

ARTÍCULO ORIGINAL

1. Laboratorio de Endocrinología y Reproducción, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Perú
2. Departamento de Ginecología y Obstetricia, Hospital Nacional Cayetano Heredia, Lima, Perú
 - a. ORCID 0000-0001-7172-0521
 - b. ORCID 0000-0002-3326-0437
 - c. ORCID 0000-0001-5947-0398
 - d. ORCID 0000-0003-1611-2894

Financiamiento: Financiado por el Fogarty International Center, (FIC) the National Institute of Aging (NIA) y el National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS) under the Global Environmental and Occupational Health program award 3U01TW010107-06S2 and 2URTW010114-06.

Conflictos de intereses: Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Consideraciones éticas: El protocolo del estudio fue revisado y aprobado por el CEI de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, bajo el expediente 134-11-23 (SIDISI 210818).

Recibido: 6 octubre 2023

Aceptado: 11 octubre 2023

Publicación en línea: 13 diciembre 2023

Correspondencia:

Cinthy Vázquez-Velásquez

📍 Av. Honorio Delgado 430, San Martín de Porres, Lima, Lima 31, Perú

☎ (511) 319-0000 ext: 233213

✉ cinthya.vasquez.v@upch.pe

Citar como: Fano-Sizgorich D, Vázquez-Velásquez C, Sernaqué V, Gonzales GF. La temperatura máxima aparente se asocia con un menor peso al nacer, en una población expuesta a una temperatura ambiente alta y constante en Piura, Perú. *Rev peru ginecol obstet.* 2023;69(4). DOI: <https://doi.org/10.31403/rpgo.v69i2567>

La temperatura máxima aparente se asocia con un menor peso al nacer, en una población expuesta a una temperatura ambiente alta y constante en Piura, Perú

Maximum apparent temperature is associated with lower birth weight in a population exposed to a constant high ambient temperature in Piura, Peru

Diego Fano-Sizgorich^{1,a}, Cinthya Vázquez-Velásquez^{1,b}, Víctor Sernaqué^{2,c}, Gustavo F. Gonzales^{1,d}

DOI: <https://doi.org/10.31403/rpgo.v69i2567>

RESUMEN

Objetivo. Evaluar la asociación entre la temperatura máxima aparente (Hlmax) durante el embarazo con el peso al nacer en recién nacidos de la provincia de Piura, 2011 a 2016. **Métodos.** Estudio semi-ecológico en el que se evaluaron datos materno-perinatales del Hospital Santa Rosa (N=17,788) y datos de temperatura máxima aparente. Se analizaron cuatro ventanas de exposición: todo el embarazo y cada trimestre gestacional, que se asignaron según la fecha de nacimiento y la edad gestacional, clasificadas en cuartiles. Se construyeron modelos de regresión lineal para evaluar la asociación entre las variables. **Resultados.** Se encontró una asociación negativa entre el peso al nacer y el Hlmax en todas las ventanas de exposición, excepto en el primer trimestre. La mayor disminución del peso al nacer se observó en el grupo de exposición P95 en las ventanas de exposición de todo el embarazo (-38,50 IC95% -71,46 a -5,53) y del tercer trimestre (-70,48 IC95% -102,69 a -38,28), pero no en el del segundo trimestre. **Conclusiones.** El Hlmax durante el embarazo se asocia con un menor peso al nacer, pero con diferente susceptibilidad según la etapa del embarazo.

Palabras clave. Temperatura alta, Calor, Peso al nacer, Perú, América latina

ABSTRACT

Objective: To evaluate the association between maximum apparent temperature (Hlmax) during pregnancy with birth weight in newborns in the province of Piura, 2011-2016. **Methods:** Semi-ecological study in which maternal-perinatal data from Santa Rosa Hospital (N=17,788) and apparent maximum temperature data were evaluated. Four exposure windows were analyzed: the entire pregnancy and each gestational trimester, which were assigned according to date of birth and gestational age, categorized into quartiles. Linear regression models were constructed to evaluate the association between variables. **Results:** A negative association was found between birth weight and Hlmax in all exposure windows except in the first trimester. The largest decrease in birth weight was observed in the P95 exposure group in the whole pregnancy (-38.50 95%CI -71.46; -5.53) and third trimester (-70.48 95%CI -102.69; -38.28) exposure windows, but not in the second trimester. **Conclusions:** Hlmax during pregnancy is associated with lower birth weight, but with different susceptibility depending on the stage of pregnancy.

