



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA PROFESIONAL DE MEDICINA HUMANA**

**“CAPACIDAD DISCRIMINATIVA DE LOS COMPONENTES DE
LA ECOGRAFÍA DIAFRAGMÁTICA PARA PREDECIR
EXTUBACIÓN EXITOSA EN PACIENTES CRÍTICOS DE UN
HOSPITAL PÚBLICO PERUANO”**

Proyecto de investigación para optar el título de:
SEGUNDA ESPECIALIDAD EN MEDICINA INTENSIVA

Presentado por:

Alexandra Katherine Martínez Dávalos (0009-0009-8584-6235)

Asesor:

Marlon Augusto Yovera Aldana (0000-0002-1947-7736)

Lima - Perú

2023

RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA No. 557 - DACMH-DAFCS-U. CIENTIFICA-2023

Lima, 21 de agosto del 2023

VISTO:

El informe de revisión independiente académica y la aprobación de un Comité de Ética del proyecto de tesis titulado: **“CAPACIDAD DISCRIMINATIVA DE LOS COMPONENTES DE LA ECOGRAFÍA DIAFRAGMÁTICA PARA PREDECIR EXTUBACIÓN EXITOSA EN PACIENTES CRÍTICOS DE UN HOSPITAL PÚBLICO PERUANO”**.

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y el reglamento y Procedimientos de trabajos de Investigación para obtener el **Título de Segunda Especialidad**.

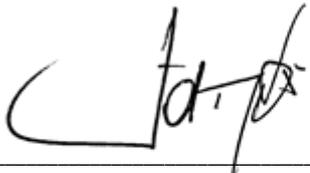
Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de la Carrera.

SE RESUELVE:

ART. 1° Aprobar e inscribir el proyecto de tesis titulado: **“CAPACIDAD DISCRIMINATIVA DE LOS COMPONENTES DE LA ECOGRAFÍA DIAFRAGMÁTICA PARA PREDECIR EXTUBACIÓN EXITOSA EN PACIENTES CRÍTICOS DE UN HOSPITAL PÚBLICO PERUANO”**, presentado por la alumna Alexandra Katherine Martínez Dávalos, con N° de registro: **POS-88-2023-00456**.

ART. 2° Nombrar al docente Marlon Augusto Yovera Aldana, como asesor para el desarrollo de la tesis en cuestión.

Regístrese, comuníquese y archívese.



Mg. JORDI GRAU MONGE
DECANO
CARRERA DE MEDICINA HUMANA



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR
DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE
TESIS¹³

Lima, 07 de septiembre del 2023

Señor,
Carlos Zavalaga Reyes
Director General de Investigación, Desarrollo e Innovación
Universidad Científica del Sur
Presente. –

De nuestra consideración,

Yo: Alexandra Katherine Martínez Dávalos, estudiante/egresado de la carrera de Segunda Especialidad en Medicina Intensiva de la Universidad Científica del Sur, en conjunto con el asesor de tesis Marlon Augusto Yovera Aldana, declaramos que este informe final de tesis/trabajo de investigación titulado: Capacidad discriminativa de los componentes de la ecografía diafragmática para predecir extubación exitosa en pacientes críticos de un hospital público peruano, sustentado para obtener el título/grado de Segunda Especialidad en Medicina Intensiva es original.

Es decir, no contiene plagio parcial ni total, cuando se utilizó información de fuentes externas se reconoció la autoría mediante la adecuada citación y los resultados obtenidos son producto entero de mi investigación y no han sido falseados ni fabricados. Todo esto en cumplimiento del Código de ética en la investigación, Reglamento del Comité de Integridad Científica, Reglamento de Propiedad Intelectual, Normas y procedimientos de los trabajos de investigación para la obtención de títulos profesionales y grados académicos ¹⁴, que afirmamos conocer en su totalidad.

Por ello, en caso de identificarse alguna situación de plagio, falsificación o fabricación de resultados, nos allanamos al proceso de investigación que establezca la Universidad y las posibles sanciones que pudieran surgir.

Firmamos en conformidad con lo declarado,



—
Firma tesista
DNI: 71597799



—
Firma del asesor de tesis
DNI: 41568515

INFORME DE REVISIÓN DE ORIGINALIDAD

Título del documento evaluado. Capacidad discriminativa de los componentes de la ecografía diafragmática para predecir extubación exitosa en pacientes críticos de un Hospital público peruano

Autores. Alexandra Katherine Martinez Davalos.

Mecanismo de revisión de originalidad. Evaluación con Turnitin (ID 2195682905).

Resultado de la evaluación. 9%

Revisado por. Magaly Kelly Guerrero Huaracallo.

Comentarios sobre la revisión. Filtros usados: excluir fuentes de menos de 12 palabras.



Dedicatoria:

A mis padres Teresa y Carlos, mis hermanos y familiares, por su enorme cariño.

Agradecimiento:

A Piero, por su paciencia, amor y comprensión durante estos años. Supiste darme el
aliento que necesitaba en el momento justo.

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
ABSTRACT	4
I. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	5
II. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN	5
III. OBJETIVO GENERAL E HIPÓTESIS.....	11
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
V. LIMITACIONES	20
VI. PRESUPUESTO Y FINANCIAMIENTO	21
VII. CRONOGRAMA	22
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23
IX. ANEXOS.....	26
Anexo 1: Instrumento(s) de recolección de los datos	26

RESUMEN

La ventilación mecánica, específicamente el momento de la extubación, sigue siendo motivo de preocupación pues tanto una extubación precoz como tardía conllevan riesgos y complicaciones. Es precisa la necesidad de herramientas que orienten la decisión de los médicos de extubar considerando ciertos criterios. Uno de estos es el uso de medidas directas de la función diafragmática, donde la ecografía cumple un papel esencial al demostrar ser de utilidad por su precisión y factibilidad.

Objetivos: El objetivo de este trabajo será determinar la capacidad discriminativa de los componentes de la ecografía diafragmática para predecir la extubación exitosa en pacientes atendidos en la unidad de cuidados intensivos del Hospital Nacional Arzobispo Loayza durante el 2022.

