



Universidad Autónoma de Tlaxcala

Posgrado en Ciencias Biológicas

Cambios en la temperatura facial ante un reto estresante
en adultos con distinto orden de nacimiento

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

P r e s e n t a

Luis Enrique Juárez Ramírez

Co-directores

Dra. Verónica reyes Meza
Dr. Amando Bautista Ortega

Tlaxcala, Tlax.

Agosto, 2019



Universidad Autónoma de Tlaxcala

Posgrado en Ciencias Biológicas

Cambios en la temperatura facial ante un reto estresante
en adultos con distinto orden de nacimiento

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

P r e s e n t a

Luis Enrique Juárez Ramírez

Comité Tutorial

Dra. Verónica Reyes Meza
Dr. Amando Bautista Ortega
Dra. Esmeralda García Torres
Dra. Margarita Martínez Gómez
Dra. Robyn Elizabeth Hudson
Dra. Estela Cuevas Romero

Tlaxcala, Tlax.

Julio, 2019

La presente tesis se realizó en el Laboratorio de Psicobiología del Desarrollo del Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta (CTBC), perteneciente a la Universidad Autónoma de Tlaxcala (UATx)/Unidad Periférica del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en el Estado de Tlaxcala, México. La Maestría en Ciencias Biológicas está registrada en el Programa para el Fortalecimiento del Padrón Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC).

El trabajo de campo se realizó en la Facultad de Filosofía y Letras y en la Facultad de Trabajo Social, Sociología y Psicología de la UATx.

Para el desarrollo de la investigación se contó con el financiamiento del Posgrado en Ciencias Biológicas de la UATx y con una beca del CONACYT (631019) a LEJR. También con apoyo del PRODEP con folio asignado UATLX-PTC-131 a VRM y del PAPIIT-IN212416 a RH.

AGRADECIMIENTOS

Al CTBC de la UATx por las facilidades dadas en espacio y tiempo, al área académica por contribuir en mi formación profesional y al personal administrativo, ya que sin ellos no se hubiese logrado esta investigación.

También agradecer el apoyo económico brindado por el financiamiento del Posgrado en Ciencias Biológicas de la UATx, con a la beca del CONACYT (631019) asignado a LEJR, al PRODEP con folio asignado UATLX-PTC-131 a VRM y al PAPIIT-IN212416 a RH.

Además reconocer al comité tutorial compuesto por los Dres. Verónica Reyes Meza, Amando Bautista, Robyn Hudson, Margarita Martínez Gómez, Esmeralda García Torres y Estela Cuevas Romero, sus enseñanzas estarán siempre presentes en mi desarrollo académico y personal.

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

Sería injusto agradecer de manera tan breve a todos aquellos que se vieron involucrados en esta investigación, puesto que su gran ayuda no se reflejaría con estas palabras. Así que, aunque solo sean palabras, el sentimiento que tuve al escribir esto es de eterno reconocimiento. Empezaría con las personas al CTBC que conforman el cuerpo administrativo y de confianza, seguiría con el cuerpo académico tan excelente que integra el CTBC, en especial al laboratorio de Psicología del Desarrollo, su compañía hizo que mi formación fuera muy alegre.

DEDICATORIA

A la nueva familia que se formó durante el posgrado, la cual de manera inesperada llegó a mi vida y ha sido la sorpresa más bonita que me ha pasado, a Janeth y Abril, sin ellas este esfuerzo no habría sido tan satisfactorio. Asimismo, a la familia que ya tenía, mis padres y hermanos, con su apoyo me motivaron a superarme. También para aquellas amistades que se formaron en estos dos años y espero que duren en lo que me resta de vida. Por último, a la familia que ya no está de forma presencial, pero sigue en nuestros recuerdos. A todos ustedes ¡Muchas gracias!