Key words: Hot temperature, Heat, Birth weight, Peru, Latin America

INTRODUCCIÓN

La Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA, por sus siglas en inglés) ha informado de un aumento exponencial de las anomalías de la temperatura global desde 1920 hasta la actualidad⁽¹⁾. Además, una serie de fenómenos meteorológicos inusuales han afectado la calidad de vida de personas de todo el mundo, planteando retos a los sistemas sanitarios de muchos países⁽²⁾. Por ejemplo, las tasas de diarrea y enfermedades transmitidas por vectores han aumentado en lugares tropicales y regiones de clima cálido^(3, 4), afectando también al rendimiento reproductivo de las poblaciones afectadas⁽⁵⁾.



Varios estudios han aportado pruebas sobre los efectos de los contaminantes ambientales y otros factores en la salud humana^(6,7), siendo los lactantes, los ancianos y las mujeres embarazadas las poblaciones más vulnerables^(8,9). Algunos estudios han explorado los efectos de las temperaturas ambientales sobre los resultados perinatales, aumentando el riesgo, entre otros, de peso bajo al nacer⁽¹⁰⁾. Una revisión de la literatura encontró que los picos de peso bajo al nacer ocurren principalmente en las estaciones de verano e invierno⁽¹¹⁾; sin embargo, se ha hallado que el mayor efecto está asociado con el estrés por calor durante la exposición a temperaturas elevadas⁽¹²⁾ o en períodos de rápido aumento de la temperatura ambiental⁽¹³⁾.

Durante el embarazo se producen cambios fisiológicos y hormonales que pueden influir en la capacidad del organismo para termorregularse⁽¹⁴⁾. En ambientes de altas temperaturas, la funcionalidad de la placenta puede verse afectada, dificultando el crecimiento y desarrollo del feto⁽¹⁵⁾. Esto revela la necesidad de abordar los efectos en países ecuatoriales poco estudiados, como Perú, ya que la mayoría de las investigaciones se centran en países con temperaturas estacionales muy marcadas.

Condiciones como el peso bajo al nacer no solo son marcadores de morbilidad y mortalidad perinatal, sino que también pueden tener repercusiones más adelante en la vida, dando lugar a síndrome metabólico, diabetes tipo 2, enfermedad coronaria^(16,17). Todas estas afecciones pueden afectar a la situación económica y a la calidad de vida de las personas. Por lo tanto, es importante identificar los factores que promueven el desarrollo de estas condiciones.

La región de Piura, en el norte de Perú (latitud W80°37'58.15", longitud S5°11'40.16"), está situada cerca de la línea ecuatorial y tiene algunas de las temperaturas más altas del país durante todo el año. Es posible que en esta región la exposición a las altas temperaturas esté afectando a los embarazos y al desarrollo fetal y aumentando los riesgos de las afecciones mencionadas.

Por ello, este estudio tuvo como objetivo evaluar la asociación de la temperatura máxima aparente (índice de calor) y el peso al nacer en diferentes etapas del embarazo en la provincia de Piura, durante el periodo 2011 a 2016.

MÉTODOS

El presente estudio es un diseño semi-ecológico retrospectivo que busca evaluar la asociación entre la exposición a altas temperaturas ambientales durante el embarazo con el peso al nacer en la provincia de Piura, durante el periodo 2011 a 2016.

Piura se ubica en el norte del Perú, con coordenadas 4° 5' y 6° 22' de latitud sur y 79° 00' y 81° 7' de longitud oeste, con una altitud de 49 msnm. La zona presenta un clima cálido, desértico y oceánico, con temperaturas ambientales por encima del promedio nacional debido a su cercanía a la línea ecuatorial, que ronda los 30°C.

El área de estudio consta de 10 distritos, con una superficie total de 6,211,61 km². Tiene una población estimada de 894,847 habitantes, de los cuales aproximadamente 190,000 son mujeres en edad reproductiva (15 a 45 años).

Durante 2011 se registraron un total de 16,247 nacidos vivos. Este hospital atiende el mayor número de nacimientos en Piura.

