

**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
CARRERA DE MEDICINA**

**TEMA:**

**Desarrollo de una aplicación de Inteligencia Artificial para el monitoreo  
y detección temprana de complicaciones durante el embarazo mediante  
análisis de datos clínicos en pacientes del Hospital General Guasmo  
Sur entre el año 2022 y el año 2023**

**AUTORES:**

**González Mellizo, Diana Valentina  
Lucas Palomino, Mery Elizabeth**

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

**TUTOR:**

**Vásquez Cedeño, Diego Antonio**

**Guayaquil, Ecuador  
09 de mayo del 2025**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**  
**CARRERA DE MEDICINA**

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **González Mellizo, Diana Valentina y Lucas Palomino, Mery Elizabeth** como requerimiento para la obtención del título de **Médico**.

### **TUTOR (A)**



Firmado electrónicamente por:  
**DIEGO ANTONIO  
VASQUEZ CEDENO**

Validar únicamente con FirmaEC

f. \_\_\_\_\_  
**Vásquez Cedeño, Diego Antonio**

### **DIRECTOR DE LA CARRERA**

f. \_\_\_\_\_  
**Aguirre Martínez, Juan Luis**

**Guayaquil, a los 09 del mes de mayo del año 2025**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

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

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **González Mellizo, Diana Valentina**

### **DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, **Desarrollo de una aplicación de Inteligencia Artificial para el monitoreo y detección temprana de complicaciones durante el embarazo mediante análisis de datos clínicos en pacientes del Hospital General Guasmo Sur entre el año 2022 y el año 2023** previo a la obtención del título de **Médico**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

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

**Guayaquil, a los 09 del mes de mayo del año 2025**

### **LA AUTORA**



Firmado electrónicamente por:  
**DIANA VALENTINA  
GONZALEZ MELLIZO**

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

**González Mellizo, Diana Valentina**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

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

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Lucas Palomino, Mery Elizabeth**

### **DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, **Desarrollo de una aplicación de Inteligencia Artificial para el monitoreo y detección temprana de complicaciones durante el embarazo mediante análisis de datos clínicos en pacientes del Hospital General Guasmo Sur entre el año 2022 y el año 2023** previo a la obtención del título de **Médico**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

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

**Guayaquil, a los 09 del mes de mayo del año 2025**

**LA AUTORA**

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

**Lucas Palomino, Mery Elizabeth**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

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

## **AUTORIZACIÓN**

Yo, **González Mellizo, Diana Valentina**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Desarrollo de una aplicación de Inteligencia Artificial para el monitoreo y detección temprana de complicaciones durante el embarazo mediante análisis de datos clínicos en pacientes del Hospital General Guasmo Sur entre el año 2022 y el año 2023**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 09 del mes de mayo del año 2025**

**LA AUTORA:**



Firmado electrónicamente por:  
**DIANA VALENTINA  
GONZALEZ MELLIZO**

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

**González Mellizo, Diana Valentina**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

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

## **AUTORIZACIÓN**

**Yo, Lucas Palomino, Mery Elizabeth**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Desarrollo de una aplicación de Inteligencia Artificial para el monitoreo y detección temprana de complicaciones durante el embarazo mediante análisis de datos clínicos en pacientes del Hospital General Guasmo Sur entre el año 2022 y el año 2023**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

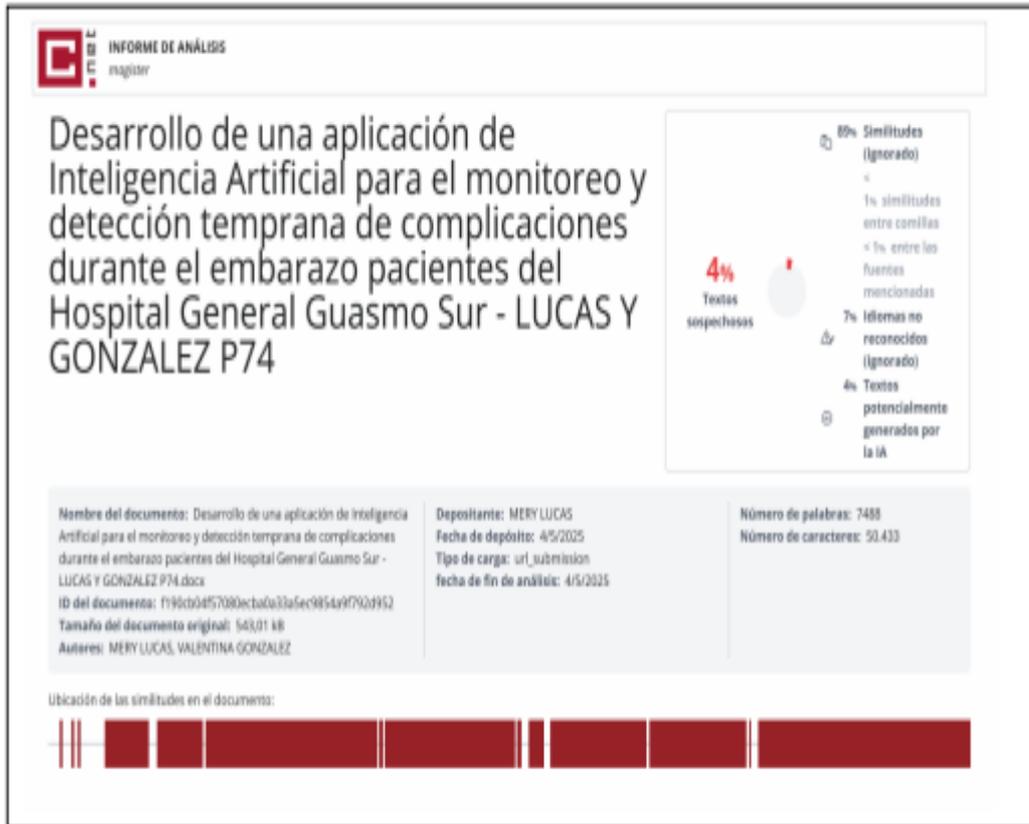
**Guayaquil, a los 09 del mes de mayo del año 2025**

**LA AUTORA:**

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

**Lucas Palomino, Mery Elizabeth**

## REPORTE DE COMPILATIO



TUTOR (A)



Firmado electrónicamente por:  
**DIEGO ANTONIO  
VASQUEZ CEDENO**

Validar únicamente con FirmaRC

f.

**Vásquez Cedeño, Diego Antonio**

## **Agradecimiento**

A mis padres, por su amor constante y por siempre estar ahí, cada uno a su manera. Por cada mañana en la que mi mamá me hacía el desayuno, pero, sobre todo, por sentarse conmigo, acompañándome hasta terminar. A mi papá, por llevarme cada día y esperarme siempre con una sonrisa al regresar, sin importar la hora ni el cansancio. Gracias por ser mi refugio, mi fuerza y darme ese hogar que todos sueñan con tener.

A mi amor Bryan, por estar a mi lado en cada paso, sin importar el lugar, siempre con el mismo amor. Gracias por impulsarme a creer que siempre puedo un poco más, por compartir conmigo no solo los sueños, sino también las cargas, que contigo siempre se sienten más livianas. Tu amor me sostiene. Agradezco por ti, y a ti.

A mi familia, por tener fe en mí incluso en mis silencios, por comprender mis tiempos y siempre esperarme con cariño.

A mis amigos, Jesús, Jon y Camila, por su compañía, las risas y la complicidad que hicieron de este camino algo más liviano.

Y a Mery, mi compañera, porque en medio de esta travesía llamada tesis, lo más valioso fue saber que nuestra amistad y el cariño siempre estuvieron primero.

Gracias por todo.

- **Valentina González**

## **Agradecimiento**

Agradezco primeramente a Dios, por haber sembrado en mí la vocación de sanar y el deseo de servir a los demás. Gracias por darme paz en medio del caos, por renovar mi esperanza cuando flaqueaba y por acompañarme silenciosamente en cada paso de mi carrera, incluso en aquellas en las que sentí que ya no podía más.

A mi familia, por su amor incondicional, por su apoyo inquebrantable y por enseñarme el valor del esfuerzo, la responsabilidad. A mi hermana, por recordarme con cada gesto que no estoy sola, por siempre estar a mi lado con palabras de aliento y escucharme cuando lo necesito. A mi mamá, porque a pesar de los desafíos, logró cumplir su sueño de graduarse como chef, enseñándome que nunca es tarde para luchar por lo que uno ama. Y a mi papá, por compartir conmigo su pasión por la medicina y por inculcarme desde pequeña los valores que hoy me sostienen. Ambos, con sus propias historias, han sido mi mayor inspiración y son una parte esencial de este logro.

A mis tíos y primos en el extranjero, quienes en cada visita y conversación durante las vacaciones me llenaban de ánimo y motivación para seguir adelante con la carrera de medicina. Su cariño a la distancia ha sido un impulso invaluable.

A mis amigos, Jon y Jesús, por su amistad sincera, por compartir este camino lleno de retos y por estar presente en los buenos y malos momentos. Gracias por los chistes internos y las reuniones para estudiar.

A Valentina, mi compañera de tesis y amiga, por tu paciencia, por tu apoyo incondicional en este proyecto, por compartir tanto esfuerzo, risas y desvelos conmigo. No pude elegir mejor compañera y amiga, te agradezco infinitamente todo tu cariño y honestidad, por siempre estar para mí en todo.

