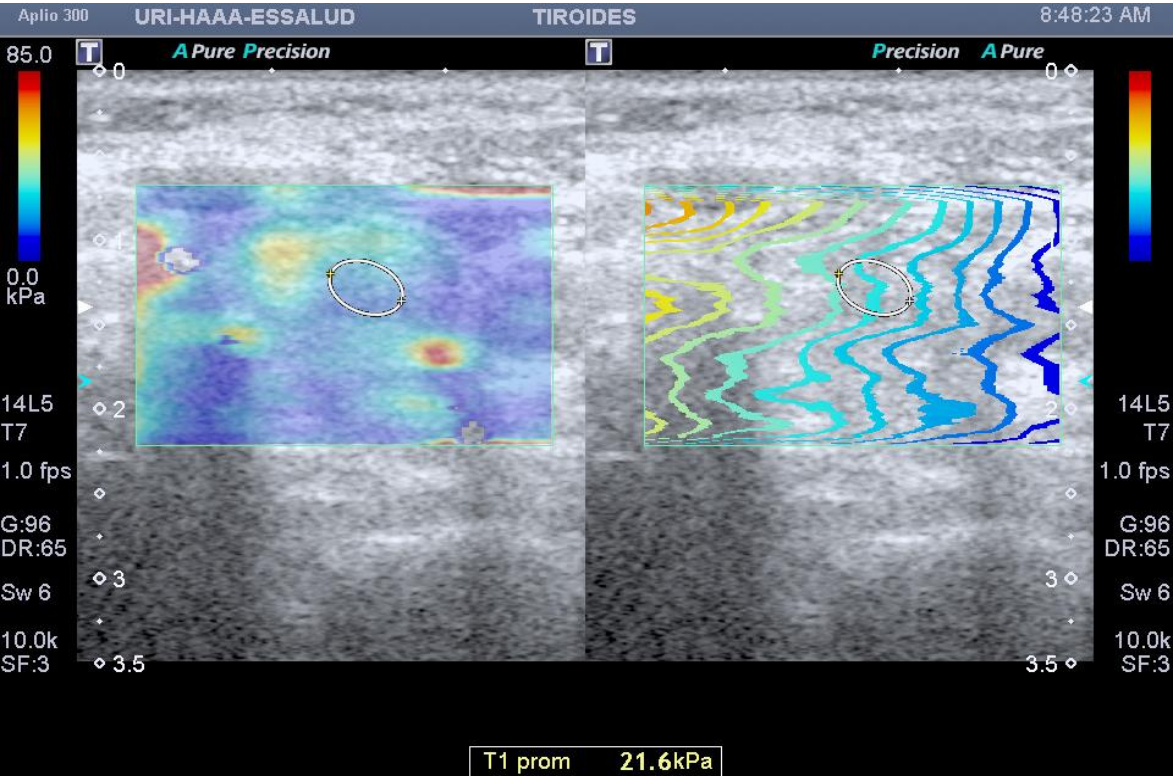
ANEXOS

Elastogramas de algunos pacientes

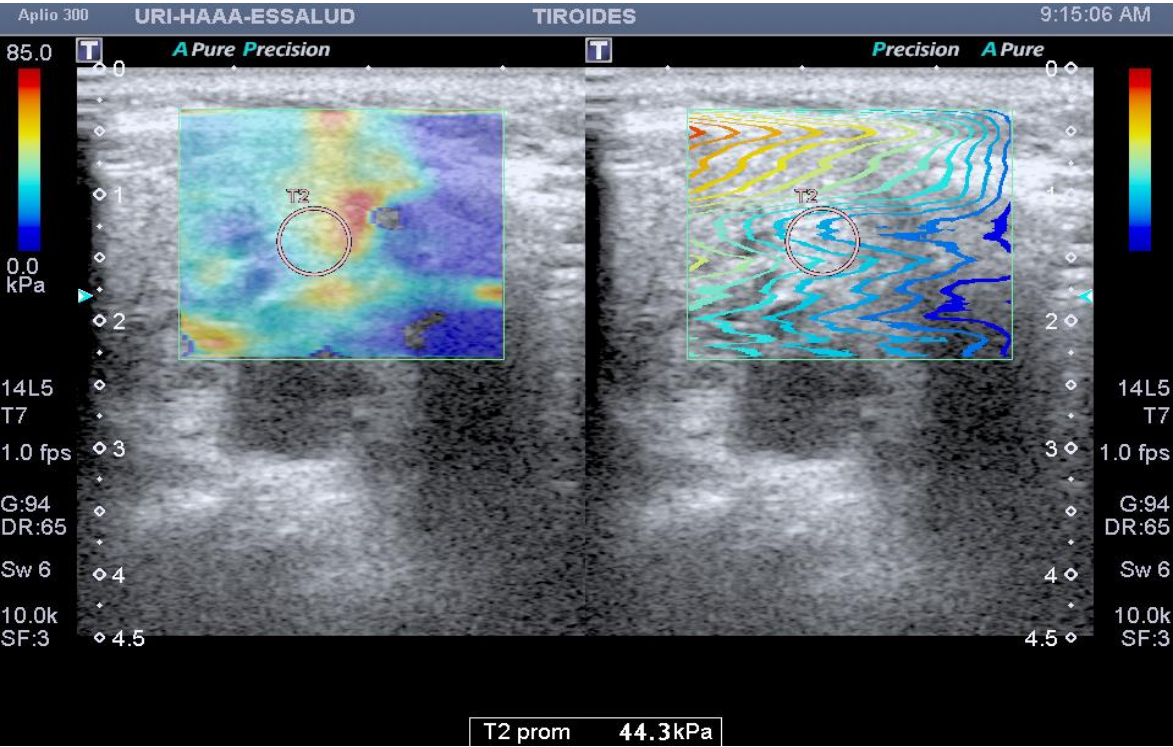
CASO: P22

**CASO: P47**

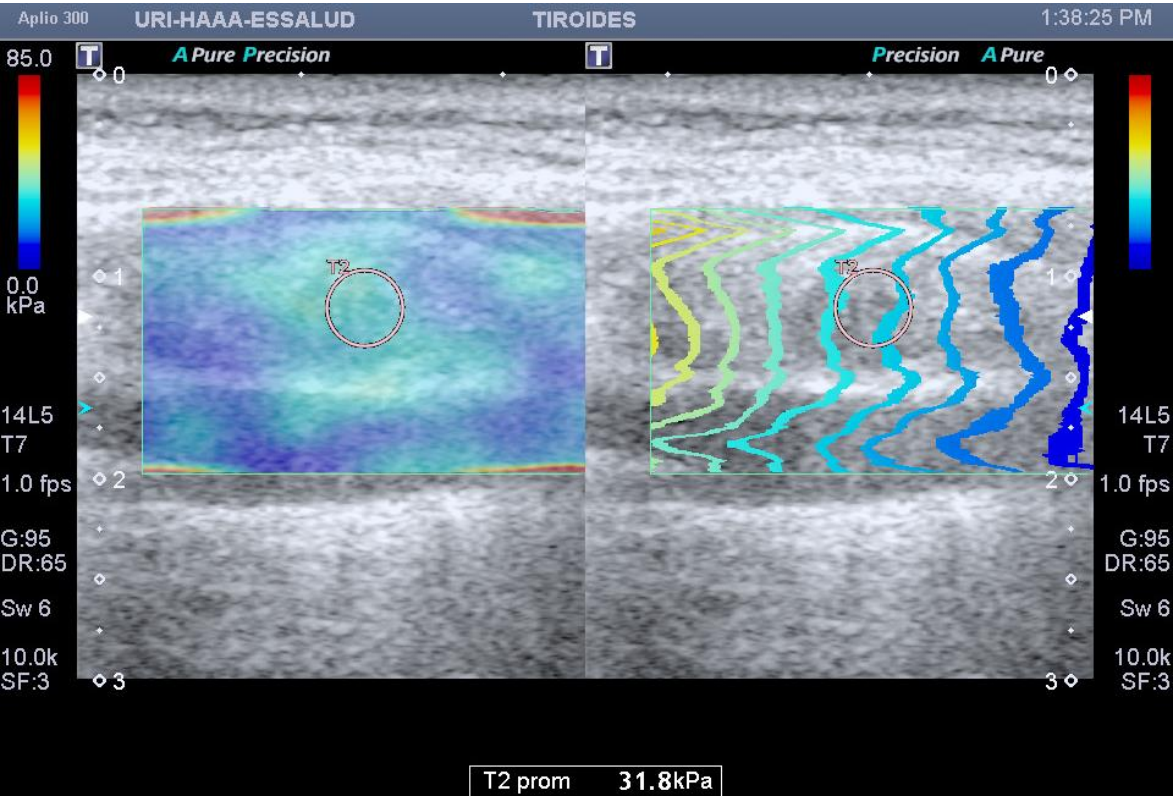
CASO: P49