RESUMEN

La presencia de los hermanos en el ambiente familiar es un factor importante en el desarrollo de los individuos. En investigaciones previas se ha reportado que los hermanos influyen en la formación de diferencias individuales en fisiología y conducta. En humanos, el orden de nacimiento está asociado a diferencias en rasgos conductuales, los primogénitos se caracterizan por ser más responsables y cautelosos, en contraste los hijos últimos los cuales se describen como extrovertidos y abiertos a nuevas experiencias.

Sin embargo, los mecanismos fisiológicos asociados a esos rasgos conductuales han sido escasamente estudiados. Una ciencia que permite evaluar las diferencias conductuales y algunos de sus mecanismos fisiológicos subyacentes es la psicofisiología. Con este enfoque, se han utilizado marcadores psicofisiológicos para medir los cambios fisiológicos relacionadas a eventos emocionales, cognitivos y psicológicos, pues mediante la medición de la frecuencia cardíaca y respiratoria o la termografía, se han estudiado fenómenos como la respuesta al estrés, la cual tiene componentes fisiológicos y conductuales.

En este trabajo comparamos la respuesta al estrés de dos grupos, los cuales se formaron por el orden de nacimiento: primogénitos e hijos últimos. Se utilizó la termografía como marcador psicofisiológico y lo que se evaluó fueron los cambios en la temperatura del rostro y el desempeño conductual durante una serie de pruebas estresantes. Nuestra hipótesis es que la respuesta fisiológica y conductual difiera entre primogénitos e hijos últimos.

La muestra se compuso de 80 individuos: 40 primogénitos y 40 hijos últimos (20 hombres y 20 mujeres en cada grupo), todos ellos estudiantes universitarios. De cada participante se recolectó información sobre su estructura familiar y posteriormente participaron en una serie de pruebas estresantes cuyo orden fue el siguiente: registro basal, prueba social, auditiva y cognitivo-visual. Durante el registro a cada participante se le tomaron termografías cada 20 segundos. De éstas se analizaron únicamente las áreas de la nariz y de la frente, de las cuales se obtuvo la temperatura promedio y la desviación estándar. Adicionalmente se registró la duración del discurso en la prueba social y el número de aciertos en la prueba cognitivo-visual.

Los resultados de los análisis estadísticos mostraron que la temperatura promedio del área de la frente durante las pruebas fue similar entre primogénitos e hijos últimos, asimismo al estudiar la variación de los datos en dicha área, mediante el análisis de la desviación estándar, los resultados no mostraron diferencias entre primogénitos e hijos últimos. Con respecto al área de la nariz, la temperatura promedio de ambos grupos nuevamente fue similar. Sin embargo, al analizar la desviación estándar, los resultados mostraron diferencias en la variación de la temperatura, es decir en la nariz de primogénitos había una variación mayor en la temperatura máxima y mínima comparada con los hijos últimos quienes mostraron una variación más homogénea de la temperatura. En el análisis conductual no se encontraron diferencias significativas en la duración del discurso, ni en el número de aciertos de la prueba cognitivo-visual entre primogénitos e hijos últimos.

Por lo tanto, al estudiar dos grupos separados por el orden de nacimiento, primogénitos e hijos últimos, mediante una metodología enfocada en la respuesta al estrés, en la que se evaluó la variación de la temperatura del rostro y su desempeño conductual, los resultados mostraron mayor variación en la temperatura de la nariz de los primogénitos comparado con los hijos últimos. Esto es un posible indicador de mayor reactividad al estrés en primogénitos, lo que significaría que ante un estímulo estresante en los primogénitos habría mayor activación del sistema nervioso simpático. En cuanto al aspecto conductual, los análisis muestran resultados similares para primogénitos e hijos últimos.