Metodología: Se trata de un estudio observacional, analítico de caso-control, basado en el análisis secundario de una base de datos. La población estará conformada por pacientes críticos mayores de 18 años con ventilación mecánica prolongada (21 días a más), ingresados en la unidad de cuidados intensivos del Hospital Nacional Arzobispo Loayza, durante el periodo enero a diciembre del 2022. Toda la información será extraída de las historias clínicas. Para evaluar la utilidad de la ecografía diafragmática como predictor del éxito en la extubación, se calculará la sensibilidad, especificidad, el valor predictivo positivo y valor predictivo negativo.

Palabras clave: Ultrasonografía, diafragma, extubación traqueal (DeCS).

ABSTRACT

Mechanical ventilation, specifically the timing of extubation, continues to be a concern as both early and late extubation carry risks and complications. There is a precise need for tools that guide the decision of physicians to extubate considering certain criteria. One of these being the use of direct measurements of diaphragmatic function, where ultrasound plays an essential role by proving to be useful due to its precision and feasibility.

Objective: Therefore, the objective will be determine the discriminative capacity of the components of the diaphragmatic ultrasound to predict successful extubation in patients treated in the intensive care unit of the Arzobispo Loayza National Hospital, 2022.

Methodology: This is an observational, analytical case-control study, based on secondary analysis of a database. The population will be made up of critically ill patients over 18 years of age with prolonged mechanical ventilation (21 days), admitted to the intensive care unit of the Arzobispo Loayza National Hospital, during the period January to December 2022. All the information will be extracted from the medical records. To assess the utility of diaphragmatic ultrasound as a predictor of extubation success, sensitivity, specificity, positive predictive value, and negative predictive value will be calculated.

Key words: Ultrasonography, diaphragm, tracheal extubation (MeCS).

I. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN:

¿Cuál es la capacidad discriminativa de los componentes de la ecografía diafragmática para predecir extubación exitosa en pacientes críticos de un hospital público peruano?

II. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

El momento óptimo de la extubación en pacientes con ventilación mecánica continúa siendo un desafío para los especialistas en medicina invasiva, pues extubar precozmente puede generar un incremento en el estrés respiratorio y cardiovascular, o complicaciones asociadas a la hipoxemia y retención de dióxido de carbono; mientras que la demora acrecienta el riesgo de atrofia diafragmática y de neumonía asociada al ventilador mecánico (1).

En ese marco, la comunidad médica en el afán de garantizar el éxito del procedimiento decidió indagar en una serie de pruebas, como la prueba de respiración espontánea (PRE), que valora la capacidad del individuo para respirar por sí mismo con un mínimo soporte ventilatorio (5-10 cm H₂O); sin embargo, este examen no se encuentra estandarizado (momento de extubación variable) y evidencia un porcentaje significativo de destetes fallidos (13 - 26% de extubados con PRE+ son reintubados en las primeras 48 horas) (2). Un escenario similar ocurre con el índice de respiración superficial rápida, que limita las inferencias predictivas de éxito, al no considerar la contribución independiente del diafragma y subyugarse a los músculos accesorios de la respiración (3).

Por otro lado, es necesario precisar que las herramientas disponibles para establecer el éxito de la extubación son limitadas y a menudo las decisiones subjetivas incorrectas; por ello se ha propuesto el uso de medidas directas de la función diafragmática, como la ecografía, que evalúa cualitativa y cuantitativamente la función del músculo de la respiración en términos de grosor, excursión, amplitud (entre contracciones) y velocidad contráctil (4,5). Además, este examen imagenológico ha mostrado superar a la radiografía de tórax, videofluoroscopia, electromiografía (EMG) y medición de la presión transdiafragmática, caracterizadas por las tasas elevadas de falsos negativos y positivos, y algunas contraindicaciones relacionadas al neumotórax e hiperinsuflación pulmonar (EMG contraindicada en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica) (6).

No obstante, la mala ventana acústica de la ecografía transdiafragmática (distensión del abdomen por íleo, neumotórax, entre otros) e infraestimación de mediciones por ausencia de perpendicularidad hacia la cúpula diafragmática está generando resultados contradictorios (7), al igual que la falta de estandarización en los puntos de corte de los parámetros ecográficos (excursión diafragmática, velocidad de contracción, fracción de engrosamiento y modificaciones en el índice de respiración superficial rauda) y en la técnica. Un ejemplo claro de ello es la selección del modo B que impide la visualización directa de la cúpula y la valoración real del movimiento diafragmático, alterado por la impedancia de estructuras próximas, clase de respiración, actividad de los músculos abdominales, entre otros (6,8).

Por consiguiente, es crucial realizar una investigación que demuestre con certeza la utilidad de la ecografía diafragmática en la predicción de éxito de la intubación en pacientes atendidos en la unidad de cuidados intensivos del Hospital Nacional Arzobispo Loayza.

Para ello, es importante conocer la naturaleza de la problemática en base la disponible:

Alam M et al. (3), en Bangladesh, determinaron la utilidad de la ecografía diafragmática en la extubación exitosa de pacientes con ventilación mecánica, para ello realizaron un estudio descriptivo y longitudinal, donde evaluaron a 31 participantes, considerando como estándar de oro al índice de respiración superficial rápida, en quienes identificaron que las mediciones del diafragma mediante ecografía, en particular la excursión del diafragma (11.43 mm: S 66.7%, E 84.6%, VPP 87.5% y VPN 73.3%) y la fracción de engrosamiento (22.33%: S 61.1%, E 84.6%, VPP 84.6% y VPN 61.1%) fueron predictores de extubación exitosa en pacientes con ventilación mecánica.

En el caso de Mohamed R et al. (9), en Egipto, evaluaron el papel de la ecografía diafragmática en la predicción de extubación exitosa de pacientes con ventilación mecánica, para lo cual aplicaron una metodología descriptiva y prospectiva, donde evaluaron a 80 participantes, considerando como estándar de oro a los métodos tradicionales; hallaron que la evaluación ecográfica del engrosamiento diafragmático en modo B (>21 cm en respiración corriente y >28.5 cm en respiración profunda: S 95 y 100%, E 100 y 65%, VPP 100 y 39%, y VPN 99 y 100% $p < 0.001$), la excursión diafragmática en modo M (>1.7 y >3.1 mm: S 68 y 75%, E: 65 y 55%, VPP 30 y 27%, y VPN 90 y 91%

$p < 0.05$) y la fracción de engrosamiento en modo B (>32.82 y $>37\%$: S 90 y 97%, E 75 y 100%, VPP 44 y 100%, y VPN 97 y 99% $p < 0.001$) predijeron con eficacia el éxito de la extubación en comparación de otros métodos tradicionales, como el índice de respiración superficial rápida, ventilación por minuto, frecuencia respiratoria o PaO_2/FiO_2 .