La población de estudio está constituida por los nacidos vivos residentes en la provincia de Piura durante los años 2011 a 2016, siendo este el periodo de estudio. La información materno-perinatal se encuentra almacenada en el Sistema de Información Perinatal (SIP) del Hospital Santa Rosa, cuyo registro se inició en el año 2000.

El SIP es un software que permite registrar y almacenar la información correspondiente a la madre desde su primera atención en cualquiera de los establecimientos de salud, como, por ejemplo, edad de la madre, distrito de residencia, peso, talla, diagnóstico de preeclampsia, entre otros. Del mismo modo, se registra la información del recién nacido y se vincula a la madre respectiva con un código de identificación único, mostrando información como la edad gestacional al nacer, el peso al nacer y la altura al nacer.

La base de datos obtenida del SIP contaba con registros para los años 2000 a 2017, pero en el estudio solo se consideraron los años en los que se informaron nacimientos de todos los meses. Con base en este criterio, el periodo 2011 a 2016 fue elegible para el estudio.



Se incluyeron en el estudio todos los partos ocurridos en el Hospital Santa Rosa. Los criterios de exclusión fueron edad de la madre <15 y >50 años, residencia de la madre fuera de la provincia de Piura, neonatos con peso menor a 500 gramos (<500 g), edad gestacional menor a 20 semanas por considerarse abortos espontáneos o inducidos. Se excluyeron los embarazos múltiples y aquellos con datos faltantes en las variables de resultado de interés. La figura 1 muestra el diagrama de flujo para la selección de los registros. Se incluyeron un total de 17,788 registros válidos, en los que no faltaban valores en variables clave. La potencia estadística de cada uno de los modelos puede consultarse en el Material suplementario.

El peso al nacer se definió como el peso asignado al neonato inmediatamente después del nacimiento. Los datos se expresan en gramos, son de naturaleza continua y se presentan en una escala de relación. Los datos sobre el peso al nacer de cada recién nacido se registran en la base de datos SIP.

Para el análisis se tuvieron en cuenta otras variables como la edad materna en el momento de la concepción, el índice de masa corporal pregestacional, la preeclampsia, la diabetes mellitus gestacional, la situación laboral, el nivel educativo, la infección del tracto urinario (ITU), el tabaquismo y el sexo del recién nacido.

Los datos de temperatura máxima y humedad relativa (HR) se obtuvieron a través de la plata-

forma POWER de la NASA (<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>), que permite la descarga de datos meteorológicos satelitales cuadrículados. Los datos se procesan utilizando el modelo MERRA-2, que proporciona información geoespacial a partir de 1980 (<https://gmao.gsfc.nasa.gov/reanalysis/MERRA-2/>).

La zona de estudio se segmenta en 4 cuadrículas basadas en la resolución del software (0,5° de latitud por 0,625° de longitud). Para cada cuadrícula se descargó la información meteorológica histórica correspondiente al periodo 01/01/2010 al 31/12/2016. Posteriormente, se promediaron los valores máximos de temperatura y humedad relativa de cada día. Una vez obtenido el valor medio diario, se calculó la temperatura aparente (HI) media diaria de la provincia según la fórmula indicada por la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) https://www.wpc.ncep.noaa.gov/html/heatindex_equation.shtml). Para ello, primero se transformaron las temperaturas a su equivalente en grados Fahrenheit; luego se aplicó la fórmula indicada:

$$HI = -42.379 + 2.04901523 * T + 10.14333127 * RH - 0.22475541 * T * RH - 0.00683783 * T^2 * RH - 0.05481717 * RH^2 * RH + 0.00122874 * T^3 * RH + 0.00085282 * T^2 * RH * RH - 0.00000199 * T^3 * RH * RH$$

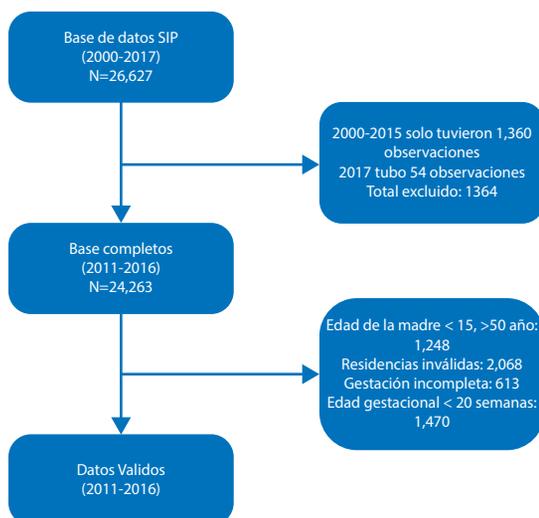
Donde HI es la temperatura aparente, T es la temperatura en grados Fahrenheit, RH es la humedad relativa.