Entonces, con lo previamente descrito se propone explorar la activación del sistema nervioso en primogénitos e hijos últimos además de los mecanismos fisiológicos relacionados, en la que se podría estudiar variables como la frecuencia cardíaca o la concentración de hormonas en plasma.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 La respuesta individual al estrés	3
1.1.1 Estilos de afrontamiento.....	4
1.1.2 Integración del fundamento fisiológico y conductual en la respuesta al estrés.....	5
1.1.3 Plasticidad conductual por estrés.....	6
1.2 Efecto de la presencia de los hermanos en el desarrollo	9
1.2.1 Factores que influyen en la formación de diferencias entre hermanos.....	9
1.2.2 Controversia sobre efectos del orden de nacimiento en la personalidad.....	11
2. ANTECEDENTES	13
2.1 La respuesta del organismo ante el estrés	14
2.1.1 Vías fisiológicas activadas durante la respuesta al estrés.....	15
2.1.2 Cambios en la temperatura superficial.....	18
2.2 Termografía infrarroja	20
2.2.1 Uso de la termografía en la investigación del estrés.....	21
2.2.2 Pruebas estándares para inducir estrés con efectos en la temperatura superficial.....	21
2.3 Reactividad al estrés en individuos con distinto orden de nacimiento	24
3. JUSTIFICACIÓN	25
4. HIPÓTESIS	26
4.1 Predicción	26
5. OBJETIVOS	26
5.1 Objetivo general	26
5.2 Objetivos específicos	27
6. METODOLOGÍA	27
6.1 Sujetos	27
6.2 Instrumentos y equipo	28
6.3 Procedimiento	28
6.3.1 Pruebas utilizadas durante el registro.....	29
6.4 Organización de los datos obtenidos	31
6.5 Matriz de datos	33
6.6 Análisis estadístico	34

7. RESULTADOS	34
7. 1 Temperatura promedio de la frente	35
7. 2 Temperatura promedio de la nariz	37
7. 3 Desviación estándar de la temperatura de la frente	39
7.4 Desviación estándar de la temperatura de la nariz	41
7.5 Análisis de la conducta	43
7.5.1. Duración del discurso.....	43
7.5.2 Aciertos en la prueba cognitivo-visual.....	43
8. DISCUSIÓN	45
9. CONCLUSIONES	47
10. PERSPECTIVAS	48
11. REFERENCIAS	49

1. INTRODUCCIÓN

Un perfil conductual representa el conjunto de características individuales relacionadas con conducta, habilidades cognitivas y reacción al estrés. Dentro de una misma especie, hay variabilidad en los perfiles conductuales, anatómicos y fisiológicos de sus miembros, esto se conoce como diferencias individuales y, el entendimiento de estas es relevante ya que pueden relacionarse con el éxito reproductivo, susceptibilidad a padecer una enfermedad o con su calidad de vida (Sachser y cols. 2013).

Darwin ya hablaba de características propias de los seres vivos, explicando que la razón de la diversidad biológica era la selección natural y sexual. Pero este argumento se limitaba a distinguir a las diferentes especies. En las últimas décadas se ha dado importancia, desde la perspectiva adaptativa, al hecho de que los individuos ajustan su conducta a sus condiciones actuales y esto puede resultar en diferencias individuales si las condiciones locales de los individuos son distintas (Dall y cols. 2004).

Las diferencias individuales se han definido como rasgos conductuales y fisiológicos particulares consistentes a través del tiempo y en contextos diversos. Por ejemplo, dos integrantes en una misma población pueden diferir en la intensidad de su agresividad, aunque estén ante la misma circunstancia (Dall y cols. 2004; Sih y cols. 2004).

Desde hace algunos años, el estudio de este tema ha interesado a científicos de múltiples disciplinas (Sachser y cols. 2013). En ecología, se han enfocado en estudiar el impacto de las diferencias individuales de una misma especie en los ecosistemas y su relación con los otros animales de dicho hábitat. Estas investigaciones incluyen diversas especies animales que refieren diferencias individuales: peces, aves, reptiles, anfibios, insectos, mamíferos y por supuesto, en humanos (Sih y cols. 2004; Coppens y cols. 2010).