A mis compañeros y amigos del internado: Estrella, Víctor, Paula, Jean, Juli, Lucho y Génesis. Gracias por su apoyo constante, por estar ahí cuando el estrés de la tesis y las guardias parecían demasiado.

A todos ustedes, gracias por ser parte de este logro. Esta meta alcanzada también es suya.

- **Mery Lucas**

### **Dedicatoria**

A Dios, por ser mi guía en los momentos difíciles y mi fortaleza en cada desafío.

A mis padres María Esther y Antenogeno, por su amor incondicional e inagotable, sus sacrificios y por siempre creer en mí incluso cuando yo dudaba.

Y a mi hermana Paola, por su cariño, apoyo y consejos que siempre me impulsaron a seguir adelante.

- **Mery Lucas**

A mis padres, Jorge y Ma. Fernanda, que con amor y sacrificio hicieron posible cada paso en este camino. Por ser mi fuerza, mi guía y mi refugio; por enseñarme a soñar en grande y por creer en mí incluso en los momentos en que yo no lo hacía. Este logro es más suyo que mío.

- **Valentina González**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
CARRERA DE MEDICINA**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

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

**Dr. Aguirre Martínez, Juan Luis**  
DIRECTOR DE CARRERA

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

**Dr. Vásquez Cedeño, Diego Antonio**  
COORDINADOR DEL ÁREA

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

**Dr. Vásquez Cedeño, Diego Antonio**  
TUTOR

# ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>XV</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XVI</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>2</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>3</b>
Objetivo general .....	3
Objetivos específicos .....	3
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>5</b>
<b>CAPITULO I: MARCO TEORICO</b> .....	<b>6</b>
<b>1.1. Generalidades de la preeclampsia</b> .....	<b>6</b>
1.1.1 Definición .....	6
1.1.2 Antecedentes y epidemiología .....	6
1.1.3 Etiopatogenia .....	7
1.1.4 Factores de riesgo .....	7
1.1.5 Manifestaciones clínicas.....	8
1.1.6 Criterios diagnósticos .....	9
<b>1.2 Generalidades de la diabetes gestacional</b> .....	<b>9</b>
1.2.1 Definición .....	9
1.2.2 Antecedentes y epidemiología .....	10
1.2.3 Etiopatogenia .....	10
1.2.4 Factores de riesgo .....	11
1.2.5 Criterios diagnósticos .....	11
1.2.6 Aplicaciones de la IA en el embarazo .....	12
1.2.7 Beneficios potenciales ante el uso de IA en Ecuador .....	12
<b>CAPITULO II: MATERIALES Y METODOS</b> .....	<b>13</b>
<b>2.1 Metodología</b> .....	<b>13</b>
<b>2.2 Enfoque de investigación</b> .....	<b>13</b>
<b>2.3 Tipo y diseño de investigación</b> .....	<b>13</b>
2.3.1 Población de estudio .....	14
<b>CAPITULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>19</b>
<b>3.1 Resultados</b> .....	<b>19</b>
3.2 Odds Ratios y significancia estadística .....	20
<b>3.3 Curva ROC y Punto de Corte Óptimo</b> .....	<b>21</b>
<b>Discusión</b> .....	<b>25</b>
<b>CONCLUSIÓN</b> .....	<b>27</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>29</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>33</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1. Procesamiento de casos.....</b>	<b>15</b>
<b>Tabla 2. Codificación variable dependiente.....</b>	<b>15</b>
<b>Tabla 3. Operacionalización de las variables .....</b>	<b>16</b>
<b>Tabla 4. Modelo nulo .....</b>	<b>19</b>
<b>Tabla 5. Resumen del modelo.....</b>	<b>20</b>
<b>Tabla 6. Variables con Odds Ratio/Exp(B) y significancia (Sig.) SPSS.</b>	<b>20</b>
<b>Tabla 7. Variables con Odds Ratio y significancia (p. valor) RStudio ...</b>	<b>21</b>
<b>Tabla 8. Matriz de confusión .....</b>	<b>22</b>
<b>Tabla 9. Estadística del modelo.....</b>	<b>23</b>
<b>Tabla 10. Comparación entre datos y aplicación web .....</b>	<b>24</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1.</b> Curva de ROC .....	21
<b>Ilustración 2.</b> Estadísticas del modelo .....	22
<b>Ilustración 3.</b> Modelo de la app calculadora de riesgo obstétrico .....	33
<b>Ilustración 4.</b> Resultado de riesgo obstétrico bajo.....	34
<b>Ilustración 5.</b> Resultado de riesgo obstétrico alto.....	34

## RESUMEN

El diagnóstico oportuno de las complicaciones obstétricas conlleva un gran desafío considerable en numerosos casos, debido a la complejidad con la que estas se suelen presentarse y, por consiguiente, seguir un control prenatal adecuado suele ser difícil en los sistemas de salud de primer nivel donde no siempre se cuenta con las herramientas necesarias para una atención de calidad. La presente investigación, tiene como objetivo la implementación de una aplicación web en conjunto con la inteligencia artificial (IA), para poder predecir de manera temprana posibles complicaciones durante el embarazo. Esta aplicación busca ser una herramienta práctica y fácil de usar para el personal de salud, especialmente en lugares donde hay pocos recursos. Con esta finalidad, hemos utilizado métodos de estudios estadísticos, aplicando modelos de regresión logística y el uso de softwares como SPSS y RStudio, donde se llevó a cabo el análisis de los datos clínicos de pacientes embarazadas atendidas durante el periodo 2022-2023 en el Hospital General Guasmo Sur del Ecuador. El modelo predictivo mostró una sensibilidad del 99.01% y una especificidad del 95.88%, lo cual evidencia la alta confiabilidad en comparación con otros métodos tradicionales. Esperamos que la aplicación pueda ayudar a tomar decisiones clínicas más rápidas y seguras, así mismo que sea el punto de partida para futuras investigaciones y de un nuevo camino para el uso de la tecnología en el monitoreo de la salud materno-fetal. Así mismo, esperamos que a través de esta investigación contribuir al avance de la digitalización médica en el Ecuador.

**Palabras claves:** Inteligencia artificial, embarazo, complicaciones obstétricas, salud materna, evaluación del riesgo, regresión logística.

## **ABSTRACT**

The timely diagnosis of obstetric complications is a considerable challenge in many cases, due to the complexity with they are usually presented and, therefore, proper prenatal monitoring is often difficult in primary health care systems where the tools for quality care are not always available. The present research aims to implement a web application in conjunction with artificial intelligence (AI), to be able to predict early possible complications during pregnancy. This application aims to be a practical and easy-to-use tool for health care personnel, especially in places where resources are scarce. For this purpose, we have used statical study methods, applying logistic regression models and using software such as SPSS and RStudio, where the analysis of clinical data of pregnant patients treated during the period 2022-2023 in the Hospital General Guasmo Sur of Ecuador. The predictive model showed a sensitivity of 99.01% and a specification of 95.88%, which shows high reliability compared to others traditional methods. We hope that the app can help make faster and safer clinical decisions, as well as be the starting point for future research and a new way to use technology in maternal-fetal health monitoring. Likewise, we hope that through this research contribute to the advancement of medical digitization in Ecuador.

**Keywords:** Artificial intelligence, pregnancy, obstetric complications, maternal health, risk assessment, logistic regression.

## INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA) se ha posicionado como un recurso fuerte en el ámbito de la salud, facilitando la detección y monitoreo de complicaciones durante el embarazo sean más sencillas de diagnosticar. Diversas investigaciones han demostrado que el uso de algoritmos de IA puede mejorar a grandes rasgos la precisión y rapidez en la identificación de riesgos obstétricos, maternos y fetales, permitiendo una intervención temprana que puede lograr salvar vidas tanto de madres como de neonatos(1). Con ayuda de la IA por medio del uso de algoritmos de aprendizaje automático también se ha podido estimar la edad gestacional y predecir el parto prematuro, la aneuploidía y la longitud cervical corta sin síntomas. Además, se ha desarrollado un sistema efectivo para prever anomalías cerebrales fetales (2,3).

Para obtener con precisión datos que ayuden a identificar los riesgos de complicaciones durante el embarazo, es importante que el uso de IA vaya de la mano con la aplicación del aprendizaje automático (ML: *siglas en inglés*). Esta metodología comprende una variedad de técnicas que usan principios matemáticos, estadísticos y de computación para aprender de múltiples variables al mismo tiempo, esto permite que identifiquemos patrones y hacer predicciones más exactas sobre diferentes circunstancias (4,5). Una revisión sistemática de la literatura nos muestra que los modelos de aprendizaje automático tienen la capacidad de examinar grandes cantidades de datos clínicos y con esto lograr predecir complicaciones como preeclampsia, diabetes gestacional y nacimientos prematuros de manera oportuna. Estos modelos se entrenan utilizando datos históricos de pacientes, lo que permite identificar patrones y factores de riesgo que no son fácilmente perceptibles mediante métodos tradicionales de análisis clínico (6).

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) en conjunto con la Organización Mundial de la Salud (OMS) han estado llevando a cabo una misión desde el 2023 – 2027 para la transformación digital en salud pública en el Ecuador, que incluyo dentro de su agenda poder impulsar programas y

proyectos en materia de salud digital dentro del país (7). El desarrollo de una aplicación de IA personalizada para el entorno ecuatoriano debe tener en cuenta no solo los elementos técnicos, sino también los factores socioeconómicos y culturales. El acceso y uso de la tecnología para asegurar que tanto las pacientes como los proveedores de salud puedan aprovechar al máximo de estas innovaciones y beneficiarse. Algunos estudios previos indican que, si se aplican adecuadamente, estas herramientas tienen el potencial de disminuir considerablemente la mortalidad materna e infantil, acercándose con los objetivos de salud pública del país (8–10).