Por último, la temperatura máxima aparente (HI_{max}) se convirtió a su equivalente en grados Celsius, obteniéndose un valor diario.

Se construyeron cuatro ventanas de exposición: embarazo completo, tercer trimestre, segundo trimestre y primer trimestre. Para ello, se promedió la HI_{max} en función de la edad gestacional al nacimiento del neonato, asignada según la fecha del parto. La exposición se separó en cuartiles con un nivel adicional para aquellos por encima del percentil 95, dando un total de 5 niveles de exposición.

Sobre las consideraciones éticas, el presente estudio no implicó ningún peligro para la identidad de los neonatos y las madres, ya que la base de datos proporcionada por el Hospital Santa Rosa era anónima, identificando la díada madre-be-

FIGURA 1. DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA SELECCIÓN DE REGISTROS VÁLIDOS.





bé mediante un código único. Además, la base de datos no contenía información personal que permitiera la identificación del sujeto de estudio, como la dirección del domicilio o el teléfono. Solo se disponía del distrito de residencia de la madre para seleccionar a los neonatos según los criterios de inclusión/exclusión.

Los datos de residencia no se compartieron con personas ajenas al estudio, garantizando así la total confidencialidad de los datos y el anonimato de los participantes en el estudio.

El protocolo del estudio fue revisado y aprobado por el CEI de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, bajo el expediente 134-11-23 (SIDISI 210818).

Los análisis estadísticos se realizaron con el programa STATA v.17. En primer lugar, se hizo una descripción de la muestra, encontrando la media y la desviación estándar de las variables cuantitativas si presentaban una distribución normal; en caso contrario, se usó la mediana y el rango intercuartílico. Para las variables cualitativas se comunicaron las frecuencias absolutas y relativas expresadas como porcentajes (%). La exposición se dividió y asignó según grupos HImax.

Se realizaron análisis bivariados entre las variables de resultado con las diferentes covariables consideradas. Se utilizaron t-Student, ANOVA y regresión de Spearman para el peso al nacer con las diferentes covariables, previa evaluación de los supuestos de normalidad, homocedasticidad o normalidad bivariada.

Para evaluar el efecto de la exposición con el peso al nacer, se realizó un análisis de regresión lineal cruda y ajustada por covariables, evaluando los supuestos de linealidad, normalidad de los residuos y homocedasticidad. Dado que no se cumplía la homocedasticidad, se optó por realizar un modelo de regresión lineal con varianzas robustas. La evaluación de los supuestos de regresión lineal puede consultarse en el material suplementario. Un valor $p < 0,05$ se consideró significativo.

RESULTADOS

La tabla 1 muestra las estadísticas resumidas de las características maternas y neonatales.

TABLA 1. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES MATERNAS, NEONATALES Y DE EXPOSICIÓN (N=17,788)^β.

Variables	N (%)
Edad de la madre (años)^α	26,1 ± 6,9
Situación laboral	
Desempleado	16,896 (95,9)
Empleado	713 (4,1)
Nivel educativo	
Sin educación	490 (2,8)
Primaria	3,543 (19,9)
Secundaria	10,040 (56,4)
Superior	3,715 (20,9)
IMC pregestacional (kg/m²)[*]	25.22 (4,4)
Preeclampsia	
Sí	1,223 (6,9)
No	16,565 (93,1)
Infección del tracto urinario	
Sí	1,333 (7,5)
No	16,455 (92,5)
Diabetes mellitus gestacional	
Sí	57 (0,3)
No	17,731 (99,7)
Fumadora	
Sí	860 (4,8)
No	16,928 (95,2)
Sexo del neonato	
Masculino	8,517 (47,9)
Femenino	9,248 (52,1)
Edad gestacional al nacer (semanas)[*]	39 (2)
HImax durante toda la gestación	42,3 ± 2,2
HImax durante el tercer trimestre	42,6 ± 3,1
HImax durante el segundo trimestre	42,4 ± 3,3
HImax durante el primer trimestre	41,9 ± 3,4
Peso al nacer (gramos)	3,235,2 ± 578,5
Peso bajo al nacer (%)	1,299 (7,30)
Parto pretérmino (%)	
Sí	1,701 (9,6)
No	16,068 (90,4)