En genética, con los avances del Proyecto del Genoma Humano, se ha descrito que todos los seres humanos compartimos el 99.9% de genes y que el 0.1% restante es un factor importante para el desarrollo de la variación individual (Ellis y cols. 2007).

En biomedicina, específicamente en psicobiología, genómica, farmacología y patología, se han planteado considerar la personalidad como un factor para el desarrollo de ciertas enfermedades. En una población se puede padecer la misma enfermedad, pero su desarrollo es distinto. Por lo cual, es necesario adaptar la terapia o medicamento tomando en cuenta el componente fisiológico y neuroendócrino, el genotipo, los antecedentes familiares, la personalidad y los hábitos de salud (Ginsburg y Willard 2009; Boersma y cols. 2011).

Existe amplia evidencia que sugiere que las diferencias individuales son resultado de la experiencia, del estado físico, de las condiciones del entorno y del genotipo en etapas tempranas del desarrollo, como la gestación, infancia y pubertad (Koolhaas y cols. 2010; Sachser y cols. 2013). Entonces los miembros de una misma especie adoptan estrategias diferentes de acuerdo con sus características y las ventajas de su nicho para obtener beneficios sobre sus coespecíficos. Cada ser vivo adapta sus necesidades al entorno, por ejemplo, si se encuentra en un lugar con recursos limitados y condiciones adversas de vida, se enfocará en su sobrevivencia y retrasará la reproducción para un momento óptimo (Buss 2009).

Por lo tanto, parece que existen diversos patrones de respuesta adaptativa como resultado de la variedad de ambientes, dando ventajas, en ciertas situaciones, a los organismos más adaptados a las características del entorno. Este fenómeno se puede apreciar en el éxito de sobrevivencia, depredación, emparejamiento, reproducción y crianza (Buss 2009; Koolhaas y cols. 2010). Por ejemplo, en un espacio con alimentos escasos, los individuos osados podrían emigrar para localizar una nueva fuente de suministros y evitar la hostilidad, mientras los individuos agresivos permanecerían y competirían por el dominio del lugar (Dall y cols. 2004).

Específicamente, la respuesta al estrés ha sido uno de los temas más estudiados en las diferencias individuales, pues se han detectado ciertos patrones de conducta establecidos en algunas especies (aves, peces y mamíferos), por ejemplo acción vs inacción, osadía vs timidez o proactividad vs reactividad. Estos patrones se basan en las respuestas alternativas consistentes dadas por los individuos, en diferentes contextos y a través del tiempo en reacción a los retos ofrecidos por el ambiente (Coppens y cols. 2010).

1.1 La respuesta individual al estrés

Los organismos deben mantenerse en intervalos fisiológicos adecuados para funcionar correctamente. Sin embargo, este balance es constantemente alterado por estímulos internos o externos, si estos son de carácter negativo se les conoce como estresores, lo cual sucede cuando la capacidad de resolución de problemas es rebasada y hay una sensación de amenaza o incertidumbre. Por lo tanto, se activa un conjunto de reacciones conductuales y fisiológicas que permiten afrontar el estresor y adaptarse a la problemática (Von Borell 2001; Darnaudéry y Maccari 2008; Chrousos 2009).

Conductualmente, la respuesta al estrés implica reacciones de conservación, lucha o huida, en algunos individuos se puede observar ansiedad y aumento de vigilia. En el caso de humanos, si el estrés persiste, es probable identificar un incremento de hábitos compulsivos como consumo de alimentos, alcohol, tabaco o de sustancias nocivas (McEwen y Wingfield 2003). Desde el aspecto fisiológico, la respuesta al estrés involucra la activación de los ejes Hipotalámico-Hipofisiario-Adrenal (HPA) y Simpato-Adreno-Medular (SAM) y sus respectivos mediadores biológicos: glucocorticoides y catecolaminas (Duval y cols. 2010; Angelier y Wingfield 2013).