Mientras que en Colombia, Varón-Vega F et al. (8), determinaron la utilidad de la ecografía diafragmática en la predicción de éxito de la extubación, por lo que aplicaron una metodología observacional, descriptiva y prospectiva, donde participaron 84 pacientes, en quienes utilizaron como estándar de oro el índice de respiración superficial rápida; de esta manera identificaron que la velocidad de contracción del diafragma era el parámetro ecográfico con mejor capacidad discriminadora en la predicción de éxito de la extubación (AUC-ROC 0.70 $p: 0.008$ / Punto de corte >1.74 cm/s: S 85%, E 42%, VPP 85%, VPN 41% LR+ 1.45 LR- 0.36), pero el parámetro de excursión diafragmática fue significativo, estando presente en el 1.2% de los casos; mientras que el tiempo de inspiración, tiempo total y fracción de engrosamiento evidenciaron un p valor superior a 0.05.

Pero en India, Ramakrishnan P y Siddiqui S (10), evaluaron la utilidad de la excursión diafragmática mediante ultrasonido en el éxito de la extubación, para ello, aplicaron una metodología observacional, comparativa y prospectiva, donde incluyeron a 20 participantes en quienes se utilizó como estándar de oro al índice de respiración superficial rápida; encontraron un poder predictivo superior en la excursión diafragmática, pues aumentó en 249.8 veces más las probabilidades de éxito de la

extubación, a diferencia del índice de respiración superficial rápida que evidenció un Odds Ratio de 1 y el parámetro ecográfico reportó un valor más alto para el área bajo la curva de ROC (0.92 VS 0.58).

Theerawit P et al. (5), en Tailandia, evaluaron el desempeño de varios parámetros ecográficos de la función diafragmática en la predicción de éxito de la extubación en 68 pacientes con ventilación mecánica, cuyo estándar de oro considerado fue el índice de respiración superficial rápida, para ello aplicaron un método observacional, descriptivo y prospectivo; identificaron que la amplitud inspiratoria máxima del diafragma fue el único parámetro ecográfico que predijo eficazmente el éxito de la extubación en pacientes con ventilación mecánica (>0.8s: S 92.2%, E 45.5%, VPP 88.7%, VPN 55.6% y AUC 0.676); mientras que la excursión inspiratoria diafragmática ($p=0.047$), la diferencia del grosor diafragmático ($p=0.021$) y la fracción de engrosamiento del diafragma ($p=0.028$) se relacionaron a la reintubación dentro de las 48 horas.

Farghaly S y Hasan A (11), en Egipto, evaluaron el papel del engrosamiento y excursión diafragmática (ecografía del diafragma) en la predicción del resultado de la extubación, para lo cual analizaron a 54 pacientes, en quienes aplicaron como prueba de oro la prueba de respiración espontánea, de esta manera la investigación fue considerada como descriptiva y prospectiva, donde demostraron que el engrosamiento ≥ 21 mm al final de la inspiración (S 77.5% y E 86.6%) y excursión diafragmática ≥ 10.5 mm (S 87.5% y E 71.5%) predijeron eficazmente el éxito de la extubación.

Tanaka A et al. (6), en México, evaluaron la utilidad del parámetro engrosamiento diafragmático en la pérdida del éxito o fracaso de la extubación en 65 pacientes con ventilación mecánica invasiva, cuyo estándar de oro considerado fue el índice de ventilación superficial rápida; identificaron que el parámetro engrosamiento diafragmático predijo con eficacia el éxito o fracaso de la extubación (AUC-ROC: 0.85, punto de corte ≥ 31 , S 71%, E 92%, LR+ 9.1, LR- 0.31), especialmente si se multiplicó por el índice de ventilación superficial rápida (AUC-ROC: 0.82, punto de corte ≥ 68 , S 64%, E 84%, LR+ 4.09, LR- 0.4).

Wendell et al. (12), en Pensilvania, identificaron los predictores específicos de extubación exitosa en casos de accidente cerebrovascular isquémico, en 71 pacientes que requirieron intubación; hallaron que 79% de los casos fueron extubados con éxito mientras que en el 21% la extubación falló. El puntaje de la escala de coma de Glasgow ≥ 8 , fue considerado como un predictor de extubación exitosa (OR=23.30), ello al ser ajustado por edad, puntuación NIHSS al ingreso y por lateralidad del ACV. Así concluyeron que la puntuación de la escala de coma de Glasgow, es relevante para predecir la extubación.

A continuación, se definirán por medio de un marco referencial las principales variables:

La extubación está definida como la extracción de un tubo orotraqueal o una cánula traqueal, con la respectiva normalización del eje faringo-laríngeo-traqueal. Su procedimiento implica a la valoración inicial (examen neurológico, verificación de la hemodinamia, monitorización de la frecuencia cardíaca, temperatura y frecuencia

respiratoria, suspensión de la alimentación enteral 1 hora antes del procedimiento, verificación del residuo gástrico y cumplimiento de los criterios para el inicio de la extubación: reflejo de deglución, permeabilidad de la vía aérea y reflejo tusígeno), medidas de bioseguridad, extubación (posicionar al paciente en fowler o semi-fowler, retirar la fijación del tubo, desinflar el cuff, solicitar la inspiración profunda, extraer el tubo, animar al paciente a toser, nebulizar, suministrar oxígeno e iniciar la monitorización) y evaluación postprocedimiento (continuar con la monitorización, preservar la posición semifowler, inmovilizar al paciente por 24 horas, realizar gasometría arterial 1 hora después de la extubación, administrar dieta enteral 4 a 6 horas después de la extubación y registrar las acciones del proceso) (13–15).