En Ecuador, la implementación de tecnologías de IA en la salud está en sus primeras etapas, pero muestra un gran potencial. La integración de una aplicación de IA en el monitoreo prenatal puede transformar la atención médica, ofreciendo a los profesionales de salud herramientas avanzadas para mejorar la vigilancia y el cuidado de las embarazadas.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Desarrollar y evaluar una aplicación de inteligencia artificial para mejorar el monitoreo y detección temprana de complicaciones durante el embarazo en pacientes del Hospital General Guasmo Sur, utilizando análisis de datos clínicos entre los años 2022 y 2023.

### **Objetivos específicos**

- Diseñar una aplicación de inteligencia artificial que integre algoritmos de aprendizaje automático para lograr identificar y clasificar complicaciones durante el embarazo utilizando datos clínicos del Hospital General Guasmo Sur.
- Valorar la precisión y efectividad del uso de inteligencia artificial en la detección temprana de complicaciones materno-fetales,

comparando sus resultados con los métodos de diagnóstico tradicionales utilizados en el hospital.

- Implementar y validar de la aplicación de inteligencia artificial en un ambiente clínico real del Hospital General Guasmo Sur, asegurando su compatibilidad con las prácticas médicas y la aceptación por parte de los profesionales de la salud.

## **JUSTIFICACIÓN**

La alta incidencia de complicaciones durante el embarazo en Ecuador es una situación que se vive día a día tanto en hospitales como en la comunidad, es de suma importancia, y representa un riesgo significativo para la salud materno - fetal. Según el 'Instituto nacional de estadísticas y censos' en el año 2023 tuvimos un total de 238.772 nacidos vivos, y un total de 1.309 defunciones fetales (11), sin tener en cuenta que, de este gran número de embarazos, existe un porcentaje elevado de embarazos complicados. Una aplicación que ayude a la detección temprana de condiciones tales como: preeclampsia, diabetes gestacional y parto prematuro, junto a un sinnúmero de eventualidades que se pueden presentar durante el embarazo, va a revolucionar la atención médica al mejorar la precisión y rapidez diagnóstica, junto con esto permitir intervenciones tanto clínicas como quirúrgicas, más oportunas y eficientes.

El uso de datos clínicos del Hospital General Guasmo Sur en esta investigación permitirá adaptar la aplicación de IA a nivel local, también lograr evidencia para futuras investigaciones, y finalmente a cumplir los objetivos principales de salud en el hospital y en el Ecuador.

## **CAPITULO I: MARCO TEORICO**

### **1.1. Generalidades de la preeclampsia**

#### **1.1.1 Definición**

La preeclampsia constituye uno de los trastornos hipertensivos durante la etapa gestacional en aproximadamente del 3 al 8% de embarazos y cuenta como una de las mayores causas de morbilidad y mortalidad materna-neonatal (12), esta caracterizado por una presión sistólica superior a 140mmHg o una presión diastólica superior a 90mHg, acompañado de proteinuria después de las 20 semanas de gestación, todo esto asociado a una disfunción endotelial y un daño de un órgano diana. Se puede definir la preeclampsia precoz que sucede antes de las 34 semanas, y la preeclampsia tardía a las 34 semanas o después de esta (13).

#### **1.1.2 Antecedentes y epidemiología**

Los trastornos de la presión arterial son una de las principales complicaciones que afectan durante la etapa gestacional. A nivel mundial la preeclamsia se ubica como la tercera causa de morbilidad y mortalidad materna (14), ocasionando de esta manera un elevado índice de riesgo de parto prematuro y defunción tanto neonatal como materna.

La preeclampsia es una complicación hipertensiva del embarazo que afecta entre el 2% y el 10% de las gestaciones a nivel mundial. En Ecuador, la incidencia es del 8,3%, siendo una de las principales causas de morbilidad perinatal y responsable del 14% de las muertes infantiles. En Guayaquil, se reporta que el 95% de las gestantes presentaron preeclampsia, de las cuales el 20% experimentaron complicaciones asociadas (15).

### **1.1.3 Etiopatogenia**

En un embarazo la forma anatómica y fisiología de las arterias delegadas a perfundir sangre a placenta y feto presentan un cambio estructural que las hacen ser de baja resistencia, pero alta capacidad debido a la migración y acción de los citotrofblastos hacia la capa muscular de las mismas, en la preeclampsia no se genera dicha migración lo que nos lleva a la carencia de dilatación vascular produciendo vasos estenóticos, generando así una hipoperfusión placentaria, la isquemia de dicho tejido placentario, genera una liberación de factores tisulares alterando así el tejido endotelial y causando una disfunción vascular endotelial, las anomalías de la vasculatura placentaria, conducen a una serie de eventos que nos da un estado de vasoconstricción generalizado explicado por la disfunción del epitelio vascular. Sin embargo, a pesar de todos los avances en el conocimiento de la fisiopatología de la preeclampsia no quiere decir que la conozcamos a tu totalidad, a pesar de que vamos descubriendo ciertos factores, esta sigue siendo en partes desconocida (15).

### **1.1.4 Factores de riesgo**

Existen diversas condiciones que pueden modificar la vasculatura y convertirse de esta manera en factores predisponentes a desarrollar preeclampsia, causado por una hipoperfusión secundaria, entre estas podemos encontrar la diabetes mellitus, lupus eritematoso sistémico, enfermedades del sistema renal, trombofilias, hipertensión arterial crónica (15). Al igual se sugiere que hay una parte genética dentro del riesgo a presentar preeclampsia, las gestantes con antecedentes en familiares de primer grado con esta complicación, aumenta el riesgo de dos a cinco veces, tanto por antecedentes provenientes del lado materno como paterno, y mucho más las gestantes que presentan antecedentes personales de preeclampsia en embarazos previos. También ciertos estudios lo consideran como la enfermedad asociada al primer embarazo, y que el riesgo de esta es 3 veces mayor en gestantes nulíparas que en multíparas.

Los factores en los que basaremos nuestra aplicación para la detección temprana y actuar oportuno se van a ordenar en los siguientes:

- Factores familiares
- Edad
- Raza
- Índice de masa corporal y antropometría
- Condiciones médicas preexistentes
- Número de gestaciones
- Intervalo intergenésico
- Antecedente de preeclampsia
- Infecciones durante el embarazo

### **1.1.5 Manifestaciones clínicas**

Sus manifestaciones se dan de manera gradual en ciertos casos, al contrario, en otros pueden llegar a complicaciones sumamente graves en un corto tiempo. Un aumento en la presión arterial es una de las principales características, se produce como consecuencia de la alteración en los componentes reguladores del tono vascular, aumentando su resistencia y provocando una vasoconstricción. Al igual encontramos la proteinuria debido a que las gestantes presentan una lesión renal conocida como endoteliosis glomerular, conformada por el aumento de volumen glomerular, estrechamiento y oclusión de la luz de los capilares.

Entre las alteraciones neurológicas más frecuentes podemos encontrar, sintomatología como escotomas, cefalea, visión borrosa, disnea, epigastralgia, angina de pecho, ceguera temporal, aunque igual debemos tener en cuenta que podemos encontrar sintomatología atípica en algunas pacientes (16).

### **1.1.6 Criterios diagnósticos**

Clásicamente utilizamos

- Hipertensión arterial: definida como la presión arterial sistólica mayor o igual a 140mmHg y/o la presión arterial diastólica mayor o igual a 90mmHg, después de las 20 semanas de gestación en una mujer que no sea previamente diagnosticada con hipertensión arterial.
- Proteinuria: definida como la excreción de un valor mayor o igual a 300mg de proteína en orina de 24 horas, o un cociente de proteína/creatinina mayor o igual a 0,3 mg/dL.

Debido a que estos criterios no llegan a cubrir totalmente el espectro de preeclampsia, ya que puede existir incluso en ausencia de proteinuria, se acepta que exista preeclampsia cuando encontremos hipertensión arterial y alguna de las siguientes situaciones: trombocitopenia, insuficiencia renal, variación en la función hepáticas y síntomas neurológicos. Entre los estudios de laboratorios tenemos que la valoración del recuento plaquetario es de suma importancia ya que la trombocitopenia es uno de los signos clave en la gravedad de la preeclampsia y un criterio diagnóstico del síndrome de HELLP (16).

## **1.2 Generalidades de la diabetes gestacional**

### **1.2.1 Definición**

Durante el embarazo existe una resistencia a la insulina de manera fisiológica debido a variaciones maternas y fetales debido a las hormonas, esto normalmente se compensa, logrando que la gestante conserve una norma glucemia y el feto la nutrición adecuada (17). Cuando esto no se regula, la disminución en la tolerancia de la glucosa manifestada durante la etapa gestacional es definida como diabetes mellitus gestacional, lo que quiere decir que la embarazada no padecía con anterioridad de diabetes mellitus (18,19).

### **1.2.2 Antecedentes y epidemiología**

Se estima que aproximadamente 1/100 mujeres en edad fértil padece diabetes mellitus previa a la gesta, y  $\frac{1}{4}$  % adicional desarrolla diabetes durante la gestación. En base a datos de la OMS, el rango de diabetes gestacional se encuentra entre el 6 al 7% de los embarazos en un total poblacional, y del 88-90% de pacientes con diabetes gestacional llegan a tener complicaciones (20).