Para la variable Situación laboral, la categoría 'Empleada' considera a todas las gestantes que expresaron ser trabajadoras dependientes o independientes

Para la variable Educación, la categoría 'Superior' considera tanto la educación universitaria como la técnica

^α Media ± Desviación estándar

^{*} Mediana (rango intercuartílico)

^β Algunas variables pueden sumar menos de 17,788 debido a valores faltantes. IMC (Índice de masa corporal)

Con respecto a las madres, la edad media era de aproximadamente 26 años. Alrededor del 96% de las madres indicaron que no tenían trabajo, dedicándose exclusivamente al mantenimiento del hogar, y más de la mitad de ellas tenían estudios secundarios. La prevalencia de preeclampsia fue del 6,9%, mientras que la prevalen-



TABLA 2. ASOCIACIÓN ENTRE EL PESO AL NACER Y LAS COVARIABLES.

Variables	Peso al nacer	p-valor
	No (n=17,788)	
	Media ± DE	
Edad de la madre *	0,06	<0,001
Situación laboral		0,416
Desempleada	3,234,3 ± 579,6	
Empleada	3,252,3 ± 559,2	
Nivel educativo ^α		<0,001
Sin educación	3,201,4 ± 574,7	
Primaria	3,171,8 ± 601,8	
Secundaria	3,242,3 ± 579,5	
Superior	3,281,1 ± 547,6	
IMC pregestacional*	0,15	<0,001
Preeclampsia		<0,001
Sí	3,030,7 ± 609,4	
No	3,250,4 ± 573,3	
Infección del tracto urinario		0,152
Sí	3,257,1 ± 559,7	
No	3,233,5 ± 579,9	
Diabetes mellitus gestacional		0,066
Sí	3,375,6 ± 874,9	
No	3,234,8 ± 577,3	
Fumadora		0,003
Sí	3,290,8 ± 559,3	
No	3,232,4 ± 579,3	
Sexo del recién nacido		<0,001
Masculino	3,201,9 ± 558,5	
Femenino	3,267,8 ± 591,5	
Edad gestacional*	0,42	<0,001
Hlmax durante toda la gestación^α		<0,001
Q1 (<40,9)	3,260,5 ± 581,2	
Q2 (40,9 a 42,1)	3,255,5 ± 551,5	
Q3 (42,2 a 44,4)	3,217,7 ± 587,9	
Q4 (44,5 a 45,7)	3,240,0 ± 546,9	
P95 (>45,7)	3,079,5 ± 724,4	
Hlmax durante el tercer trimestre^α		<0,001
Q1 (<40,0)	3,286,3 ± 536,6	
Q2 (40,0 a 42,6)	3,259,1 ± 540,6	
Q3 (42,7 a 44,6)	3,262,8 ± 534,1	
Q4 (44,7 a 47,8)	3,213,7 ± 536,0	
P95 (>47,8)	2,871,4 ± 968,8	
Hlmax durante el segundo trimestre^α		<0,001
Q1 (<39,7)	3,272,1 ± 560,9	
Q2 (39,7 a 42,6)	3,220,5 ± 595,8	
Q3 (42,7 a 44,7)	3,236,4 ± 561,8	
Q4 (44,8 a 47,7)	3,211,5 ± 588,4	
P95 (>47,7)	3,214,2 ± 609,9	

Hlmax durante el primer trimestre ^α	0,029
Q1 (<39,2)	3,252,4 ± 545,5
Q2 (39,2 a 42,0)	3,241,2 ± 561,5
Q3 (42,1 a 44,5)	3,229,4 ± 598,0
Q4 (44,6 a 47,6)	3,225,7 ± 603,9
P95 (>47,6)	3,187,9 ± 614,8