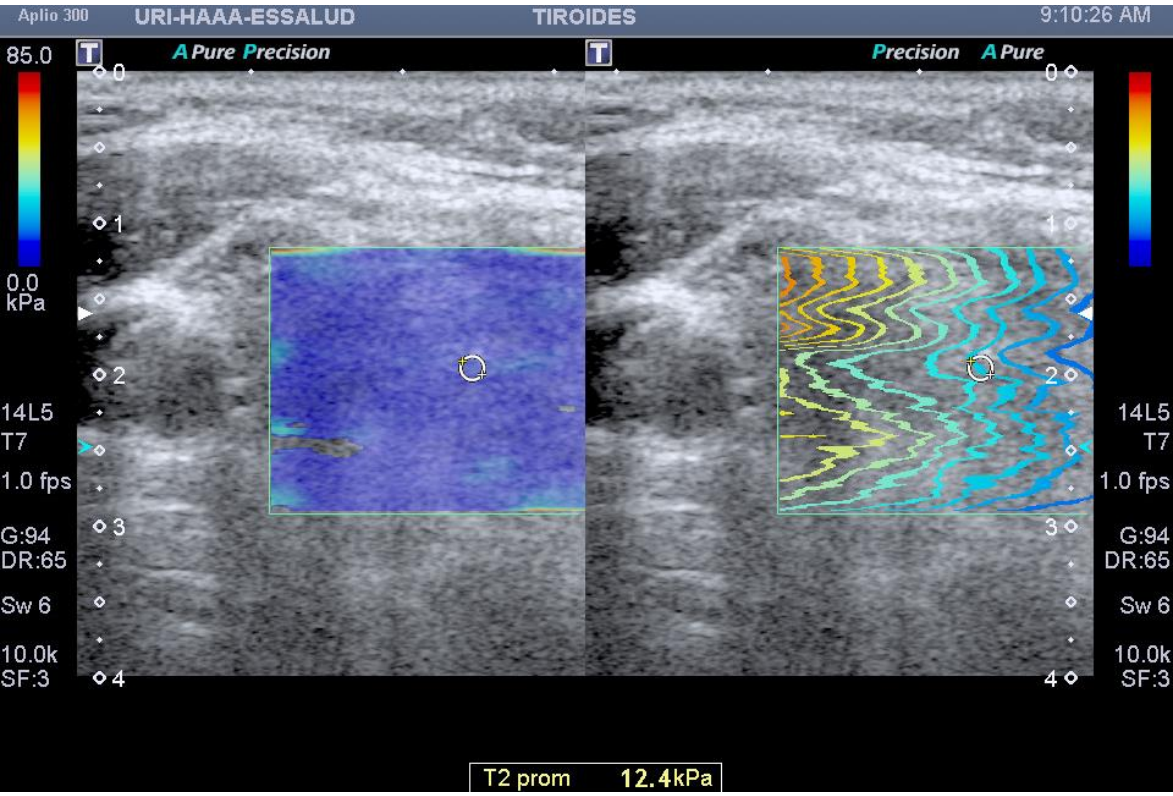
CASO: P50



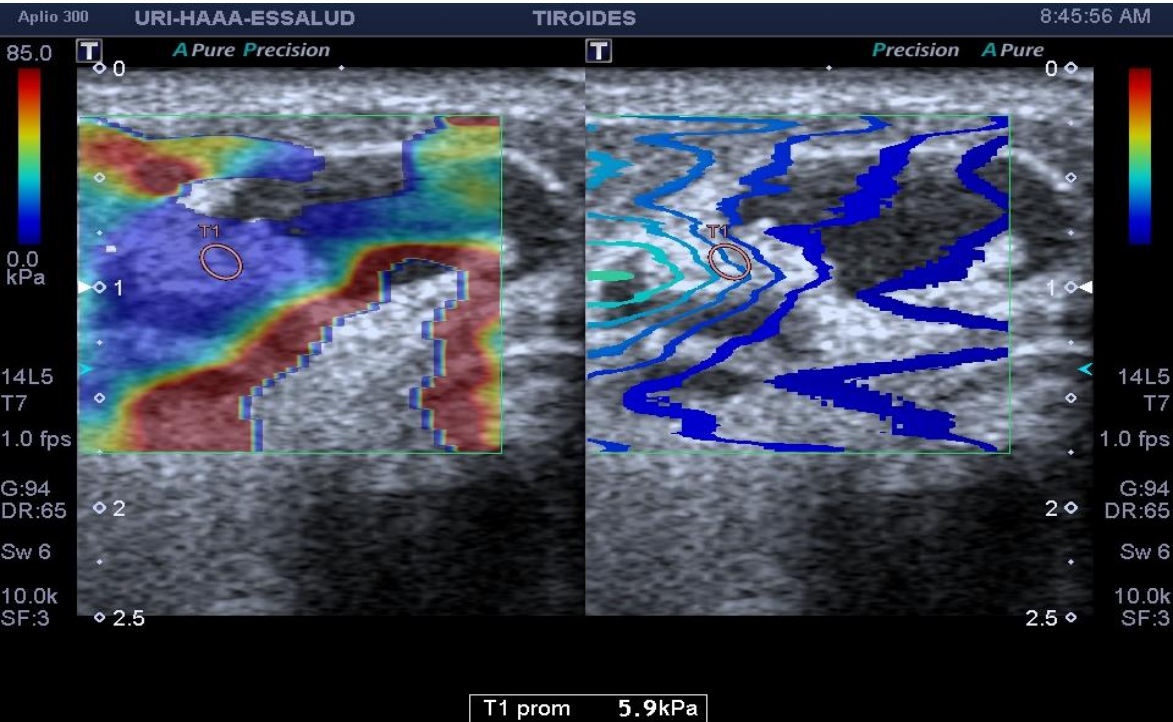
CASO: P52



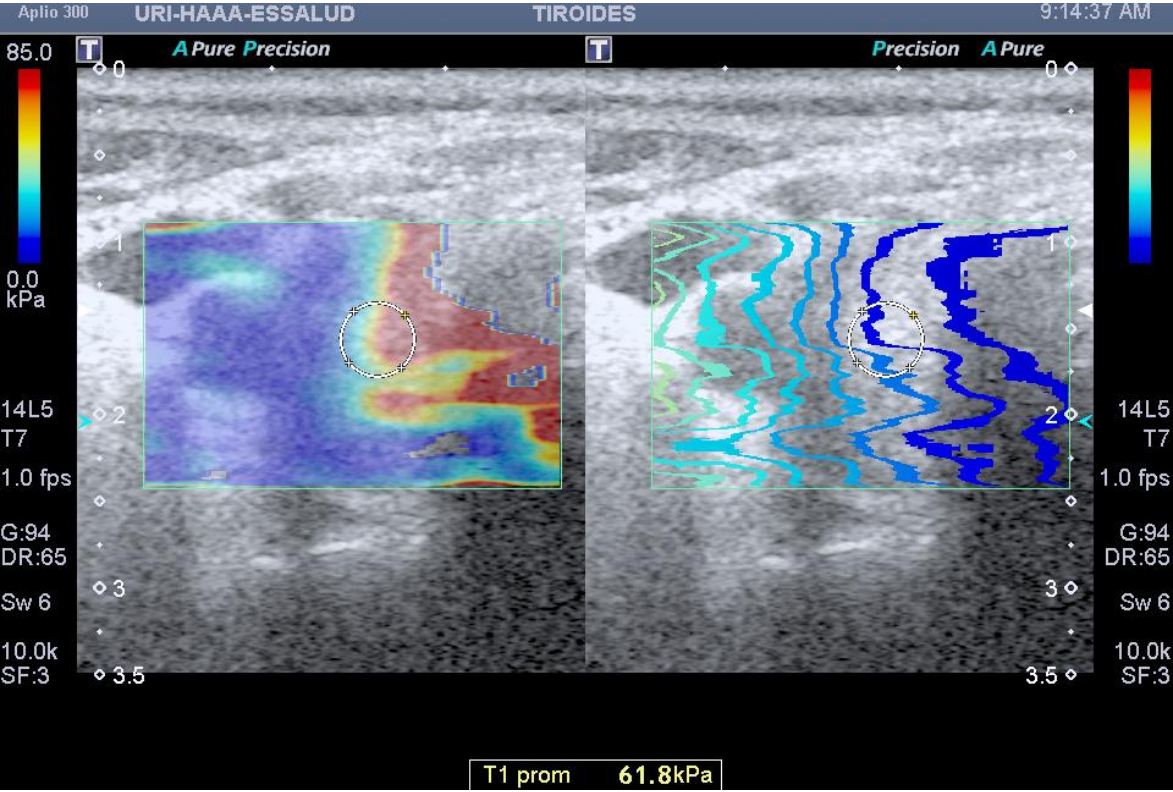
CASO: P59



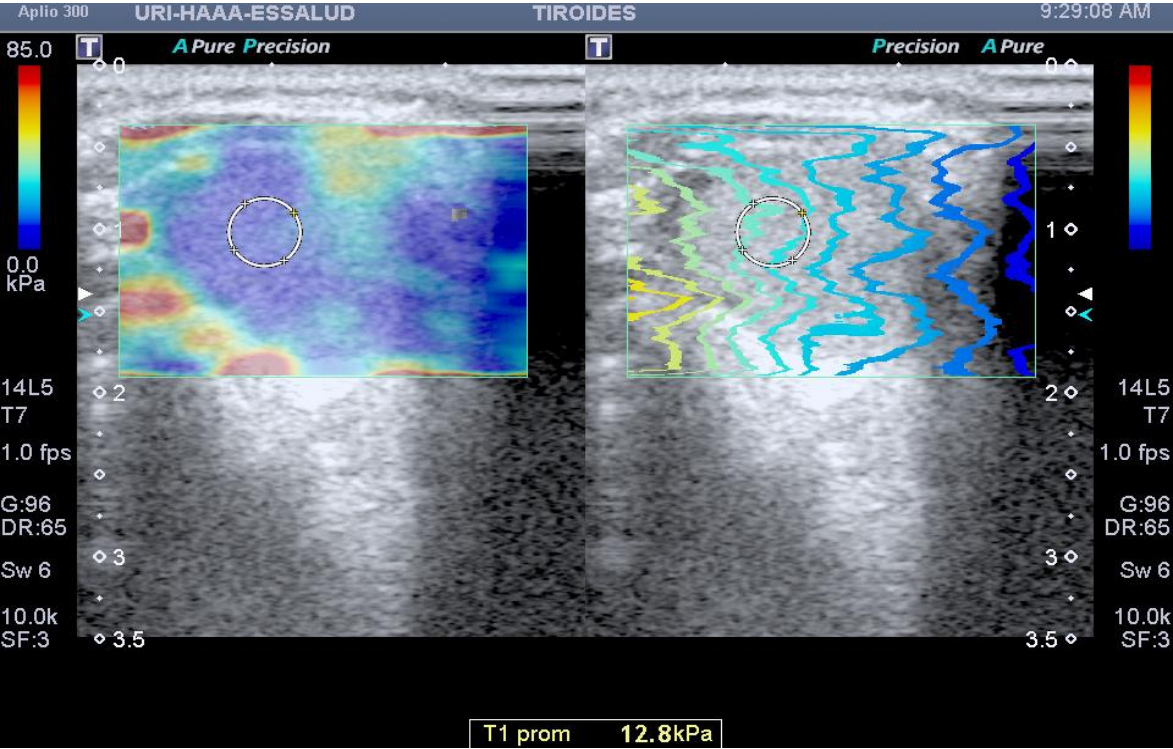
CASO: P65