Por otro lado, es necesario definir los términos extubación exitosa o destete y fracaso del procedimiento. El primero está conceptualizado como la capacidad de tolerar la respiración espontánea por un lapso mínimo de 48 horas, sin ningún nivel de ventilación asistida; mientras que el segundo hace referencia a la reintubación dentro de las 48 horas de extubación (5,8).

Con fines del estudio se ahondará en la extubación exitosa, que presenta una serie de herramientas objetivas y subjetivas para su predicción. Entre ellas destaca la ecografía diafragmática, debido a su seguridad (no radiación ionizante), viabilidad (ejecución < 15 min, valoración a pie de cama y posibilidad de varias repeticiones), disponibilidad y exactitud (resolución temporal elevada, alta reproductibilidad y precisión, y concordancia interobservador e intraobservador idónea) (16,17).

Esta es una técnica no invasiva que evalúa la anatomía y la función del diafragma, y que suele usar un ecógrafo Sonocare, con un transductor de 1 a 5 MHz. La exploración del diafragma se puede llevar a cabo a través de 2 ventanas acústicas: subcostal (diafragma se muestra como una estructura curva profunda que separa el tórax del abdomen) y zona de aposición (diafragma se muestra en 3 capas: 1 hipoecoica y 2 hiperecoicas), y la movilidad del músculo respiratorio se mide visualizando los hemidiafragmas en vista subcostal anterior (uso frecuente), subcostal posterior o subxifoide y en el modo bidimensional (modo B) o unidimensional (modo M). De estos últimos se prefiere el modo M, que analiza cualitativa y cuantitativamente el movimiento de estructuras y que involucra a 5 parámetros o medidas diafragmáticas: excursión diafragmática, tiempo de inspiración, velocidad de contracción diafragmática, tiempo total y fracción de engrosamiento (16–19).

La excursión diafragmática evalúa la amplitud de movimiento del músculo respiratorio, lo cual inicia desde la contracción del músculo hasta el punto máximo durante la inspiración, la velocidad de contracción diafragmática es el resultado de la división entre la excursión diafragmática y el tiempo de inspiración, el tiempo total es la suma del tiempo inspiratorio y el tiempo espiratorio, y la fracción de engrosamiento utiliza la siguiente fórmula: $\text{grosor muscular diafragmático al finalizar la inspiración} - \text{grosor muscular diafragmático al finalizar la espiración} / \text{grosor muscular diafragmático al finalizar la espiración} \times 100$ (8,20,21).

Justificación

Este proyecto evaluará la capacidad discriminativa de la ecografía diafragmática en la predicción de éxito de la extubación, considerando que actualmente en el nosocomio de estudio se aplican criterios de evaluación clínica, los cuales están protocolizados para considerar la extubación, los que podrían ser complementados con un método de ayuda diagnóstica como la ecografía diafragmática, evaluando parámetros e identificando sus puntos de corte para la predicción de la extubación exitosa, considerando que actualmente en el entorno local y nacional, no hay respaldo documental (guías, protocolos, normas, etc.), que se puedan tomar, por lo cual su identificación y hallazgo brindaría mayores garantías de una extubación satisfactoria en pacientes con soporte avanzado y aminorando el estrés cardiovascular y respiratorio por retiro de tubo precoz o la atrofia diafragmática y neumonía asociada al ventilador mecánico por retiro tardío.

III. OBJETIVO GENERAL E HIPÓTESIS

Objetivo general o principal:

Evaluar la capacidad discriminativa de los componentes de la ecografía diafragmática para predecir extubación exitosa en pacientes críticos del Hospital Nacional Arzobispo Loayza.

Objetivos secundarios o específicos:

- Describir las características clínicas epidemiológicas de los pacientes críticos con y sin extubación exitosa.
- Calcular la capacidad discriminativa de la excursión diafragmática (cm), tiempo de inspiración, velocidad de contracción del diafragma (cm/s), tiempo total y fracción de engrosamiento (%) de la ecografía diafragmática como predictores de extubación exitosa en pacientes críticos del Hospital Nacional Arzobispo Loayza.
- Describir la capacidad discriminativa de cada componente de la ecografía diafragmática según edad y sexo de cada componente de la ecografía diafragmática para pronóstico de extubación exitosa en pacientes críticos del Hospital Nacional Arzobispo Loayza

- Calcular la sensibilidad, especificidad, valor predictivo negativo y positivo de los puntos de corte de cada componente de la ecografía diafragmática para pronóstico de extubación exitosa en pacientes críticos del Hospital Nacional Arzobispo Loayza

Hipótesis:

H1: Los componentes de la ecografía diafragmática tienen igual capacidad discriminativa para predecir extubación exitosa en pacientes críticos del Hospital Nacional Arzobispo Loayza.

H0: Los componentes de la ecografía diafragmática no tienen igual capacidad discriminativa para predecir extubación exitosa en pacientes críticos del Hospital Nacional Arzobispo Loayza.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del estudio y escenario clínico

Cuantitativo, observacional, analítico, de caso – control, basado en el la información de las historias clínicas.

El estudio tomará como escenario clínico la unidad de cuidados intensivos del Hospital Arzobispo Loayza. Tiene una capacidad de 6 camas con 6 ventiladores por cada sala dentro de la Unidad, lo que se calcula 48 camas con 48 ventiladores y un staff de 50 médicos intensivistas y 102 enfermeras. Atiende entre 100 a 120 pacientes críticos por mes. Es un hospital de referencia del MINSA de Lima Ciudad y de referencia de pacientes a nivel nacional. Los pacientes que atiende son mayormente usuarios del Seguro Integral de Salud, modelo subsidiado.

Población

Incluiremos a pacientes con ventilación mecánica prolongada (21 días) ingresados en la unidad de cuidados intensivos del Hospital Nacional Arzobispo Loayza del 2022 en adelante.

Los casos serán aquellos con extubación exitosa y los controles cuando no lo fue. Se consideró exitosa cuando pueda tolerar la respiración espontánea durante al menos 48 h sin ningún nivel de ventilación asistida.