La diabetes gestacional es una forma de intolerancia a la glucosa que se detecta por primera vez durante el embarazo. En Ecuador, la prevalencia de diabetes gestacional varía entre el 7% y el 15% de las gestaciones. Un estudio realizado en el Hospital de Especialidades José Carrasco Arteaga encontró que el 37,5% de las gestantes diagnosticadas con diabetes gestacional presentaron complicaciones como hipoglucemia neonatal (60%), macrosomía fetal (30%) y óbito fetal (10,58%) (21).

### **1.2.3 Etiopatogenia**

En el proceso de gestación sana y normal, el cuerpo de la gestante es sometido a una serie de cambios fisiológicos con el fin de abastecer las necesidades y demandas del feto en su desarrollo. En el aspecto metabólico, hay adaptaciones en la sensibilidad a la insulina, durante las primeras fases de la gestación esta sensibilidad aumenta, impulsando la captación de glucosa del tejido adiposo para establecer reservas energéticas para la fase final de la misma. A medida que el embarazo avanza, las cargas de hormonas maternas y de la placenta nos brindan un ambiente más insulino-resistente. En el segundo trimestre los depósitos grasos maternos disminuyen, y los ácidos grasos libres plasmáticos aumenta, se da una señalización errónea de insulina, lo que lleva a aumentar la producción hepática de glucosa y la resistencia a la señalización de la insulina (22).

#### 1.2.4 Factores de riesgo

Podemos dividir estos entre:

- **Riesgo medio:** sobrepeso antes del embarazo, historia de resultados obstétricos adversos.
- **Riesgo alto:** población latina con alta prevalencia de diabetes mellitus, obesidad, antecedentes de diabetes gestacional en embarazos previos, partos con productos macrosómicos >4kg, glucosuria, síndrome de ovario poliquístico, historia familiar de diabetes mellitus tipo 2, óbito fetal de causa inexplicable.

#### 1.2.5 Criterios diagnósticos

Se debe realizar análisis de diabetes gestacional de la semana 24 a la semana 28 de gestación, entre estos:

- Prueba de tolerancia a la glucosa de una hora: consumir una cantidad alta de azúcar y, en la hora posterior medir glucosa en sangre (19).
- Nivel de tolerancia a la glucosa de tres horas: Con un resultado anormal de la primera prueba de tolerancia, se debe consumir otra cantidad de azúcar, y mediremos la glucosa en sangre 1, 2 y 3 horas después, se tomará como un resultado afirmativo si al menos dos de estas mediciones se encuentran elevadas (19).

### 1. Uso de la Inteligencia Artificial (IA) durante el embarazo en Ecuador

La inteligencia artificial (IA), está logrando transformar el sector de la salud a escala mundial, añadiendo a esto el cuidado de las embarazadas. En Ecuador, el uso de herramientas basadas en IA, para la detección temprana de complicaciones como la preeclampsia y la diabetes gestacional se encuentra en sus primeros pasos, pero con un gran potencial para mejorar los resultados clínicos y disminuir la mortalidad materna-fetal (23).

### **1.2.6 Aplicaciones de la IA en el embarazo**

Entre las aplicaciones más destacadas de la IA en el monitoreo del embarazo se incluyen:

- Predicción de riesgo de preeclampsia mediante modelos de machine learning basados en datos clínicos y biométricos (24).
- Diagnóstico precoz de diabetes gestacional usando algoritmos que analizan niveles de glucosa, IMC y antecedentes médicos (25).
- Análisis de ecografías con visión computacional para detectar alteraciones fetales (26).
- Sistemas de apoyo a la decisión clínica (CDSS) que alertan al personal médico sobre patrones de riesgo en tiempo real (27).

### **1.2.7 Beneficios potenciales ante el uso de IA en Ecuador**

El uso de IA podría contribuir significativamente a:

- Reducción de errores diagnósticos.
- Intervención oportuna y personalizada.
- Optimización de recursos en salud materna.
- Disminución de la mortalidad y morbilidad materna y neonatal.

## **CAPITULO II: MATERIALES Y METODOS**

### **2.1 Metodología**

La presente investigación nos amplia un poco el panorama acerca de los principales factores que nos pueden llevar a graves complicaciones durante la etapa gestacional, parto e incluso dándonos el resultado de un feto afectado convirtiéndose en un evento centinela. Se revisaron y registraron historias clínicas de la base de datos del sistema 'SIGHOS' del 'Hospital General Guasmo Sur'. En el estudio se empleó la aplicación en 199 mujeres gestantes que presentan en su historial durante el periodo del año 2022-2023 dentro del hospital, tomando sus datos y creando un sistema que nos lleva a una predicción de presentar riesgo obstétrico,

### **2.2 Enfoque de investigación**

Al presentar el análisis de datos clínicos, los cuales tomamos para un modelo estadístico que refleje una predicción de presentar riesgo obstétrico o no, debemos detallar que nuestra investigación tiene un enfoque cuantitativo.

### **2.3 Tipo y diseño de investigación**

El tipo de investigación que utilizamos es aplicado, buscando el uso de herramientas tecnológicas en este caso la inteligencia artificial y su diseño no experimental y transversal utilizando datos de historias clínicas registradas de manera previa, sin intervenir en el curso de estas, si no aplicando la 'REGRESIÓN LOGÍSTICA' como técnica estadística para identificar en base a las variables planteadas de riesgo a complicaciones que pueda resultar.

### **2.3.1 Población de estudio**

Pacientes maternas y neonatales en el Hospital General Guasmo Sur entre el año 2022 y el año 2023.

### **2.3.2 Criterios de inclusión**

- Pacientes embarazadas atendidas en el Hospital General Guasmo Sur entre el periodo 2022-2023.
- Pacientes neonatos nacidos en el Hospital General Guasmo Sur durante los años 2022 y 2023.
- Pacientes con antecedentes de problemas obstétricos anteriores, tales como preeclampsia, diabetes gestacional u otras condiciones médicas de importancia.
- Pacientes que participan activamente de programas de cuidado prenatal en el Hospital General Guasmo Sur para analizar el efecto de las acciones de salud pública en los resultados obstétricos.

### **2.4 Criterios de exclusión**

- Pacientes que no hayan sido atendidas o registradas en el Hospital General Guasmo Sur.
- Neonatos nacidos fuera del Hospital General Guasmo Sur.
- Pacientes gestantes o neonatos cuyos registros y datos clínicos estén incompletos o no sean accesibles para la investigación.

### **2.5 Cálculo del tamaño de la muestra**

La población está conformada por la totalidad de pacientes embarazadas atendidas en el Hospital General Guasmo sur entre los años 2022 y 2023, que cumplan con los criterios de inclusión y exclusión de nuestro estudio. Esta muestra se compuso de 199 registros de historias clínicas, de las cuales 198 fueron válidas para el análisis (99,5%) y 1 fue descartada por contener datos

faltantes (0,5%), dándonos un total de 198 historias clínicas para el análisis estadístico.

**Tabla 1. Procesamiento de casos**

		<b>N</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Casos seleccionados</b>	Incluido en el análisis	198	99,5
	Casos perdidos	1	0,5
	Total	199	100,0
<b>Casos no seleccionados</b>		0	0,0
<b>Total</b>		199	100,0

*Fuente:* Base de datos, basado en las historias clínicas del HGGS

*Elaborada por:* D. González y M. Lucas

*Software estadístico:* SPSS

## 2.6 Recolección de datos

Se utilizó una base de datos proveniente de historias clínicas que se encuentran de manera digital, incluyendo variables clínicas relevantes, tal cual se muestra en la tabla de operacionalización de variables, tomando como base nuestra variable dependiente que es el 'riesgo de complicaciones obstétricas' codificada numéricamente como 0 (NO) y 1 (SÍ).

**Tabla 2. Codificación variable dependiente**

<b>Valor original</b>	<b>Valor interno</b>
NO	0
SI	1

*Fuente:* Base de datos, basado en las historias clínicas del HGGS

*Elaborada por:* D. González y M. Lucas

*Software estadístico:* SPSS

## 2.7 Operacionalización de variables

**Tabla 3. Operacionalización de las variables**

<i>Variable</i>	<i>Indicador</i>	<i>Valor final</i>	<i>Tipo de variable</i>	<i>Escala de medición</i>
<i>Edad</i>	Historia Clínica	Número en años	Numérica	Escala de razón
<i>A.D. Preeclampsia</i>	Historia Clínica	0 = No, 1 = Sí	Categórica	Escala nominal dicotómica
<i>A.D. Diabetes Gestacional</i>	Historia Clínica	0 = No, 1 = Sí	Categórica	Escala nominal dicotómica
<i>APF- DG/PREC</i>	Historia Clínica	0 = No, 1 = Sí	Categórica	Escala nominal dicotómica
<i>Semanas de Gestación</i>	Historia Clínica	Semanas completas	Numérica	Escala de razón
<i>Embarazos Previos</i>	Historia Clínica	Número entero de gestas	Numérica	Escala de razón
<i>Presión Sistólica</i>	Historia Clínica	Valor en mmHg	Numérica	Escala de razón
<i>Presión Diastólica</i>	Historia Clínica	Valor en mmHg	Numérica	Escala de razón
<i>Score Mama</i>	Historia Clínica	0 a > 5 puntos	Numérica	Escala de razón
<i>Riesgo de Complicaciones</i>	Historia Clínica	0 = No 1 = Sí	Categórica	Escala nominal dicotómica

*Fuente:* Base de datos, basado en las historias clínicas del HGGS

*Elaborada por:* D. González y M. Lucas

## 2.8 Análisis estadístico

Para el análisis se utilizó el software estadístico SPSS, aplicando el modelo de regresión logística binaria. En un principio se estimó un modelo nulo (sin variables predictoras). Posteriormente, se construyó un modelo con variables predictoras, logrando incluir ocho variables. El análisis también fue replicado en RStudio, utilizando el mismo modelo de regresión logística binaria. En este software, al ajustar el modelo se generó una columna con la probabilidad estimada de que cada paciente presentara complicaciones obstétricas.