Para los animales la liberación de los mediadores del estrés como: catecolaminas y glucocorticoides, es determinante en la depredación o en la huida, pues estimula la movilización y mantenimiento de energía para estar alerta. Sin embargo, en los humanos la liberación de los de catecolaminas y glucocorticoides ocurre por situaciones cotidianas, ajenas a la supervivencia, como llegar temprano al trabajo o responder un examen. Por lo tanto, en humanos, la mayoría de las veces el estrés se produce por factores cognitivos. No obstante, los mecanismos fisiológicos de la respuesta al estrés en humanos son similares al resto de los animales (Sapolsky 2000).

En aquellos sujetos expuestos constantemente a estímulos adversos existe mayor propensión a sufrir padecimientos de salud, por la activación continua de los mecanismos de los ejes HPA y SAM (los cuales se describirán con detalle en secciones posteriores). Se ha reportado que aumenta la probabilidad de padecer hipertensión, úlceras gástricas, colitis y hasta diabetes.

En aspectos reproductivos, el ciclo menstrual de las mujeres se vuelve irregular y en los hombres los niveles de testosterona decrecen. Conductualmente, se presenta ansiedad, depresión y compulsividad, hay desórdenes alimenticios como anorexia nerviosa o hiperfagia, también hay alteraciones del sueño: insomnio o hipersomnia (Sapolsky 2000; Charmandari y cols. 2004; Chrousos 2009).

Aunque, el tipo de respuesta al estrés y su duración difieren entre los individuos, incluso si es el mismo estímulo (Koolhaas y cols. 2007). Entonces, no es el estímulo sino su valoración cognitiva, la que determina cuán perjudicial es (Koolhaas y cols. 1999). Por este motivo, se ha argumentado que los patrones de respuesta al estrés dependen de la experiencia, de las habilidades intelectuales, de la condición física, de la edad, del genotipo y del entorno del individuo (Butler 1993; McEwen y Gianaros 2010; Angelier y cols. 2013).

1.1.1 Estilos de afrontamiento

Un rasgo relacionado a la respuesta al estrés es el estilo afrontamiento, el cual se va formando durante la vida del individuo, éste se define como el esfuerzo psicológico para manejar, reducir o tolerar un conflicto interno o externo (Butler 1993), también se define como un conjunto de rasgos conductuales y fisiológicos consistentes en el tiempo y ante distintos contextos (Koolhaas y cols. 1999). Además, se describe como un patrón de respuesta alternativo ante los retos diarios del entorno (Ferrari y cols. 2013), el cual podría aportar información útil para entender la capacidad de adaptación y la vulnerabilidad para padecer ciertas enfermedades (Coppens y cols. 2010).

En varias especies animales, incluyendo a los humanos, se pueden distinguir dos estilos de afrontamiento. Uno de ellos, el afrontamiento proactivo o activo, conocido como la estrategia de lucha-huida, se caracteriza por control territorial y agresión. El otro es el afrontamiento reactivo o pasivo, en él prevalece la estrategia de conservación, inmovilidad y bajos niveles de agresión (Koolhaas y cols. 2007; Boersma y cols. 2011). En el afrontamiento proactivo hay rasgos de baja flexibilidad conductual, expresados en tendencias de comportamiento rutinarias y rígidas. Se presenta mayor agresividad contra rivales, impulsividad en la toma de decisiones

y riesgos, tendencia a la frustración, menor atención a los cambios del medio y exploración rápida en ambientes novedosos. Mientras, en el afrontamiento reactivo, hay alta flexibilidad conductual ante situaciones con cambios en la rutina y mayor atención a los detalles. Es probable que ante una agresión los individuos reactivos acepten el dominio o emigren para evitar hostilidad y solo ataquen cuando es absolutamente necesario (Koolhaas y cols. 1999).