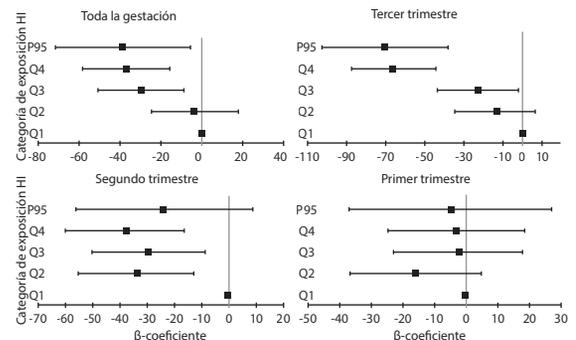
*Análisis de correlación de Spearman.
^α Prueba de análisis de la varianza (ANOVA). Para el resto de las variables se utilizó la prueba t-Student.
 IMC (Índice de masa corporal)

cia de diabetes gestacional fue inferior al 1%. En cuanto a los resultados del parto, predominaron los neonatos de sexo femenino. El peso medio al nacer fue de 3,235 gramos y la edad gestacional media al nacer fue de 39 semanas; hubo una prevalencia del 9,6% de nacimientos prematuros. La media de Hlmax para cada una de las ventanas de exposición fue superior a 40°C.

La tabla 2 muestra una asociación estadísticamente significativa entre el peso al nacer y las diferentes covariables, excepto el estado de parto, la infección urinaria (IU) y la diabetes gestacional. En cuanto a las variables continuas (edad materna, IMC pregestacional y edad gestacional), todas mostraron una correlación monotónica positiva estadísticamente significativa, siendo mayor el coeficiente con la edad gestacional. Con respecto al Hlmax, se encontró una asociación con cada una de las diferentes ventanas de exposición, sugiriendo una disminución del peso al nacer para cada nivel de exposición, siendo el peso más bajo aparentemente en el grupo P95, especialmente a lo largo de la ventana de embarazo y tercer trimestre.

La figura 2 muestra los resultados del análisis de regresión lineal ajustado entre el peso al nacer

FIGURA 2. GRÁFICO FORESTAL DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL AJUSTADO ENTRE LOS GRUPOS DE EXPOSICIÓN A HlMAX Y EL PESO AL NACER EN DIFERENTES VENTANAS DE EXPOSICIÓN.





y el Hlmax por ventana de exposición. A lo largo de toda la ventana de embarazo, se observa una disminución estadísticamente significativa del peso al nacer a partir del tercer trimestre (β -coeff=-29,68 IC 95% -50,75 a -8,60, $p=0,006$), con la mayor disminución para los grupos de exposición Q4 y P95, -36,86 (IC 95% -58,21 a -15,45, $p=0,001$) y -38,50 gramos (IC 95% -71,46 a -5,53, $p=0,022$), respectivamente. Esta misma asociación y comportamiento se mantuvo para la ventana de exposición del tercer trimestre, con la mayor disminución para P95 en -70,48 gramos (IC 95% 102,69 a -38,28). Para el segundo trimestre, el efecto de Hlmax sobre el peso al nacer se observó en los grupos Q2, Q3 y Q4. La ventana de exposición del primer trimestre no mostró ninguna asociación estadísticamente significativa. Todos los coeficientes pueden consultarse en el Material suplementario.

DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como objetivo determinar la asociación entre la temperatura máxima aparente durante el embarazo con el peso al nacer en recién nacidos en la provincia de Piura, 2011-2016. Para ello, se generaron modelos de regresión considerando cuatro diferentes ventanas de exposición: todo el embarazo, y para cada uno de los trimestres de gestación.

Se obtuvo que la exposición a los cuartiles superiores de temperatura máxima durante todo el embarazo y el tercer y segundo trimestre, a partir de 40°C se asoció con una disminución del peso al nacer, siendo este efecto mayor durante el tercer trimestre, donde Q4 y P95 se asociaron con una reducción de 66,08 y 70,48 gramos, sugiriendo que diferentes etapas del embarazo son más susceptibles que otras.

Un metanálisis reciente⁽¹⁸⁾ encontró que la exposición a altas temperaturas se asocia con una disminución del peso al nacer en un rango de (-39,4 a -15,0 gramos) similar a nuestros resultados, sin embargo, no se especifica si se utilizó la temperatura normal o la temperatura aparente, como en nuestro caso. En un estudio retrospectivo realizado en California, E.E. U.U., en el que se evaluó la temperatura aparente de forma similar al nuestro, se observó que el mayor efecto de la temperatura sobre el peso al nacer a término se producía en el tercer trimestre cuando se exponía a temperaturas superiores a 15 °C⁽¹⁹⁾.