## **2.9 Odds Ratio y significancia**

Se consideró significativa toda variable con  $p < 0.05$ . Los coeficientes obtenidos del modelo fueron transformados en Odds ratios (OR) en RStudio y Exp(B) en SPSS para facilitar su interpretación. Un OR/Exp(B) igual a 1 indica que la variable no tiene efecto sobre el riesgo del evento; y un OR mayor a 1 indica un aumento del riesgo. Estas métricas se utilizaron para interpretar la fuerza de asociación entre las variables independientes y el desenlace o variable dependiente.

## **2.10 Curva de ROC y punto de corte**

La capacidad discriminativa del modelo de regresión logística binaria se evaluó mediante la construcción de una curva ROC (Receiver Operating Characteristic), que muestra la relación entre la sensibilidad y la especificidad del modelo en diferentes puntos de corte. Luego, se determinó el punto de corte óptimo según el índice de Youden, que define el punto del corte que maximiza simultáneamente la sensibilidad y la especificidad. Este punto de corte se usó para calificar las probabilidades estimadas como 'con complicación' o 'sin complicación'.

## **2.11 Matriz de confusión aplicando el punto de corte**

Desde el punto de corte definido por la curva de ROC, se realizaron predicciones binarias, donde se evalúa el rendimiento del modelo. Después, las predicciones obtenidas, se contrastaron con los valores reales observados en la matriz de confusión. Por lo tanto, a partir de esto se calculó la precisión, la sensibilidad, la especificidad, el valor predictivo positivo, el valor predictivo negativo, F1 Score y la exactitud.

## **2.12 Consideraciones éticas**

Se garantizó la confidencialidad y anonimato de los datos clínicos utilizados. El estudio fue realizado respetando los principios éticos y con la debida autorización de las autoridades del Hospital General Guasmo Sur.

## **2.13 Implementación de la aplicación web**

Dentro del desarrollo de esta investigación, se implementó una aplicación web funcional (ver Anexo 1), diseñada para facilitar el uso clínico del modelo predictivo generado, permitiendo así al personal de salud ingresar datos clínicos de pacientes embarazadas y obtener una estimación de su riesgo obstétrico.

Esta aplicación fue desarrollada en conjunto con un programador del área de informática, utilizando tecnologías que garantizan que sea accesible desde distintos dispositivos. El modelo estadístico fue integrado de acuerdo con la regresión logística binaria, luego de haberla validada en SPSS y en RStudio, asegurando que las predicciones generadas son las mismas que las obtenidas a partir del análisis estadístico del estudio.

Esto representa un paso más hacia el uso de la tecnología dentro de la medicina y demuestra que es posible realizar adaptaciones de herramientas de inteligencia artificial al entorno clínico, incluso en aquellos entornos donde los recursos son limitados como es la realidad de muchos lugares del mundo.

## CAPITULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Resultados

Se realizaron dos modelos de regresión logística binaria: uno utilizando el software SPSS y otro en RStudio. El modelo nulo, sin variables predictoras, arrojó una precisión del 51%, mientras que el modelo con ocho variables alcanzó una precisión del 97%, evidenciando una mejora significativa. El estadístico de Nagelkerke  $R^2$  fue de 0.921, lo cual indica una alta capacidad explicativa del modelo.

*Tabla 4. Modelo nulo*

Paso 0			Puntuación	gl	Sig.
	<b>Variables</b>	A.D. PREECLAMPSIA	91,199	1	0,000
		A.D. DIABETES GES	58,904	1	0,000
		P. SIST	1,961	1	0,161
		P. DIASTO	2,611	1	0,106
		EMB. PREV	5,502	1	0,019
		SCORE	2,249	1	0,134
		AÑOS	9,900	1	0,002
		APF- DG/PREC	0,454	1	0,500
		<b>Estadísticos globales</b>	149.369	8	0,000

*Fuente:* Base de datos, basado en las historias clínicas del HGGS

*Elaborada por:* D. González y M. Lucas

*Software estadístico:* SPSS

**Tabla 5. Resumen del modelo**

Paso 1	Logaritmo de la verosimilitud -2	R cuadrado de Cox y Snell	R cuadrado de Nagelkerke
	42,263	0,690	0,921

Fuente: Base de datos, basado en las historias clínicas del HGGS

Elaborada por: D. González y M. Lucas

Software estadístico: SPSS

### 3.2 Odds Ratios y significancia estadística

Entre las variables incluidas en el modelo, el antecedente de preeclampsia fue estadísticamente significativo en ambos softwares (SPSS: OR = 6443.996; R: OR = 1420.37;  $p < 0.001$ ). La variable 'score mama' presentó una tendencia a la significancia (OR = 13.28 en SPSS; OR = 1.73 en R;  $p = 0.058$ ). Otras variables como la presión sistólica (OR = 1.11), edad materna (OR = 2.25) y antecedentes de diabetes gestacional (OR extremadamente alto;  $p = 0.996$ ) no fueron estadísticamente significativas.

**Tabla 6. Variables con Odds Ratio/Exp(B) y significancia (Sig.) SPSS**

	B	Error estándar	Wald	gl	Sig.	Exp(B)
A.D. PREECLAMPSIA	8,771	2,095	17,525	1	<.001	6443,996
A.D. DIABETES GES	25,966	4628,834	,000	1	,996	189238442797,36377
P. SIST	0,106	1,099	,009	1	,923	1,111
P. DIASTO	-1,109	,659	2,833	1	,092	0,330
EMB. PREV	-0,007	1,266	,000	1	,996	0,993
SCORE	2,587	1,610	2,580	1	,108	13,284
AÑOS	0,815	1,265	,415	1	,520	2,259
APF- DG/PREC	-0,722	,969	,565	1	,456	0,486
CONSTANTE	-5,741	2,022	8,062	1	0,005	,003

Fuente: Base de datos, basado en las historias clínicas del HGGS

Elaborada por: D. González y M. Lucas

Software estadístico: SPSS

**Tabla 7. Variables con Odds Ratio y significancia (p. valor) RStudio**

Variable	OR	p. valor
edad	1.03	0.6585
ad_preeclampsia	1420.367	0.0
ad_diabetes_gestacional	20328296451.0	0.9906
apf_dg_prec	0.606	0.5868
semanas_gestacion	0.958	0.5823
emb_previos	0.995	0.9886
p_sistolica	0.998	0.9419
p_diastolica	0.949	0.2323
score_mama	1.727	0.0582

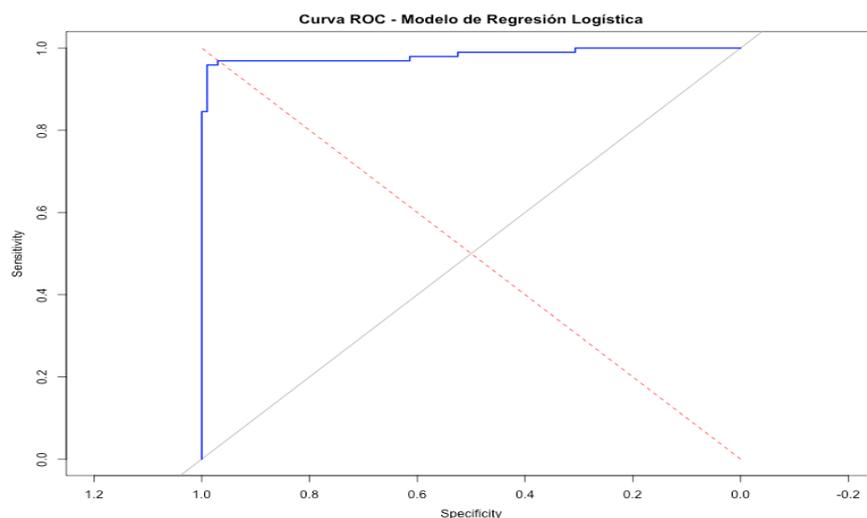
*Fuente:* Base de datos, basado en las historias clínicas del HGGS

*Elaborada por:* D. González y M. Lucas

*Software estadístico:* RStudio

### 3.3 Curva ROC y Punto de Corte Óptimo

Se construyó una curva ROC para evaluar la capacidad discriminativa del modelo, obteniendo un área bajo la curva (AUC) de 0.9825. El punto de corte óptimo fue determinado mediante el índice de Youden, obteniéndose un valor de 0.8488. Este valor fue utilizado para reclasificar las predicciones como 'con complicación' o 'sin complicación'



**Ilustración 1. Curva de ROC**

*Fuente:* Base de datos, basado en las historias clínicas del HGGS

*Elaborada por:* D. González y M. Lucas

*Software estadístico:* RStudio

### 3.4 Matriz de confusión

Aplicando el punto de corte de 0.8488, la matriz de confusión mostró los siguientes resultados:

*Tabla 8. Matriz de confusión*

Referencia / Predicción	0 (Sin complicación)	1 (Con complicación)
0 (Sin complicación)	100	1
1 (Con complicación)	4	93