En roedores, después de ser sometidos a pruebas de enterramiento defensivo “*defensive burying test*”, de campo abierto o de nado forzado, es posible observar estilos de afrontamiento, respuestas proactivas y reactivas. En general, las conductas proactivas de los roedores en las pruebas mencionadas son el enterramiento defensivo, mayor exploración en lugares novedosos y más tiempo nadando, además tales conductas se asocian a una alta concentración de noradrenalina y relativamente baja adrenalina y corticosterona plasmática, mientras que la conducta de roedores reactivos, como el congelamiento se asocia con concentraciones bajas de noradrenalina plasmática y altos niveles plasmáticos de corticosterona (Koolhaas y cols. 1999; 2007).

1.1.2 Integración del fundamento fisiológico y conductual en la respuesta al estrés

Steimer y colaboradores en 1997 y retomado por Koolhaas en 2007 y 2010, proponen un modelo en el cual integran el estilo de afrontamiento y la reactividad al estrés en 2 ejes distintos (Figura 1). El estilo de afrontamiento lo definen como la manera en que la emoción es expresada conductualmente, además refleja aspectos cualitativos de la respuesta al estrés. Mientras la reactividad al estrés se enfoca en características cuantitativas: la intensidad, la latencia y la duración de la respuesta, así como los niveles plasmáticos de hormonas asociadas al estrés.

El modelo posee cuatro cuadrantes, cada uno posee una etiqueta distinta: tímido, alarmista, dócil y osado. En el eje X se encuentra el estilo de afrontamiento, de lado izquierdo el estilo reactivo y del lado derecho, el estilo proactivo. En el eje Y se encuentra la reactividad al estrés, alta o baja. Los individuos tímidos (cuadrante superior izquierdo) se caracterizan por una alta reactividad al estrés y poca iniciativa conductual mientras los individuos osados

(cuadrante inferior derecho) tienen baja reactividad al estrés y son impulsivos para actuar (Steimer y cols. 1997; Koolhaas y cols. 2010).



Figura 1. Representación del modelo que separa la respuesta al estrés y los estilos de afrontamiento en categorías distintas (Modificado de Koolhaas y cols. 2010).

1.1.3 Plasticidad conductual por estrés

Se ha descrito que hay periodos críticos durante la vida de un individuo en los cuales se presenta la mayor organización neural en estructuras relacionadas con la personalidad, estos son el periodo perinatal y la pubertad, en los que, factores ambientales y el genotipo del individuo interactúan para la formación de la conducta (Sachser y cols. 2013).

La importancia de las etapas tempranas de la vida radica en que los circuitos cerebrales son muy plásticos, particularmente en la etapa perinatal y por esto, el organismo parece ser más sensible a factores externos que modulan la expresión del genotipo (Champagne y Curley 2005), aunque ciertas áreas como la corteza prefrontal, el hipocampo y la amígdala parecen mantener la plasticidad hasta etapas más avanzadas, como la pubertad (Sachser y cols. 2011), en donde, las hormonas gonadales participan en la modificación neuronal (Stamps y Groothuis 2010).

El genotipo también tiene un rol transcendental en la formación de la personalidad. Por ejemplo, el gen transportador de serotonina o 5-HTT, se encarga de la recaptura de la serotonina de la sinapsis hacia la terminal sináptica. Por lo tanto, es un elemento clave en la conducta social y la respuesta al estrés, pues en humanos, el gen 5-HTT se presenta en 2 variaciones de longitud y funcionalidad; *corto*, poco funcional y *largo*, funcional. Cuando el individuo es portador de un alelo corto, hay rasgos de ansiedad, neuroticismo y mayor tendencia a padecer depresión. Lo cual, se ha mostrado también en ratones, con el gen 5-HTT suprimido, ya que presentan rasgos de depresión y ansiedad ante un evento negativo en comparación con ratones sin la supresión del gen (Sachser y cols. 2013). Sin embargo, este fenotipo expresado no es rígido, sino que bajo ciertas condiciones se puede modificar, es decir presenta plasticidad fenotípica, los organismos son capaces de adaptar su fenotipo a las condiciones ambientales prevalentes (Zimmermann y cols. 2017).