Se postula que uno de los mecanismos por los que la temperatura afecta al embarazo es promoviendo un estado inflamatorio de la placenta⁽²⁰⁾. Es posible que este mecanismo sea más relevante durante el tercer trimestre de gestación, ya que es durante esta etapa cuando la tasa de crecimiento del feto es mayor, explicando así por qué encontramos una mayor disminución del peso al nacer en esta ventana de exposición, al igual que otros estudios.

Cabe destacar que la mayoría de los estudios se han realizado en países alejados del Ecuador, evaluando poblaciones asiáticas, europeas y americanas^(12,13). En estas regiones, las temperaturas ambientales a lo largo del año mostrarían fluctuaciones considerables. Además, la estación de monitoreo solo informó la temperatura mínima y máxima diaria, por lo que no fue posible evaluar la relación con la temperatura media diaria. Hasta donde sabemos, nuestro estudio es uno de los primeros intentos de evaluar el efecto de la temperatura en los resultados del parto en un país ecuatorial, lo que ayuda a establecer esta área de investigación que aún es novedosa en nuestra región.

Aunque nuestro estudio halló asociaciones significativas entre el Hlmax y el peso al nacer, existen algunas limitaciones. El diseño del estudio solo nos permite evaluar la exposición a nivel poblacional, lo que crea un sesgo ecológico. Adicionalmente, existen otros factores que podrían modificar la exposición a la temperatura o al estrés térmico, como tener equipos de refrigeración en el hogar o en el lugar de trabajo; o si la gestante migró a otras ciudades durante diferentes etapas del embarazo. Nuestro estudio solo utilizó datos de un hospital importante de Piura, lo que puede afectar la generalización de los resultados, especialmente en zonas con mayor temperatura ambiente. Deberían realizarse futuros estudios que evalúen la exposición individual a la temperatura. De este modo, se podrán evaluar y controlar las diferentes variaciones de temperatura a lo largo del día y en diferentes lugares.

Dado que los resultados adversos del parto pueden afectar la salud en la edad adulta al aumentar el riesgo de enfermedades metabólicas, se necesitan nuevos métodos para evaluar los efectos de la temperatura y la variabilidad climática en el embarazo, como el novedoso enfoque



utilizado en el presente estudio para contribuir, en primer lugar, a la comprensión de los efectos biológicos y la respuesta a la exposición y, en segundo lugar, para optimizar los controles prenatales teniendo en cuenta otras variables como la temperatura.

CONCLUSIONES

La exposición a temperaturas máximas elevadas afecta negativamente al crecimiento fetal, especialmente durante el tercer trimestre de gestación. El estrés térmico resultante de esta exposición podría estar causando deficiencias a nivel placentario. Sin embargo, estos efectos deberían ser explorados en futuros estudios dada la situación actual de cambio climático.