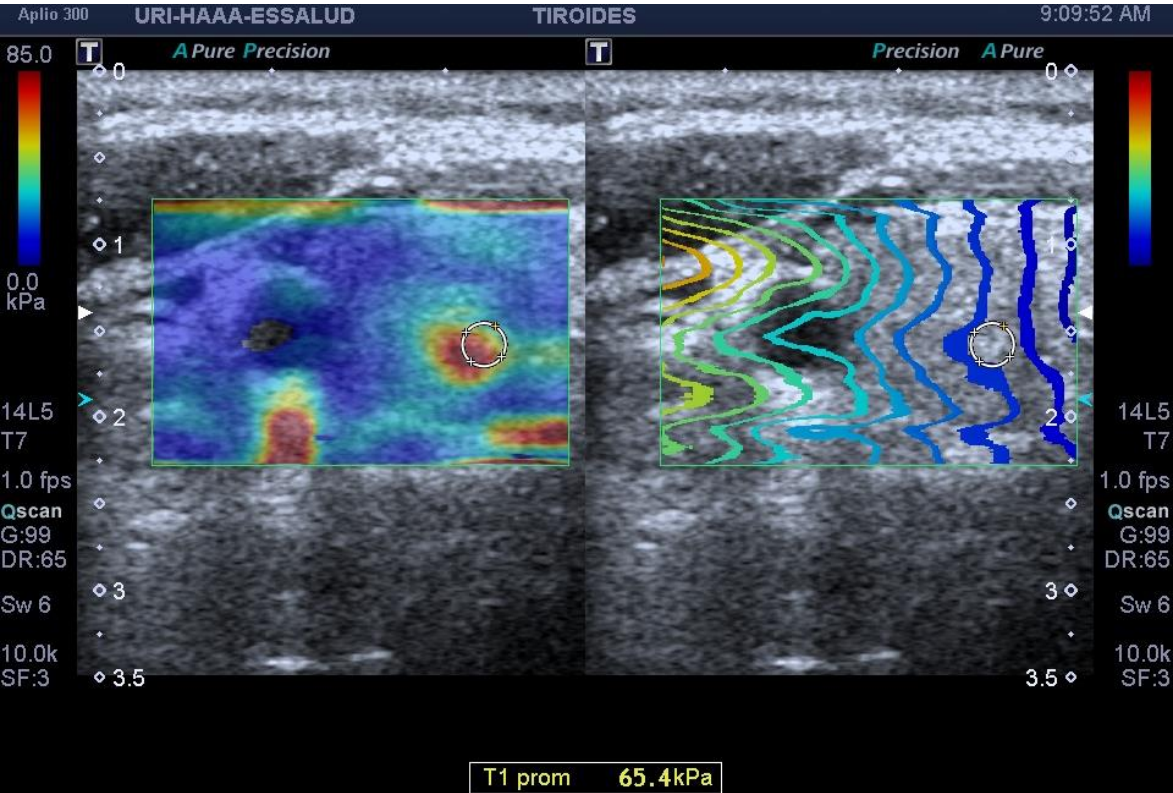
CASO: P66



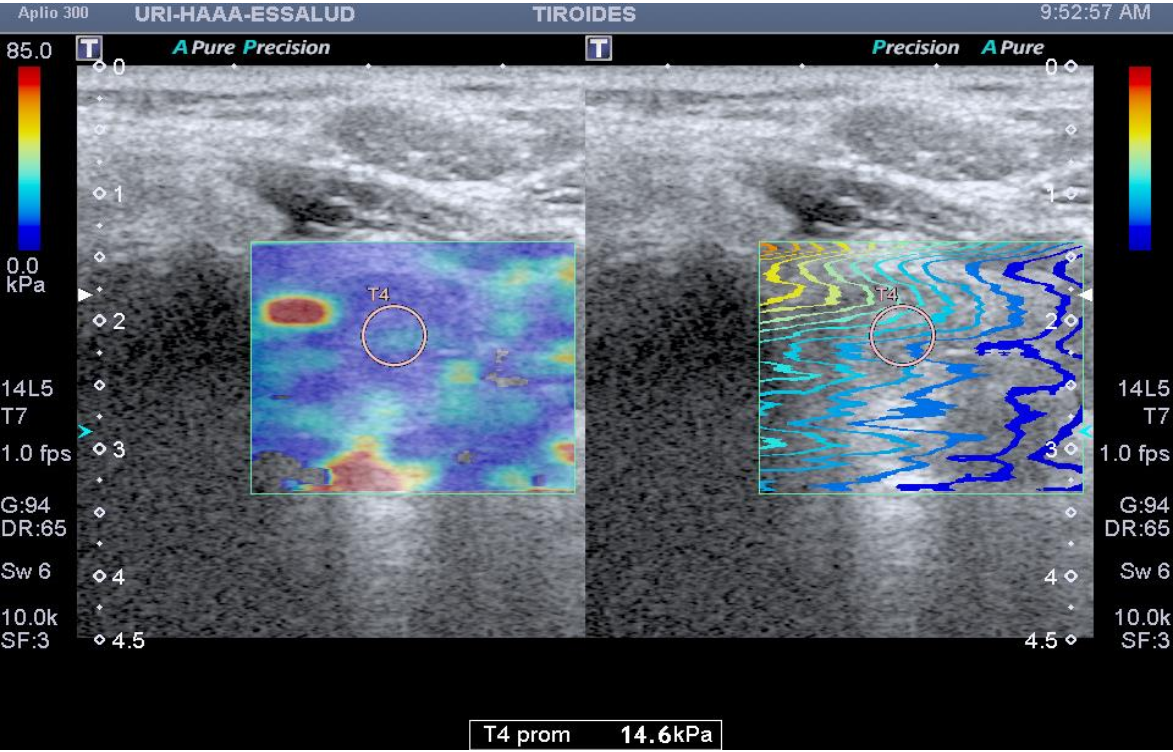
CASO: P67



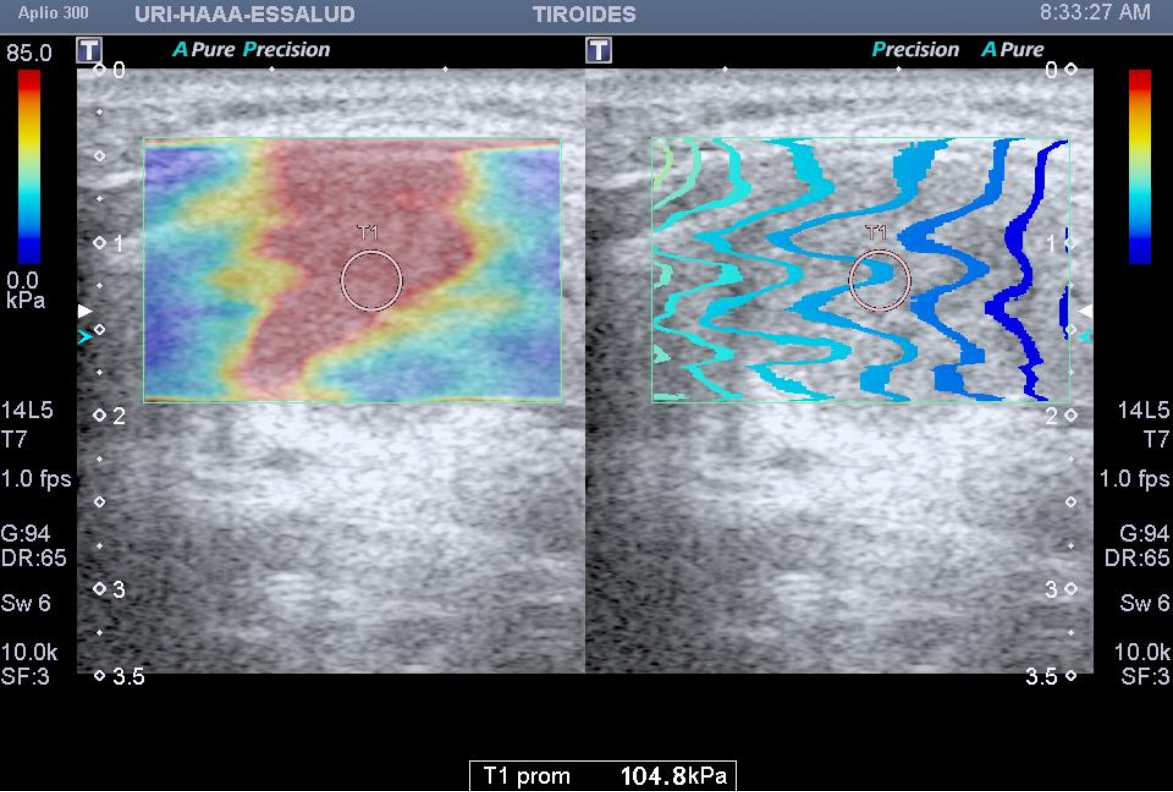
CASO: P70



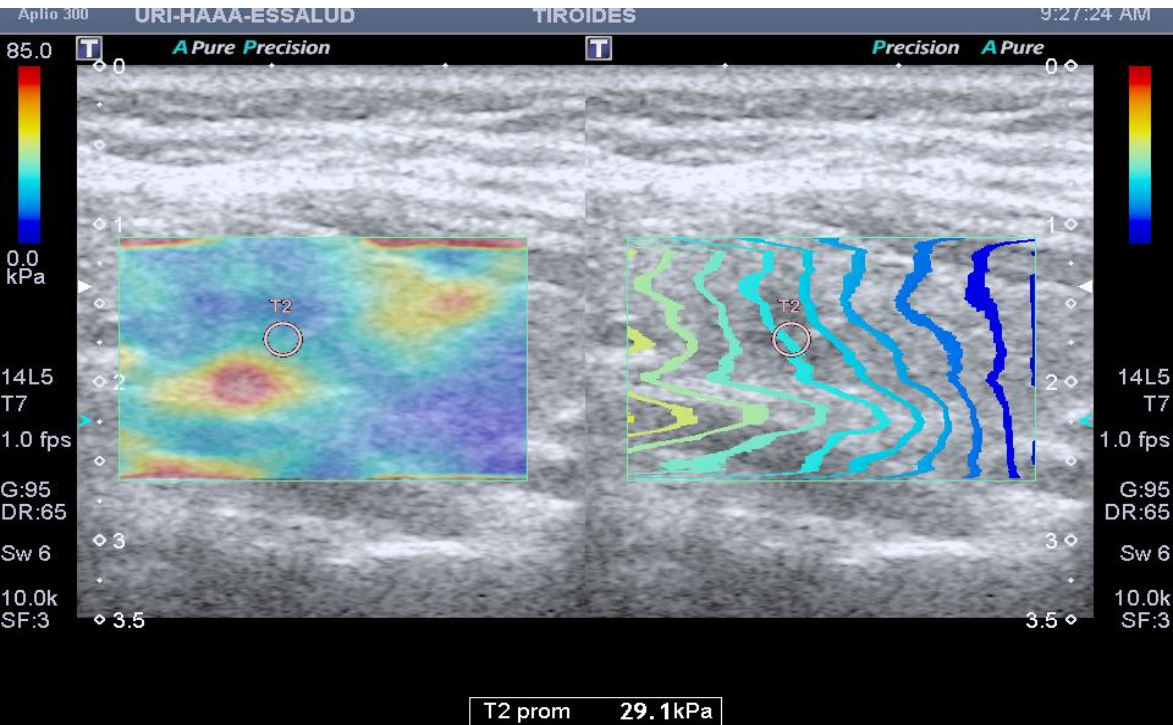
CASO: P73