Plasticidad fenotípica se define como la habilidad de los organismos para alterar rasgos del fenotipo en función del ambiente. Entre los rasgos mencionados se incluye morfología, fisiología y conducta. Además, hay evidencia que afirma la existencia de diferencias en el grado de plasticidad fenotípica entre los individuos de una misma población (Dingemans y Wolf 2013).

En el caso de la conducta, esta es regulada en respuesta a cambios repentinos del ambiente. Así la plasticidad conductual, se refiere a la variación de la conducta en función de cambios en los estímulos internos o externos. Dicha variación, puede ser en un momento breve dado o en un periodo de tiempo (Stamps y Biro 2016), aunque, como se mencionó anteriormente, el periodo en donde el cerebro es más susceptible a cambios en estructuras relacionadas con la conducta es en la etapa perinatal y en la adolescencia (Zimmermann y cols. 2017).

La mayor variación se presenta cuando se comparan los registros del mismo individuo en dos etapas diferentes de su vida. Estos registros investigan las características de la personalidad. Cuando hay un periodo corto de tiempo entre los registros, los rasgos de personalidad son consistentes es decir hay estabilidad, pero cuando se compara el mismo rasgo en la infancia contra la adultez, la diferencia es más evidente. En la etapa adulta hay menor

formación de conexiones neuronales y por ende menos plasticidad, comparado con lo que ocurre en la juventud donde hay mayor plasticidad (Stamps y Krishnan 2014).

Entonces la plasticidad podría estudiarse durante la juventud de los individuos para observar a nivel sistémico los cambios que ocurren y los factores o estímulos que los provocan. Incluso se ha descrito que la adolescencia es una segunda etapa de “maleabilidad cerebral” (Fuhrmann y cols. 2015). Se ha teorizado que dichos cambios neurales, entre los que destacan poda sináptica, sinaptogénesis, mielinización y organización de las fibras nerviosas en regiones corticales y límbicas, se producen para lograr un pensamiento más racional (Eiland y Romeo 2013; Kadosh y cols. 2013).

Uno de los factores más comunes que afectan al cerebro humano y de mayor relevancia, es el estrés, pues este tiene efectos durante toda la vida de un organismo. Se ha descrito que ratas expuestas a estresores durante etapas tempranas de la vida, presentan déficits en aprendizaje, ansiedad y depresión (Lupien y cols. 2009). Asimismo, ratones aislados de contacto social y que se encuentran en espacios restringidos durante la pre-adolescencia, tienen menor mielinización en la corteza prefrontal y un decremento de habilidades cognitivas (Kadosh y cols. 2013). También se ha mostrado que los glucocorticoides, liberados durante las pruebas de estrés mencionadas, inducen atrofia en neuronas de la corteza prefrontal, el hipocampo y la amígdala (Romeo y cols. 2007; Romeo y Eiland 2013).

Igualmente, el estrés social en la adolescencia tiene un gran impacto en el desarrollo de roedores. El aislamiento durante la adolescencia en ratas disminuye la exploración en ambientes desconocidos, lo que no sucede cuando el individuo está en contacto con su camada y sin aislamiento en la adolescencia (Fuhrmann y cols. 2015).

Por lo tanto, la presencia de co-específicos en edades tempranas tiene gran relevancia en el desarrollo neural en la mayoría de los mamíferos, incluyendo humanos. Estos co-específicos pueden ser los hermanos, los cuales son de la misma o de diferente edad, de modo que las relaciones entre ellos forman parte de su ambiente natural de crecimiento (Hudson y Trillmich 2008).

1.2 Efecto de la presencia de los hermanos en el desarrollo

Durante los últimos años se ha incrementado la investigación sobre el efecto de la presencia de hermanos en el fenotipo de los individuos. Existen trabajos que argumentan que la presencia de estos influye en la formación de la personalidad y el estilo de afrontamiento (Hudson y cols. 2011).