Los hallazgos del presente estudio podrían ayudar a entender cómo la temperatura puede afectar la salud reproductiva en Piura y en zonas de altas temperaturas, proporcionando nuevos conocimientos en la evaluación de la exposición a la temperatura durante el embarazo que es durante la etapa de mayor crecimiento fetal, lo que en última instancia podría servir como una nueva herramienta para la investigación y evaluación de la epidemiología ambiental.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Sra. Paula Flores Sizgorich su ayuda con el material gráfico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. NASA. Global Temperature | Vital Signs – Climate Change: Vital Signs of the Planet 2022 Available from: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>
2. Rossati A. Global Warming and Its Health Impact. *Int J Occup Environ Med.* 2017;8(1):7-20. DOI: 10.15171/ijoem.2017.963
3. Kurane I. The effect of global warming on infectious diseases. *Osong Public Health Res Perspect.* 2010;1(1):4-9. DOI: 10.1016/j.phrp.2010.12.004
4. Musengimana G, Mukinda FK, Machezano R, Mahomed H. Temperature Variability and Occurrence of Diarrhoea in Children under Five-Years-Old in Cape Town Metropolitan Sub-Districts. *Int J Environ Res Public Health.* 2016;13(9). DOI: 10.3390/ijerph13090859
5. Boland MR, Fieder M, John LH, Rijnbeek PR, Huber S. Female Reproductive Performance and Maternal Birth Month: A Comprehensive Meta-Analysis Exploring Multiple Seasonal Mechanisms. *Scientific Reports.* 2020;10(1):555. DOI: 10.1038/s41598-019-57377-9
6. Analitis A, De' Donato F, Scortichini M, Lanki T, Basagana X, Ballester F, et al. Synergistic Effects of Ambient Temperature and Air Pollution on Health in Europe: Results from the PHASE Project. *Int J Environ Res Public Health.* 2018;15(9). DOI: 10.3390/ijerph15091856.
7. Bose S, Romero K, Psoter KJ, Curriero FC, Chen C, Johnson CM, et al. Association of traffic air pollution and rhinitis quality of life in Peruvian children with asthma. *PLoS One.* 2018;13(3):e0193910. DOI: 10.1371/journal.pone.0193910.
8. Levy BS, Patz JA. Climate Change, Human Rights, and Social Justice. *Annals of Global Health.* 2015;81(3):310-22. DOI: 10.1016/j.aogh.2015.08.008
9. Potts M, Henderson CE. Global warming and reproductive health. *Int J Gynaecol Obstet.* 2012;119 Suppl 1:S64-7. DOI: 10.1016/j.ijgo.2012.03.020
10. Kuehn L, McCormick S. Heat Exposure and Maternal Health in the Face of Climate Change. *Int J Environ Res Public Health.* 2017;14(8). DOI: 10.3390/ijerph14080853
11. Strand LB, Barnett AG, Tong S. The influence of season and ambient temperature on birth outcomes: a review of the epidemiological literature. *Environ Res.* 2011;111(3):451-62. DOI: 10.1016/j.envres.2011.01.023
12. Zhang Y, Yu C, Wang L. Temperature exposure during pregnancy and birth outcomes: An updated systematic review of epidemiological evidence. *Environ Pollut.* 2017;225:700-12. DOI: 10.1016/j.envpol.2017.02.066
13. Carolan-Olah M, Frankowska D. High environmental temperature and preterm birth: a review of the evidence. *Midwifery.* 2014;30(1):50-9. DOI: 10.1016/j.midw.2013.01.011
14. Charkoudian N, Hart ECJ, Barnes JN, Joyner MJ. Autonomic control of body temperature and blood pressure: influences of female sex hormones. *Clin Auton Res.* 2017;27(3):149-55. DOI: 10.1007/s10286-017-0420-z
15. Soultanakis-Aligianni HN. Thermoregulation during exercise in pregnancy. *Clin Obstet Gynecol.* 2003;46(2):442-55. DOI: 10.1097/00003081-200306000-00023
16. Smith CJ, Ryckman KK, Barnabei VM, Howard BV, Isasi CR, Sarto GE, et al. The impact of birth weight on cardiovascular disease risk in the Women's Health Initiative. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2016;26(3):239-45. DOI: 10.1016/j.numecd.2015.10.015
17. Valente MH, da Silva Gomes FM, Benseñor IJ, Brentani AV, de Ulhôa Escobar AM, Grisi SJ. Relation between birth weight, growth, and subclinical atherosclerosis in adulthood. *Biomed Res Int.* 2015;2015:926912. DOI: 10.1155/2015/926912
18. Chersich MF, Pham MD, Areal A, Haghighi MM, Manyuchi A, Swift CP, et al. Associations between high temperatures in pregnancy and risk of preterm birth, low birth weight, and stillbirths: systematic review and meta-analysis. *Bmj.* 2020;371:m3811. DOI: 10.1136/bmj.m3811
19. Basu R, Rau R, Pearson D, Malig B. Temperature and Term Low Birth Weight in California. *Am J Epidemiol.* 2018;187(11):2306-14. DOI: 10.1093/aje/kwy116
20. Kumar P, Rathore B, Saxena AK, Purohit DC, Mathur N, Paul BN. Role of TNF-alpha in prenatal alterations in dams of mice under thermal stress. *Lab Anim.* 2006;40(2):172-9. DOI: 10.1258/002367706776318980cy. *Obstet Gynecol [Internet].* 2020 Jun;135(6):1444-53. <https://journals.lww.com/10.1097/AOG.0000000000003890>