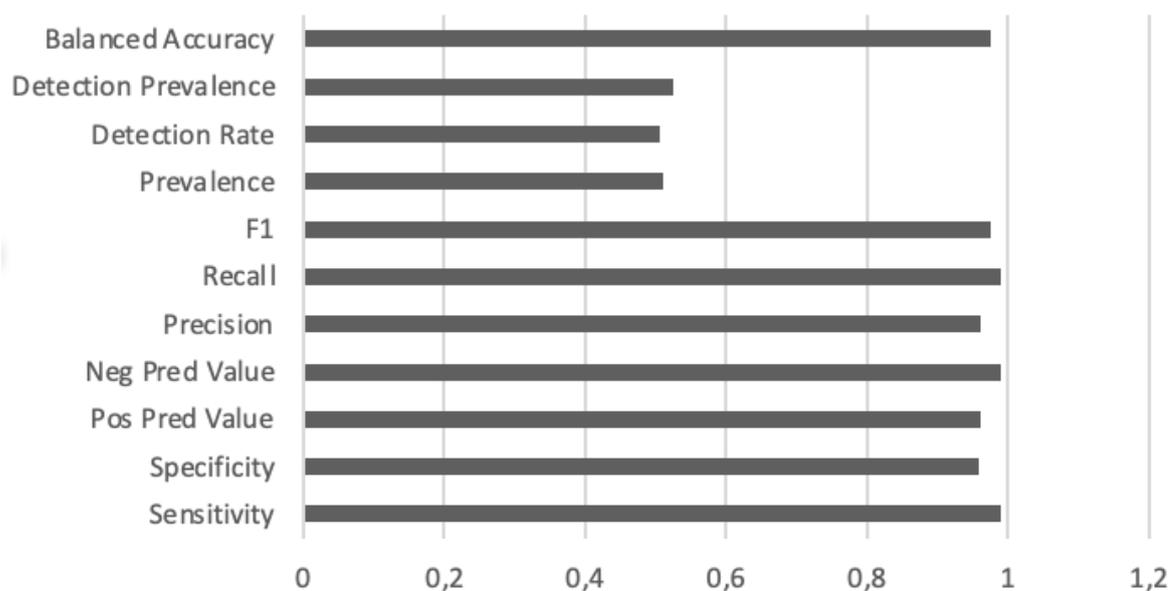
*Fuente:* Base de datos, basado en las historias clínicas del HGGS

*Elaborada por:* D. González y M. Lucas

*Software estadístico:* RStudio

A partir de esta matriz se obtuvieron los siguientes indicadores de desempeño: precisión del 97.47%, sensibilidad del 99.01%, especificidad del 95.88%, valor predictivo positivo del 96.15% y valor predictivo negativo del 98.94%. El puntaje F1 fue de 0.976 y la exactitud balanceada fue de 97.44%.

*Ilustración 2. Estadísticas del modelo*



*Fuente:* Base de datos, basado en las historias clínicas del HGGS

*Elaborada por:* D. González y M. Lucas

*Software estadístico:* RStudio

**Tabla 9. Estadística del modelo**

Métrica	Valor estimado (aproximado)
Balanced Accuracy	1.0
Detection Prevalence	0.6
Detection Rate	0.6
Prevalence	0.6
F1	0.95
Recall	0.96
Precision	0.99
Neg Pred Value	0.96
Pos Pred Value	0.99
Specificity	0.96
Sensitivity	0.96

*Fuente:* Base de datos, basado en las historias clínicas del HGGS

*Elaborada por:* D. González y M. Lucas

*Software estadístico:* RStudio

### **3.5 Validación de la aplicación web desarrollada**

Una vez finalizado el desarrollo de la aplicación web, se realizó su validación funcional utilizando los mismos datos clínicos empleados para el análisis estadístico. Se ingresaron las historias clínicas de 50 pacientes evaluadas para verificar que la aplicación logró generar los mismos resultados del modelo predictivo que desarrollamos basado en la estadística, todo esto se hizo de manera manual.

Los resultados que se lograron desde la aplicación están relacionados con los resultados del modelo estadístico, confirmando de esta manera que se logró el objetivo y funcionamiento de la aplicación web. Además, durante el proceso de validación, se estudió la experiencia de uso de la plataforma, y se destaca el ingreso simple de datos y la rapidez de entrega de resultados, haciendo que sea una herramienta a la que todos pueden acceder, sobre todo los profesionales de salud de atención primaria.

Esta validación no demuestra solo la precisión matemática del programa, sino su viabilidad como apoyo clínico en el diagnóstico temprano de complicaciones obstétricas.

**Tabla 10. Comparación entre datos y aplicación web**

Paciente	Datos HGGS	Predicción APP
1	Complicación	Complicación
2	Sin complicación	Sin complicación
3	Complicación	Complicación
4	Sin Complicación	Sin Complicación
5	Sin Complicación	Sin Complicación
6	Complicación	Complicación
7	Sin complicación	Sin complicación
8	Complicación	Complicación
9	Complicación	Complicación
10	Complicación	Complicación

**Fuente:** Base de datos, basado en las historias clínicas del HGGS – Resultados aplicación web

**Elaborada por:** D. González y M. Lucas

## Discusión

Los resultados de esta investigación demuestran que si es posible crear una aplicación de inteligencia artificial (IA) que funcione de forma adecuada para predecir complicaciones durante el embarazo a partir de variables y datos clínicos simples y fáciles de obtener. Se encontró que los antecedentes de preeclampsia tienen una relación muy fuerte con la aparición de complicaciones obstétricas, con un valor estadístico bastante alto (OR > 1400), lo que confirma el valor predictivo de esta variable en el modelo estadístico, así mismo concuerda con otros estudios que la reconocen como uno de los factores de riesgos principales y que tiende a repetirse en embarazos posteriores.

Aunque algunas variables no fueron significativas por sí solas, siguen siendo útiles dentro del modelo estadístico, ya que al analizarlas todas juntas se pueden detectar mejor los riesgos y hacer que el sistema sea más preciso. Como un ejemplo tenemos el score mama, pese a no alcanzar la significancia estadística en los resultados ( $p = 0.058$ ), mostró una tendencia importante que justifica su incorporación en la aplicación para hacerla más útil. Además, estudios como el de Munyao et al. (28) han demostrado que cuando se combinan varios datos clínicos, incluso aquellos que por sí solos no son tan relevantes, puede mejorar mucho la capacidad del sistema para detectar riesgos cuando se aplican en conjunto.

El modelo que se desarrolló tuvo un muy buen rendimiento: acertó en un 97.47% de los casos, con una sensibilidad del 99.01% y especificidad del 95.88%. Estos resultados superan ampliamente aquellos que suelen obtenerse con los modelos tradicionales que se usan en el ámbito de la salud. Este nivel de precisión coincide con el de estudios como el de Yang et al. (29) quienes desarrollaron un sistema de monitoreo basado en IoT con aprendizaje automático para evaluar la salud materna mediante el uso de pulseras inteligentes, alcanzando también niveles altos de predicción para eventos adversos en el embarazo.

Comparado con la propuesta de Alim et al. (30) que usaron múltiples variables fisiológicas para construir un sistema de monitoreo de embarazos de alto riesgo mediante IA, nuestra investigación demuestra que incluso con una base de datos limitada y parámetros básicos (edad, presión arterial, antecedentes clínicos), se pueden obtener resultados comparables. Esto sugiere que las herramientas de IA pueden adaptarse exitosamente a entornos con recursos limitados, como en el contexto ecuatoriano.

Por otro lado, en el contexto nacional, el estudio de Galarza Medina et al. (8) resalta la necesidad de plataformas tecnológicas accesibles y fáciles de usar, subrayando que la implementación de IA en la salud en Ecuador se enfrenta a retos como la resistencia al cambio, la necesidad de capacitación y la economía propia del país. Esta investigación responde a dicha realidad, al haber diseñado un sistema automatizado y simple, pero altamente funcional, alineado con la infraestructura disponible en el Hospital General Guasmo Sur y dentro del país.

Igualmente, estudios como el de León Martínez et al. (31) enfatizan que la IA no reemplaza al profesional de salud, sino que actúa como una herramienta complementaria para mejorar la calidad diagnóstica y reducir errores médicos en contextos de alta carga laboral. Esto se ve reflejado en nuestra propuesta, que busca asistir al personal médico y clínico, especialmente en áreas de atención primaria, donde la detección oportuna puede hacer una diferencia significativa en la salud materna-fetal.

Finalmente, nuestro enfoque metodológico basado en regresión logística fue validado con métodos cruzados en SPSS y RStudio, siguiendo lineamientos similares a los aplicados por Shen et al. (9) en su desarrollo de una app para diagnóstico de diabetes gestacional mediante IA, lo que valida el enfoque técnico utilizado en este proceso de investigación.

## CONCLUSIÓN

El desarrollo de una aplicación de inteligencia artificial (IA) detectar a tiempo posibles complicaciones durante el embarazo, basándonos en el análisis de datos clínicos de pacientes atendidas en el Hospital General Guasmo Sur, ha resultado ser una propuesta innovadora y viable, con un nivel alto de precisión en cuanto a predicciones estadísticas. A través del uso de modelos de regresión logística binaria, validado tanto en SPSS como en RStudio, se identificaron variables claves que permiten con bastante exactitud el riesgo de que una paciente pueda presentar complicaciones obstétricas durante el embarazo, esta aplicación permitirá al personal que trabaja en el ámbito de la salud ingresar información clínica de una paciente y recibir de forma casi automática una estimación del nivel de riesgo obstétrico, esto facilita la intervención médica y la vuelve más acertada, especialmente en la realidad que vivimos el día de hoy con recursos limitados.