En ambos grupos se considerará a :

- Sujetos mayores de 18 años.
- Pacientes con SOFA ≥ 2 puntos en las primeras 48 horas de ingresado a UCI.
- Paciente con estado hemodinámico estable, sin uso de inotrópicos el día que se procede con la extubación.
- Pacientes con insuficiencia respiratoria tipo I o hipoxémica, el día que se procede con la extubación, se identifica “hipoxemia con PaCO₂ normal o bajo, además de incrementarse la gradiente alveolo-arterial de O₂ (AaPO₂>20mmHg)”.
- Pacientes + $\leq 38^{\circ}\text{C}$, sodio sérico, potasio, fósforo en rangos normales, el día que se procede con la extubación.
- Pacientes con indicación de prueba de respiración espontánea: CPAP + PS, el día que se procede con la extubación
- Paciente con una presión positiva al final de la expiración (PEEP) < 8 cmH₂O y FiO₂ < 50 %, con una saturación de oxígeno > 92 %, el día que se procede con la extubación.

Excluiremos a pacientes con enfermedad neuromuscular, parálisis diafragmática previa, usuarios de bloqueantes neuromusculares durante el ingreso a la Unidad, sujetos con neumotórax o neumomediastino, gestantes, sujetos con extubación paliativa o terminal, pacientes con malformación anatómica del diafragma.

Tamaño de muestra

El tamaño de la muestra será calculado por la fórmula de casos y controles, Además se considerará un nivel de confianza del 95% y potencia de prueba del 80%. De acuerdo con la investigación de Farghaly S y Hasan A (12), el 87.5% de pacientes con excursión diafragmática mayor e igual a 10.5 mm presentaron extubación exitosa. La relación entre grupos será de 1 a 1. A continuación, se presenta la formula en mención:

$$= \frac{[z_{1-\frac{\alpha}{2}}\sqrt{(r+1)P_M(1-P_M)} + z_{1-\beta}\sqrt{rP_1(1-P_1) + P_2(1-P_2)}]^2}{r(P_1 - P_2)^2}$$

Parámetros:

$Z_{1-\alpha/2} = 1.96$: Nivel de confianza 95%.

$Z_{1-\beta} = 1.282$: Poder de la prueba 90%.

$p_1 = 0.875$: Proporción de excursión diafragmática mayor e igual a 10.5 en pacientes extubados exitosamente.

$p_2 = 0.65$: Proporción de excursión diafragmática mayor e igual a 10.5 en pacientes extubados fallidamente.

$OR = 3.769$: Odds Ratio

$r = 1$: N° de no expuestos por cada expuesto

$P_M = (P_1 + rP_2)/(r+1)$

Resultado:

$n_1 = 74$: Tamaño para el grupo caso

$n_2 = 74$: Tamaño para el grupo control

Por lo tanto, el tamaño de la muestra será de 148 pacientes, de los cuales 74 fueron extubados exitosamente y en 74 la extubación falló.

Muestreo

El muestreo para esta investigación será el probabilístico. Se confeccionará un marco muestral de todos los pacientes según el estado de extubación exitosa o no. Elegiremos en forma aleatoria del grupo caso y del grupo control, el número de sujetos requerido. Tras evaluar los casos, se realizará una nueva selección aleatoria si hubo exclusiones de los sujetos.

Variables de estudio

Variable dependiente:

Éxito de la extubación.

Variables independientes:

Ecografía diafragmática: excursión diafragmática, tiempo de inspiración, velocidad de contracción del diafragma, tiempo total y fracción de engrosamiento.

Variables intervinientes

- Edad
- Sexo
- IMC
- SOFA de ingreso
- Tiempo de intubación
- Uso de antibióticos
- Tiempo en UCI
- Neumonía intrahospitalaria

Variable	Definición operacional	Tipo de variable	Escala	Indicador	Categorías
Pruebas diagnósticas					
Excursión diafragmática	Valora el grosor diafragmático al final de la espiración y al final de la inspiración. Se considerará como alta posibilidad cuando el valor sea ≥ 10.5 mm	Cualitativo	Nominal	≥ 10.5 mm < 10.5 mm	Alta posibilidad Baja posibilidad
Tiempo de inspiración	Tiempo desde el inicio de la contracción diafragmática hasta la inspiración máxima. Se considerará como alta posibilidad cuando el valor sea >0.8 segundos	Cualitativo	Nominal	> 0.8 s ≤ 0.8 s	Alta posibilidad Baja posibilidad

<p>Velocidad de contracción del diafragma</p>	<p>Se calculará mediante la fórmula: Excursión diafragmática (DE)/ tiempo de inspiración (TPIA día). Se considerará como alta posibilidad cuando el valor sea >1.74 cm/s</p>	<p>Cualitativo</p>	<p>Nominal</p>	<p>>1.74 cm/s ≤ 1.74 cm/s</p>	<p>Alta posibilidad Baja posibilidad</p>
<p>Tiempo total</p>	<p>Tiempo inspiratorio + tiempo espiratorio. Se considerará como alta posibilidad cuando el valor sea >2.96 segundos</p>	<p>Cualitativo</p>	<p>Nominal</p>	<p>>2.96 segundos ≤ 2.96 segundos</p>	<p>Alta posibilidad Baja posibilidad</p>
<p>Fracción de engrosamiento</p>	<p>Determinado mediante la fórmula (Grosor diafragmático (Tdi) inspiratorio – Tdi-</p>	<p>Cualitativo</p>	<p>Nominal</p>	<p>< 34.2% ≥ 34.2%</p>	<p>Alta posibilidad Baja posibilidad</p>