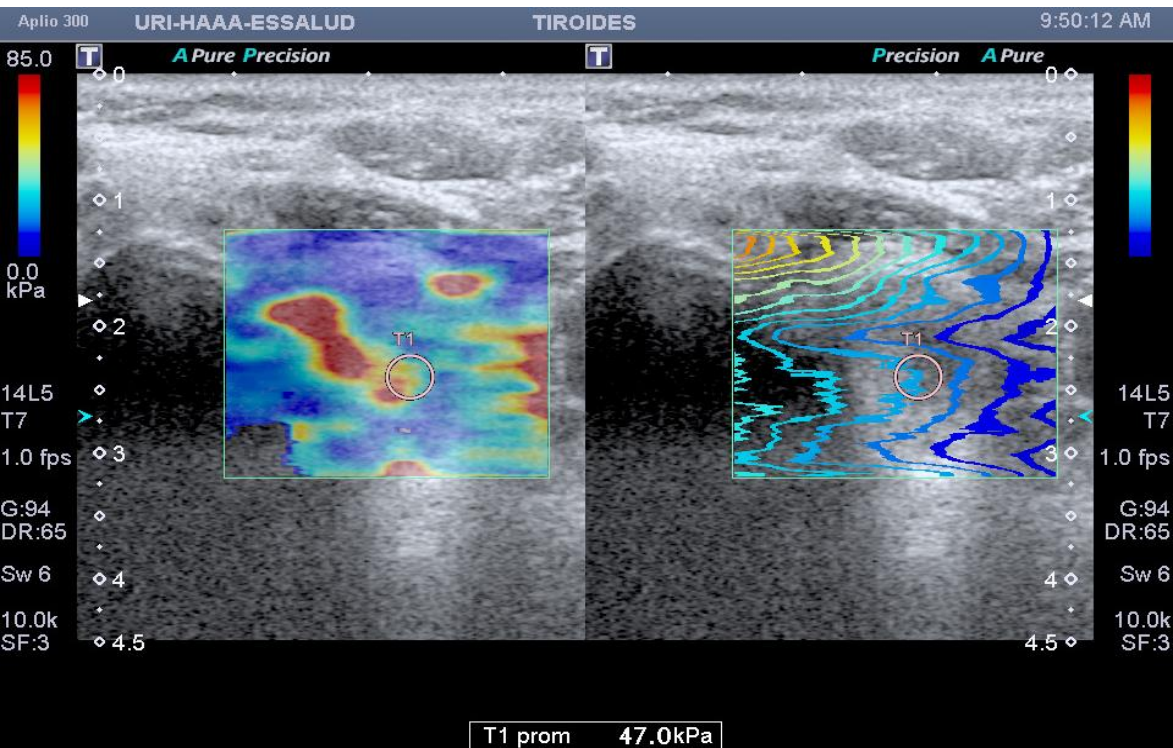
CASO: P74



CASO: P79



CASO: P92





Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Walter Nicolás Jiménez Chávez
Título del ejercicio: Física Forense
Título de la entrega: Comportamiento del módulo de elasticidad en la predicción ...
Nombre del archivo: INFORME_FINAL_JIMENEZ_CHAVEZ_WALTER_NICOLAS_1.docx
Tamaño del archivo: 4.87M
Total páginas: 71
Total de palabras: 9,559
Total de caracteres: 49,158
Fecha de entrega: 13-jun.-2023 06:44p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega... 2115542554

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUÍZ GALLO

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE FÍSICA



TESIS

"Comportamiento del módulo de elasticidad en la predicción de cáncer
de tiroides en pacientes del Hospital Nacional Almanzor Aguinaga
Asenjo, 2019-2020"

Para optar el Título Profesional de:

Licenciado en Física

Investigador:

Bach. Fís. Jiménez Chávez Walter Nicolás

Asesor:

Dr. Cieza Ramos Arnulfo

Lambayeque, 2023

Dr. Arnulfo Cieza Ramos