Los resultados obtenidos nos reflejaron una precisión global del 97.47%, sensibilidad del 99.01% y especificidad del 95.88%. Estas cifras no solo destacan la meta cumplida, sino que el modelo estadístico es el adecuado para el estudio, también nos demuestra que se puede lograr superar otros sistemas convencionales, usados a diarios en clínicas y hospitales, en el ámbito de la salud. Así mismo, la validación mediante curva ROC y matriz de confusión, refuerzan que los resultados son confiables.

Desde una perspectiva práctica, la implementación de esta aplicación puede presentar un cambio importante y un nuevo camino para futuras investigaciones en medicina basada en datos clínicos. Al ser un modelo estadístico de fácil uso e interpretación permite poder agregar nuevas variables clínicas, monitoreos remotos, análisis de imágenes e incluso algoritmos más complejos. Este potencial de la aplicación de poder extenderse o desarrollarse aún más, la convierte no solo en una herramienta funcional, sino en una plataforma base sobre la cual se puede construir otras soluciones digitales más amplias para la atención materna-fetal, dando paso

a que se use como referencia para futuras investigaciones, facilitando la utilización de nuestros datos como base para comparaciones, validaciones o desarrollo de nuevos estudios.

Por otro lado, analizando el estado de la salud pública en el país consideramos que este estudio puede ayudar a valorar e identificar de forma más ágil las emergencias obstétricas para que sean tratadas a tiempo. En una realidad donde muchos establecimientos de salud carecen de especialistas, esta aplicación puede funcionar como un soporte en el diagnóstico de las pacientes maternas con posibles complicaciones, ayudando al personal médico a reconocer patrones de riesgo que podrían pasar desapercibidos o por alto en las consultas médicas.

Basándonos en el contexto nacional este trabajo también nos permite adquirir experiencia con el entorno de la digitalización sanitaria, promoviendo el uso de tecnologías tal cual lo hacen hoy en día organismos internacionales de la salud. La experiencia alcanzada durante esta investigación ayuda a fortalecer la capacidad local para poder diseñar y desarrollar nuevas soluciones tecnológicas e innovadoras dentro del país.

En definitiva, este estudio representa el avance y contribución a la medicina moderna, preventiva y poco tradicional. Siendo un paso hacia una forma diferente de hacer medicina en el Ecuador. Demostrando que la tecnología puede y debe estar al alcance de todos, no solo de hospitales grandes o privados. Esta aplicación fue pensada como una herramienta de uso diario de los médicos, en hospitales públicos donde muchas veces los recursos son limitados; porque quienes acuden a estas casas de salud también merecen una atención médica de calidad. Este trabajo es un punto de partida, no una meta, que permite brindar una base para continuar hacia un sistema de salud más justo, eficiente y humano.

## REFERENCIAS

1. Kim Hy, Cho Gj, Kwon Hs. Applications of artificial intelligence in obstetrics. Vol. 42, ultrasonography. Korean Society of Ultrasound in Medicine; 2023. p. 2–9.
2. Yin Y, Bingi Y. Using machine learning to classify human fetal health and analyze feature importance. *Biomedinformatics*. El 1 de junio de 2023;3(2):280–98.
3. Kufel J, Bargieł-Łączek K, Kocot S, Koźlik M, Bartnikowska W, Janik M, et al. What is machine learning, artificial neural networks and deep learning?—examples of practical applications in medicine. Vol. 13, *Diagnostics*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (mdpi); 2023.
4. Xie Hn, Wang N, He M, Zhang Lh, Cai Hm, Xian Jb, et al. Using deep-learning algorithms to classify fetal brain ultrasound images as normal or abnormal. *Ultrasound in obstetrics and gynecology*. El 1 de octubre de 2020;56(4):579–87.
5. Mennickent D, Rodríguez A, Opazo Mc, Riedel Ca, Castro E, Eriz-Salinas A, et al. Machine learning applied in maternal and fetal health: a narrative review focused on pregnancy diseases and complications. Vol. 14, *Frontiers in Endocrinology*. Frontiers Media s.a.; 2023.
6. Sharifi-heris Z, Laitala J, Airola A, Rahmani Am, Bender M. Machine learning approach for preterm birth prediction using health records: systematic review. Vol. 10, *JMIR Medical Informatics*. JMIR Publications inc.; 2022.
7. Organización Panamericana de la Salud. Organización Panamericana de la Salud. 2023 [citado el 18 de noviembre de 2024]. En Ecuador se realiza una misión por la transformación digital en salud pública. disponible en: <https://www.paho.org/es/noticias/9-3-2023-ecuador-se-realiza-mision-por-transformacion-digital-salud-publica>
8. Galarza M, Maldonado K, Herrera M. Beneficios y riesgos de la implementación de inteligencia artificial en los procesos de diagnóstico

médico en el ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. El 22 de enero de 2024;7(6):7276–99.

9. Shen J, Chen J, Zheng Z, Zheng J, Liu Z, Song J, et al. An innovative artificial intelligence-based app for the diagnosis of gestational diabetes mellitus (gdm-ai): development study. *J Med Internet Res*. El 15 de septiembre de 2020;22(9).
10. Bahado-singh Ro, Sonek J, Mckenna D, Cool D, Aydas B, Turkoglu O, et al. Artificial intelligence and amniotic fluid multiomics: prediction of perinatal outcome in asymptomatic women with short cervix. *Ultrasound in obstetrics and gynecology*. El 1 de julio de 2019;54(1):110–8.
11. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). Registro Estadístico de Nacidos Vivos y Defunciones Fetales en Ecuador [internet]. 2023 [citado el 12 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/nacidos-vivos-y-defunciones-fetales/>
12. Poornima Ig, Indaram M, Ross Jd, Agarwala A, Wild Ra. Hyperlipidemia and risk for preclampsia. Vol. 16, *Journal of Clinical Lipidology*. Elsevier ltd; 2022. p. 253–60.
13. Pereira Calvo J, Pereira Rodríguez Y, Quirós Figueroa I. Actualización en preeclampsia. *Revista Médica Sinergia*. El 1 de enero de 2020;5(1): e340.
14. Organización Mundial de la Salud (OMS). Organización Mundial de la Salud (OMS). 2023 [citado el 22 de diciembre de 2024]. Mortalidad Materna. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/maternal-mortality>
15. Magdalena Moreira-Flores M, Soledad Montes-Vélez R. Incidence and severity of preeclampsia in ecuador incidência e gravidade da pré-eclâmpsia no Equador. Núm 1 enero-marzo [internet]. 2022; 8:876–84. Disponible en: <http://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/index>

16. Tingay D, Khashan A, Heazell A. Mother to Baby | Fact Sheets. En: National Library of Medicine (NLM), Editor. Stat pearls [internet]. Brentwood (TN): Organization of Teratology Information Specialists (OTIS); 2023 [citado el 12 de diciembre de 2024]. disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/nbk582729/>
17. Pagotto V, Posadas Martínez M, Salzberg S, Pochettino P. Diabetes mellitus gestacional en un hospital de la ciudad de Buenos Aires, Argentina. *Rev Fac Cienc Med Cordoba*. El 16 de septiembre de 2022;79(3):248–53.
18. Carvajal Andrade J, Coello Muñoz A, Trujillo Correa E, Linares Rivera C. Diabetes Gestacional: Incidencias, complicaciones y manejo a nivel mundial y en Ecuador. *Recimundo*. el 31 de enero de 2019;3(1):815–31.
19. Dávila Flores J, Montenegro Morán E, Macías Gaytán Á, Tayupanda Martínez J. La diabetes mellitus y diabetes gestacional, en adolescente, en el mundo y en el Ecuador, manejo, prevención, tratamiento y mortalidad. *Recimundo*. El 29 de junio de 2023;7(2):33–48.
20. Morales G, Mercedes S, Ávila S, Zambrano A, José M, Guerra S, et al. Descubrimientos recientes en la etiopatogenia de la diabetes gestacional Novel Insights on the Pathogenesis of Gestational Diabetes.
21. Dickens K. Risk factors and diabetes complications gestational. Junio de 2021 [citado el 22 de diciembre de 2024]; 31:46–52. Disponible en: <https://actasmedicas.ec/index.php/am/article/view/108>
22. Carrillo Mora P, García Franco A, Soto Lara M, Rodríguez Vásquez G, Pérez Villalobos J, Martínez Torres D. Cambios fisiológicos durante el embarazo normal. *Revista de la facultad de medicina [internet]*. El 10 de enero de 2021;64(1):39–48. disponible en: [http://revistafacmed.com/index.php?option=com\\_phocadownload&view=file&id=1379:cambios-fisiologicos-durante-el-embarazo&itemid=79](http://revistafacmed.com/index.php?option=com_phocadownload&view=file&id=1379:cambios-fisiologicos-durante-el-embarazo&itemid=79)
23. Topol E. High-performance medicine: The convergence of human and artificial intelligence. *Nat Med*. El 7 de enero de 2019;25(1):44–56.