	<p>espiratorio) / Tdi- espiratorio x100. Se considerará como alta posibilidad cuando el valor sea < 34.2%</p>				
Desenlace					
<p>Éxito de la extubación</p>	<p>Se definirá como la capacidad de tolerar la respiración espontánea durante al menos 48 h sin ningún nivel de ventilación asistida. El fracaso del destete se definirá como el requisito para la reanudación de la ventilación mecánica invasiva o no invasiva o la reintubación dentro de las 48 h</p>	<p>Cualitativa</p>	<p>Nominal</p>	<p>Capacidad de tolerar la respiración espontánea</p>	<p>Extubación exitosa Extubación fallida</p>

	posteriores a la extubación o la realización de traqueostomía				
Intervinientes					
Edad	Cantidad de años vividos por el paciente hasta el momento de realizada la extubación.	Cuantitativa	Razón	Años	18, ..., 99
Sexo	Características biológicas que diferencian a pacientes varones de mujeres.	Cualitativa	Nominal	Genero	Masculino Femenino
IMC	Método o medida de valoración para determinar que el peso del paciente va acorde a su talla.	Cualitativa	Ordinal	IMC	Delgadez Normal Sobrepeso Obesidad
SOFA ingreso	Valoración de disfunción orgánica	Cuantitativa	Razón	Números	2, ..., 6

	en el paciente al momento de ser ingresado a UCI.				
Tiempo de intubación	Cantidad de días que el paciente requirió intubación	Cuantitativa	Razón	Días	21,
Uso de ATB	Paciente con requerimiento de administración de antibioticoterapia.	Cualitativa	Nominal	Antibioticoterapia	Sí No
Tiempo de estancia en UCI	Cantidad de días que el paciente estuvo hospitalizado en la Unidad de Cuidados intensivos.	Cuantitativa	Razón	Días	21, ..., 60
Neumonía intrahospitalaria	Infección pulmonar desarrollada durante la estadía hospitalaria del paciente identificado a partir de 2 o más días posterior a su internamiento.	Cualitativa	Nominal	Patología respiratoria	Sí No

Instrumentos

Se utilizará una ficha de recolección que extraerá datos sobre la atención, detalles de la ecografía y el desenlace de la base de datos.

Respecto al algoritmo de diagnóstico y manejo de la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Arzobispo Loayza, este es realizado por el médico intensivista según lo mencionado en las guías del MINSA (22).

Respecto a la técnica para la realización de la ecografía diafragmática del hospital, está basado en la experticia de cada médico, en la institución se cuentan con tres (3) médicos asistentes que realizan esta ecografía, quienes cuentan con diplomado en ecografía de paciente crítico. El médico intensivista capacitado en ultrasonido toma las imágenes diafragmáticas. Se realiza con un ecógrafo Hitachi (modelo Arietta 850). El paciente debe de estar en posición semisentada (reposacabezas elevado 45 grados), pues las mediciones se realizan en la mitad derecha del diafragma. El transductor se coloca debajo de la caja torácica, entre la línea media clavicular y la línea axilar anterior. El haz de ultrasonido se dirige cefálicamente, perpendicular al tercio posterior del diafragma. La prueba de respiración espontánea, se efectúa con el paciente en posición supina, mediante la Ventilación mecánica modo espontáneo PS + CPAP: PS 8, CPAP 5-8, o Tubo en T durante 30 minutos. El informe se realiza en una ficha del hospital y queda en la historia clínica.

Procedimientos

Preparación

Se tramitarán los permisos que sean necesarios en el Hospital Nacional Arzobispo Loayza para el uso de los datos correspondiente a la población de estudio. Una vez obtenidos los permisos serán socializados con el área de estadística, para que dé la aprobación de proporcionar la base de datos de la población de interés y la investigadora pueda identificar la información a analizar.

Selección y tamizaje

Posterior a la selección al azar de los pacientes del marco muestral. Se revisará información registrada en las historias clínicas, dando cumplimiento a los criterios de elegibilidad planteados.

Recolección de datos

La recolección de la información será realizada mediante un formulario virtual de Google basado en la ficha del anexo. Será realizado por tres personas (la autora incluida) en los ambientes del archivo del hospital. Las personas del personal de salud con conocimientos en medicina intensiva.

Acopio de los datos

El formulario posteriormente reúne los datos en una hoja de cálculo de Google, para su análisis posterior.

Plan de análisis

Se utilizará el programa SPSS V.25 para el análisis. Se describirán sexo, puntaje SOFA inicial, mediante frecuencias absolutas y relativas entre los grupos con extubación exitosa o no. Describiremos la media con desviación estándar o mediana con rango intercuartílicos según normalidad de edad, SOFRA al ingreso, tiempo de hospitalización y tiempo de estancia en UCI. Evaluaremos si hubo diferencias entre los grupos utilizando chi cuadrado o prueba exacta de Fisher para variables categóricas. Si las variables fueran numéricas se utilizará T de Student o U de Mann Whitney.

Se hallará el área bajo la curva ROC con su intervalo de confianza al 95% de cada componente de la ecografía según los puntos de corte predeterminados para la ocurrencia de extubación exitosa. Se comparará la capacidad discriminativa de los componentes ecográficos según la prueba de De Long. Se realizará un análisis por subgrupos de la curva ROC según sexo y grupo étnico de cada componente.

Se calculará la sensibilidad, especificidad, el valor predictivo positivo y valor predictivo negativo de los puntos de corte predeterminados de cada componente de la ecografía diafragmática. Para todos los análisis utilizaremos un nivel de significancia del 5%.

Aspectos éticos

Se solicitará la aprobación del Comité Institucional de Ética e Investigación de la Universidad Científica del Sur y del Hospital Nacional Arzobispo Loayza, para la ejecución del estudio.

Posteriormente se coordinará con el área de archivos de la institución sanitaria, para tener acceso a las historias clínicas de los pacientes que cumplan con los criterios anteriormente mencionados.

Se respetarán los principios bioéticos: no maleficencia, beneficencia, justicia y autonomía, contemplados en la Declaración de Helsinki (23), pues el desarrollo del estudio no pondrá en riesgo la salud o integridad del paciente, cada una de las fichas de recolección a utilizar serán codificados, para mantener el anonimato.

Todas las fichas serán codificadas, no tendrán ningún tipo de indentificación personal. Solo la investigadora tendrá acceso al archivo con la identificación de los códigos, que solo serán usados en caso de detectar valores extremos o faltantes. Para resguardar la información que se obtenga, la investigadora contará con un usuario y contraseña virtual, que le permita ingresar a los datos, ello con la finalidad de resguardar la utilización correcta de la información, pues solo serán usados para fines científicos.

V LIMITACIONES

La principal limitación del estudio será la cantidad de historias clínicas que cumplan con los criterios de elegibilidad, y contengan todas las variables que se desean evaluar en los grupos propuestos (excursión diafragmática, engrosamiento diafragmático, entre otras), pues ello pudiera influir en la cantidad de la muestra y su representatividad (falta de potencia). Así mismo los resultados a obtener no podrán ser extrapolados a otras instituciones, pues cada entidad tiene su propia realidad.

VI PRESUPUESTO Y FINANCIAMIENTO

MATERIALES	COSTOS (S/.)
Protocolo y autorización ética	
01 investigador para elaboración del estudio	0
Total 1	0
Ejecución de la investigación	
Material de oficina	200
Libros y copias bibliografía	400
Impresiones y copias	250
Protección personal: mascarillas, alcohol gel	300
Traslado	400
Conexión de internet	800
Costos de contratar 03 encuestadores	900
Total 2	3250
Informe Final y Publicación	
01 personal estadístico	1800
Costos de publicación	100
Total 3	1900
TOTAL	5150

VII CRONOGRAMA

ACTIVIDADES		2023									
		Mar	Ab r	May	Jun	Jul	Ag o	Se p	Oct	No v	Dic
Planeación	Seleccionar tema	X									
	Revisar bibliografía	X									
	Elaborar proyecto de estudio	X	X								
	Revisión y aprobación		X	X							
	Revisión académica				X						
	Revisión ética por CIEI UCSUR					X					
	Aprobación del proyecto					X					
Ejecución	Ejecución del proyecto de investigación						X	X			
	Recopilar y analizar resultados								X		
	Procesamiento de datos								X		
	Elaborar informe final								X		
	Correcciones									X	
Divulgación	Elaborar artículo										X
	Elección de revista										X

	Envió a revisión											X
	Publicación											X
	Ingreso al repositorio											X

VIII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. McCool D, Oyieng'o D, Koo P. The Utility of Diaphragm Ultrasound in Reducing Time to Extubation. *Lung*. 2020;198(3):499-505.
2. García-Sánchez A, Barbero E, Pintado B, Pérez A, Velasco D, Rodríguez C, et al. Disfunción diafragmática evaluada por ecografía como predictora del fracaso de la extubación: Revisión sistemática y metanálisis. *Open Respir Arch*. 2020;2(4):267-77.
3. Alam M, Roy S, Iktidar M, Padma F, Nipun K, Chowdhury S, et al. Diaphragm ultrasound as a better predictor of successful extubation from mechanical ventilation than rapid shallow breathing index. *Acute Crit Care*. 2022;37(1):94-100.
4. Dinino E, Gartman E, Sethi J, McCool D. Diaphragm ultrasound as a predictor of successful extubation from mechanical ventilation. *Thorax*. 2014;69(5):431-5.
5. Theerawit P, Eksombatchai D, Sutherasan Y, Suwatanapongched T, Kiatboonsri C, Kiatboonsri S. Diaphragmatic parameters by ultrasonography for predicting weaning outcomes. *BMC Pulm Med*. 2018;18:175.
6. Tanaka A, Amador A, Delgado L, Franco J, Aguirre J, Camarena G. Medición del grosor diafragmático como parámetro predictivo para retiro de ventilación mecánica invasiva en pacientes de terapia intensiva. *Med Crítica Col Mex Med Crítica*. 2017;31(4):190-7.
7. Vázquez J, Coca A, Sánchez M. Ecografía de la función diafragmática. *Protoc Diagn Ter Pediatr*. 2021;(1):409-4016.
8. Varón-Vega F, Hernández Á, López M, Cáceres E, Giraldo-Cadavid L, Uribe-Hernandez A, et al. Usefulness of diaphragmatic ultrasound in predicting extubation success. *Med Intensiva Engl Ed*. 2021;45(4):226-33.

9. Mohamed R, Mohamed A, Fathalah W, Mohamed M, Ahmed A. The role of diaphragmatic ultrasound as a predictor of successful extubation from mechanical ventilation in respiratory intensive care unit. *Egypt J Bronchol.* 2021;15(1):51.
10. Ramakrishnan P, Siddiqui S. Extubation success can be better predicted by diaphragmatic excursion using ultrasound compared to rapid shallow breathing index. *Indian J Anaesth.* 2018;62(10):814-5.
11. Farghaly S, Hasan A. Diaphragm ultrasound as a new method to predict extubation outcome in mechanically ventilated patients. *Aust Crit Care.* 2017;30(1):37-43.
12. Wendell L, Raser J, Kasner S, Park S. Predictors of Extubation Success in Patients with Middle Cerebral Artery Acute Ischemic Stroke. *Stroke Res Treat.* 2011;1(1):e248789.
13. Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas. Cuidados de enfermería en la extubación del paciente crítico oncológico [Internet]. Lima: Ministerio de Salud; 2018. Disponible en: <http://portal.inen.sld.pe/wp-content/uploads/2018/05/RJ-292-18.pdf>
14. Organización Panamericana de la Salud. Extubación Traqueal [Internet]. DeCS. 2023. Disponible en: <https://decs2020.bvsalud.org/cgi-bin/wxis1660.exe/decsserver/>
15. Castro R, Pazmiño M, Zambrano M, Sánchez E. Destete de la ventilación mecánica, Guayaquil 2019. *RECIMUNDO.* 2020;4(3):1-11.
16. Vieira P, Zumpano L, Pereira A, Ribeiro C, Caruso P. Diaphragmatic ultrasound: a review of its methodological aspects and clinical uses. *J Bras Pneumol.* 2020;46(6):e20200064.
17. Osman A, Hassan A, Hashim H, Abbas F. Diaphragmatic Ultrasound: Review Article. *Egypt J Hosp Med.* 2022;87:1006-9.