24. Say I, Chou D, Gemmill A, Tunçalp O, Moller A, Daniels J, et al. Global causes of maternal death: a who systematic analysis. *lancet glob health*. Junio de 2014;2(6):e323–33.
25. Esteva A, Robicquet A, Ramsundar B, Kuleshov V, Depristo M, Chou K, et al. A guide to deep learning in healthcare. *Nat Med*. El 7 de enero de 2019;25(1):24–9.
26. Liu X, Cruz Rivera S, Moher D, Calvert M, Denniston A, Chan A, et al. Reporting guidelines for clinical trial reports for interventions involving artificial intelligence: The consort-ai extension. *Nat Med*. El 9 de septiembre de 2020;26(9):1364–74.
27. Dilsizian S, Siegel E. Artificial intelligence in medicine and cardiac imaging: Harnessing big data and advanced computing to provide personalized medical diagnosis and treatment. *Curr Cardiol Rep*. El 13 de enero de 2014;16(1):441.
28. Munyao M, Maina E, Mambo S, Wanyoro A. Real-time pre-eclampsia prediction model based on iot and machine learning. *Discover internet of things*. El 1 de diciembre de 2024;4(1).
29. Yang X, Liu L, Wang Y. A decision tree-driven iot systems for improved pre-natal diagnostic accuracy. *BMC Med Inform Decis Mak*. El 1 de diciembre de 2024;24(1).
30. Alim A, Imtiaz M. Wearable sensors for the monitoring of maternal health—a systematic review. Vol. 23, *Sensors*. MDPI; 2023.
31. Martínez L, Mauricio F, Tello C, Paz M, Díaz D, Jamilex L, et al. Asistencia de la inteligencia artificial para un diagnóstico certero artículo de revisión asistencia de la inteligencia artificial para un diagnóstico certero [Internet]. Vol. 26, *Rev. Méd. Ateneo*. Diciembre. 2024. Disponible en: <https://orcid.org/0000-0002->

## ANEXOS

A continuación, se presentan los anexos correspondientes al desarrollo de la aplicación web y otras evidencias relevantes del trabajo investigativo.

### Anexo 1. Vista del formulario de ingreso de datos en la aplicación web

La aplicación web desarrollada como parte de esta investigación permite al personal de salud ingresar datos clínicos de pacientes embarazadas para obtener una estimación de su riesgo obstétrico.

- Aplicación web disponible en:

<https://calc-riesgo-obstetrico.web.app/>

### Anexo 2. Vista del formulario de ingreso de datos en la aplicación web

**CALCULADORA DE RIESGO OBSTÉTRICO** ⚠

**DATOS DEL PACIENTE**

Historia Clínica \*  ↳ Cédula del Paciente

Paciente \*  ↳ Nombre del Paciente

Edad (Años) \*  ↳ Edad Actual

**ANTECEDENTES DEL PACIENTE**

Preclampsia \*  ↳ ¿Tuvo Preclampsia?

Diabetes Gestacional \*  ↳ ¿Tuvo Diabetes Gestacional?

Familiares \*  ↳ ¿Antecedentes Familiares?

**RESULTADOS DEL PACIENTE**

Cantidad de Gestas \*  ↳ # de Embarazos Previos

Semanas Gestación \*  ↳ Semanas de Gestación

Score Mama \*  ↳ Score Mama

Presión Sistólica (mmHg) \*  ↳ Presión Sistólica

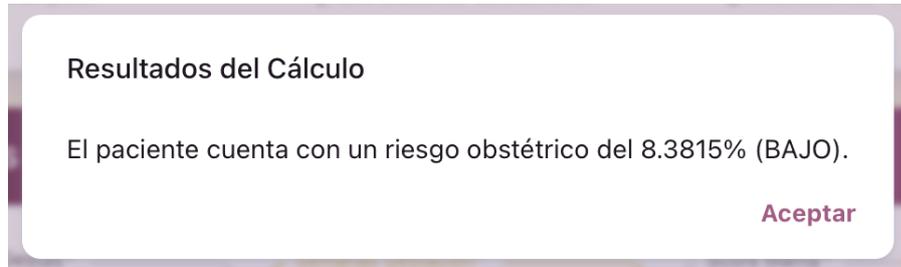
Presión Diastólica (mmHg) \*  ↳ Presión Diastólica

**CALCULAR RIESGO**

*Ilustración 3. Modelo de la app calculadora de riesgo obstétrico*

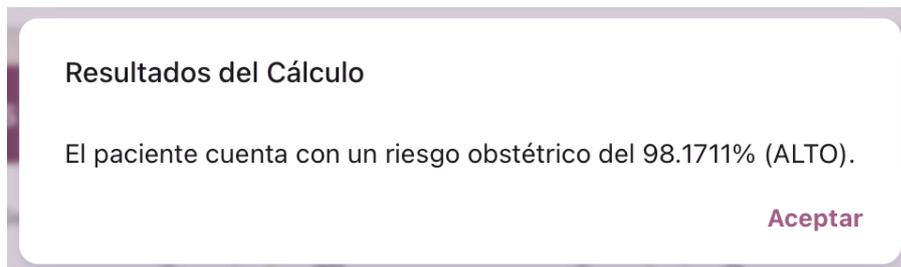
*Fuente:* Captura de pantalla  
*Elaborada por:* D. González y M. Lucas  
*Aplicación web:* <https://calc-riesgo-obstetrico.web.app>

### Anexo 3. Resultado generado por la aplicación según los datos ingresados



**Ilustración 4.** Resultado de riesgo obstétrico bajo

*Fuente:* Captura de pantalla  
*Elaborada por:* D. González y M. Lucas  
*Aplicación web:* <https://calc-riesgo-obstetrico.web.app>



**Ilustración 5.** Resultado de riesgo obstétrico alto

*Fuente:* Captura de pantalla  
*Elaborada por:* D. González y M. Lucas  
*Aplicación web:* <https://calc-riesgo-obstetrico.web.app>



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **González Mellizo, Diana Valentina**, con C.C: # **1724313877** autora del trabajo de titulación: **Desarrollo de una aplicación de Inteligencia Artificial para el monitoreo y detección temprana de complicaciones durante el embarazo mediante análisis de datos clínicos en pacientes del Hospital General Guasmo Sur entre el año 2022 y el año 2023** previo a la obtención del título de **MÉDICO** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

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

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

**Guayaquil, 09 de mayo de 2025**



Firmado electrónicamente por:  
**DIANA VALENTINA  
GONZALEZ MELLIZO**

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

Nombre: **González Mellizo, Diana Valentina**

C.C: **1724313877**



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Lucas Palomino, Mery Elizabeth**, con C.C: # **0923025134** autora del trabajo de titulación: **Desarrollo de una aplicación de Inteligencia Artificial para el monitoreo y detección temprana de complicaciones durante el embarazo mediante análisis de datos clínicos en pacientes del Hospital General Guasmo Sur entre el año 2022 y el año 2023** previo a la obtención del título de **MÉDICO** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

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

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

**Guayaquil, 09 de mayo de 2025**

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

Nombre: **Lucas Palomino, Mery Elizabeth**

C.C: **0923025134**



## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

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

TEMA Y SUBTEMA:	Desarrollo de una aplicación de Inteligencia Artificial para el monitoreo y detección temprana de complicaciones durante el embarazo mediante análisis de datos clínicos en pacientes del Hospital General Guasmo Sur entre el año 2022 y el año 2023.		
AUTOR(ES)	González Mellizo, Diana Valentina Lucas Palomino, Mery Elizabeth		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Vásquez Cedeño, Diego Antonio		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Ciencias de la salud		
CARRERA:	Medicina		
TÍTULO OBTENIDO:	Médico		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	09 de mayo de 2025	No. DE PÁGINAS:	33
ÁREAS TEMÁTICAS:	Ginecología, Medicina Moderna, Medicina Materno-Fetal		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Inteligencia artificial, embarazo, complicaciones obstétricas, salud materna, evaluación del riesgo, regresión logística.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):	<p>El diagnóstico oportuno de las complicaciones obstétricas representa un gran desafío en muchos casos, debido a la complejidad con que suelen presentarse. Por ello, mantener un control prenatal adecuado puede resultar difícil en sistemas de salud de primer nivel, donde no siempre se cuenta con las herramientas necesarias para una atención de calidad. Esta investigación tiene como objetivo implementar una aplicación web basada en inteligencia artificial (IA) para predecir de manera temprana posibles complicaciones durante el embarazo. La aplicación busca ser una herramienta práctica y fácil de usar para el personal de salud, especialmente en contextos con recursos limitados. Para ello, se utilizaron métodos estadísticos, aplicando modelos de regresión logística y softwares como SPSS y RStudio, mediante los cuales se analizó información clínica de pacientes embarazadas atendidas durante el periodo 2022–2023 en el Hospital General Guasmo Sur, Ecuador. El modelo predictivo desarrollado mostró una sensibilidad del 99.01% y una especificidad del 95.88%, evidenciando una alta confiabilidad en comparación con métodos tradicionales. Se espera que esta aplicación contribuya a una toma de decisiones clínicas más rápida y segura, y que sirva como punto de partida para futuras investigaciones en el área. Además, se busca que esta propuesta impulse el uso de la tecnología como herramienta clave en el monitoreo de la salud materno-fetal y aporte al avance de la digitalización médica en el Ecuador.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	<b>Teléfono:</b> +593-9-867850061 +593-9-982894328	<b>E-mail:</b> diana.gonzalez03@cu.ucsg.edu.ec mery.lucas@cu.ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	<b>Nombre:</b> Vásquez Cedeño, Diego Antonio <b>Teléfono:</b> +593-9-82742221 <b>E-mail:</b> diego.vasquez@cu.ucsg.edu.ec		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			