18. Charco-Roca L, Martín-Fuentes A, Gambarrutta-Malfatti C, Cuesta-Montero P. Disfunción de marcapasos diafragmático y utilidad de la ecografía diafragmática. *Rehabilitación*. 2019;53(2):116-20.
19. Charco L, Simón E. Evaluación ecográfica de la función diafragmática en el paciente crítico. *Rev Elect Anestesiología*. 2019;11(2):1-8.
20. Valerio B, Mendoza E, Mendoza M. Excursión diafragmática como predictor de éxito para el retiro de la ventilación mecánica en el paciente obeso. *Med Crit*. 2020;34(2):133-7.
21. Sayas J, Hernández-Voth A, Villena M. Ecografía diafragmática: una herramienta de novedosa a rutinaria. *Arch Bronconeumol*. 2019;1-3.
22. Hospital Arzobispo Loayza. Manual de Procesos y Procedimientos. Atención de Salud Especializada. Departamento de Emergencia y Cuidados Críticos [Internet]. Ministerio de Salud; 2021. Disponible en: https://www2.hospitalloayza.gob.pe/pte/files/TRAS_00bbe637b0b841b_.pdf
23. Asociación Médica Mundial [AMM]. Declaración de Helsinki de la AMM-Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos [Internet]. Declaración de Helsinki de la AMM-Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. 2017 [citado 9 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.wma.net/es/polices-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos/>
24. Montes E, Martínez A. Estudio descriptivo y comparativo en pacientes ingresados por insuficiencia respiratoria por COVID-19 durante la primera oleada de la pandemia en la Reanimación de un hospital terciario [Internet] [Tesis Grado]. Universidad del País Vasco; 2021. Disponible en:

https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/54879/TFG_%20Montes_%20Hijosa_Eneritz.pdf?sequence=1&isAllowed=y

25. Tam E. Comparación entre las escalas de coma de Glasgow, NIHSS y FOUR como predictoras de mortalidad de 30 días como pacientes adultos con ictus isquémico [Internet] [Tesis Grado]. Universidad Nacional de Trujillo; 2019. Disponible en: http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/15399/TamArevalo_E.pdf?sequence=1&isAllowed=y

IX ANEXOS**Anexo 1: Instrumento(s) de recolección de los datos**

Capacidad discriminativa de los componentes de la ecografía diafragmática para predecir extubación exitosa en pacientes críticos de un hospital público peruano

Fecha: ____/____/____

ID: _____

I. Características generales

Edad: _____ años

Sexo: () Masculino () Femenino

IMC: Delgadez () Normal ()

Sobrepeso () Obesidad ()

SOFA al ingreso: _____

Tiempo de intubación: _____ días

Uso de antibióticos: Si () No ()

Tiempo de estancia en UCI: _____ días

Neumonía intrahospitalaria: Si () No ()

II. Ecografía diafragmáticaExcursión diafragmática: _____ cm () ≥ 10.5 mm() < 10.5 mm

Tiempo de inspiración: _____ s () > 0.8 s

() ≤ 0.8 s

Velocidad de contracción del diafragma: _____ cm/s () > 1.74 cm/s

() ≤ 1.74 cm/s

Tiempo total: _____ s () > 2.96 segundos

() ≤ 2.96 segundos

Fracción de engrosamiento: _____ % () < 34.2%

() ≥ 34.2%

III. Éxito de la extubación

() Extubación exitosa

() Extubación fallida Reanudación de VM invasiva ()

Reanudación de VM no invasiva ()

Traqueostomía ()

Score SOFA

	0	1	2	3	4
Respiración		<40			
PaO ₂ /FiO ₂ (mmHg)	>400	0 221-	<300 142-220	<200 67-141	<100
SaO ₂ /FiO ₂		301			
Coagulación		<15			
Plaquetas 10 ³ /mm ³	>150	0	<100	<50	<67
Hígado		1.2-			
Bilirrubina (mg/dL)	<1.2	1.9	2.0-5.9	6.0-11.9	<20
Cardiovascular	No hipotensión	PAM <70	Dopamina </=5 o Dobutamina	Dopamina >5 o Norepinefrina </=0.1	Dopamina >15 o Norepinefrina >0.1
SNC		13-			
Score Glasgow de coma	15	14	10-12	6-9	<6
Renal	<1.2	1.2- 1.9	2.0-3.4	3.5-4.9 o <500	>5.0 o <200

Creatinina (mg/dL)					
O flujo urinario (mL/d)					

PAM: presión arterial media

SNC: sistema nervioso central

SaO₂: saturación arterial de oxígeno periférico

Fuente: Montes y Martínez (24).

Score de coma de Glasgow

Respuesta ocular	Puntuación
Espontanea	4
A la orden verbal	3
Al dolor	2
No responde	1
Respuesta verbal	Puntuación
Orientado y conversando	5
Desorientado y hablando	4
Palabras inapropiadas	3
Palabras incomprensibles	2
Ninguna respuesta	1
Respuesta motora	Puntuación
Obedece orden verbal	6
Localiza el dolor	5
Retirada al dolor	4
Flexión al dolor	3
Extensión al dolor	2
Ninguna respuesta	1

Puntuaciones: 3 a 8 considerado como coma

Fuente: Tam (25)

**COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA EN
INVESTIGACIÓN**



CONSTANCIA N° 191-CIEI-CIENTÍFICA-2023

El presidente del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Científica del Sur (CIEI-CIENTÍFICA) da constancia que el proyecto de investigación, cuyos datos se registran a continuación, ha sido aprobado por el CIEI-CIENTÍFICA.

Código de registro: **POS-88-2023-00456**

Título: **Capacidad discriminativa de los componentes de la ecografía diafragmática para predecir extubación exitosa en pacientes críticos de un Hospital Público Peruano**

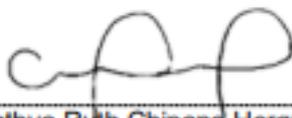
Investigador(a): **Alexandra Katherine Martínez Dávalos**

La aprobación del proyecto de investigación implica que el documento presentado a evaluación cumple con los lineamientos de Universidad en materia de investigación y ética, los cuales se sustentan en la normativa internacional vigente.

En tal sentido, esta aprobación carecerá de valor si es que el proyecto de investigación arriba indicado es modificado de cualquier forma. Toda enmienda, añadido, eliminación o eventualidad (eventos adversos, etc.) posterior a la fecha de aprobación debe ser reportado al CIEI-CIENTÍFICA.

La vigencia de la aprobación de este documento es de dieciocho (18) meses (hasta el 13 de febrero del 2025), periodo en el que puede desarrollarse el proyecto. Cualquier trámite para su renovación deberá ser enviado antes del término de la vigencia de este documento, debiendo suspenderse todo desarrollo hasta que la renovación sea aprobada.

Villa El Salvador, 14 de agosto de 2023



Mg. Cinthya Ruth Chipana Herquinio

Presidente

Comité Institucional de Ética en Investigación