Sulloway en su teoría de los nichos familiares propone que la presencia de los hermanos es uno de los factores ambientales más importantes en el desarrollo individual, pues existe rivalidad entre ellos por obtener la inversión parental, originando estrategias para competir con la diferencia de edad, fuerza y tamaño. Por eso, aunque crezcan en el mismo entorno, la percepción entre los hermanos es distinta y, en consecuencia, su desarrollo también lo es. Incluso Sulloway, argumenta que dos hermanos criados juntos poseen personalidades contrastantes como si fueran de familias distintas. Se propone que la función de dichas diferencias es que la divergencia de personalidad minimice la competencia, facilite la cooperación y favorezca la interacción familiar (Sulloway 2001; 2010).

1.2.1 Factores que influyen en la formación de diferencias entre hermanos

Se han descrito 5 factores posibles causantes de dicha diversificación, los cuales son tanto psicológicos como biológicos. El primero de ellos es la diferencia en la inversión parental; el segundo, la existencia de jerarquía entre los hermanos; el tercero, la tendencia de los hermanos a des-identificarse; el cuarto, la búsqueda de un rol específico y el último, los estereotipos de género. Lo cual se expone brevemente en la Tabla 1 (Sulloway 2010).

Durante la crianza del primer hijo, los padres le dan toda su atención y recursos. No obstante, con el nacimiento de hijos sucesivos, la atención se divide entre cada hermano. En consecuencia, los hijos reciben menor inversión parental como resultado del incremento de la progenie (Ha y Tam 2011). Entre más cercanos sean los nacimientos, más evidentes son los efectos del orden de nacimiento. Sulloway señala que, si la diferencia de edad entre cada hermano es de 2 a 5 años, se intensifica la competencia (Sulloway 2001).

Tabla 1. Factores que influyen en en la diversificación de personalidades en los hermanos (Sulloyay 2010).

Factores de posible diversificación	Explicación
1. Diferencias en la inversión parental	Desde la gestación hay diferencias por el estado de salud y nutrición de la madre en cada embarazo. Después del nacimiento, la estimulación de los padres, la situación económica de la familia y la alimentación en cada hijo, podrían variar. Por lo tanto, la crianza y el ambiente compartido son percibidos de manera diferente en cada hijo.
2. Jerarquía y dominancia de los hermanos	Los hermanos mayores en general son físicamente más fuertes y grandes, por lo que usan estas ventajas físicas para obtener recursos de los padres sobre sus hermanos menores. Típicamente se asocia el rol de jefe o de individuos dominante a los primogénitos
3. Desidentificación en los hermanos	Se refiere a la tendencia de los hermanos adyacentes para exhibir personalidades opuestas. De hecho se ha reportado que en familias con tres hijos, la personalidad del tercero se parece más a la del primogénito, lo que se intensifica cuando los hermanos son del mismo sexo.
4. Nichos dentro de la familia	Los hermanos desarrollan roles especializados basados en factores como sexo, edad, personalidad, intereses y habilidades, los cuales causan diferentes interacciones con los padres y otros integrantes de la familia. Además, cuando un hijo posee un talento, los padres lo motivan para fortalecer esa cualidad.
5. Género y estereotipos	Se espera que los primogénitos sean más exitosos académicamente comparado con sus hermanos menores. Por otro lado, la hermana mayor en una familia se caracteriza por cuidar más a sus hermanos menores en contraste con su contraparte masculina.

Por estos factores se espera que el orden de nacimiento tenga efectos sobre la personalidad de los hermanos. Debido a que los primogénitos recibieron mayor atención

parental durante el tiempo en que fueron hijos únicos, tienden a alinearse y satisfacer los intereses de sus padres, además de conservar las tradiciones familiares. Generalmente obedecen las órdenes e imitan los valores inculcados por los padres, desarrollando un carácter responsable, organizado, tradicionalista, tímido y conservador, en comparación con sus hermanos menores (Healey y Ellis 2007).

Por otro lado, los hijos últimos se identifican menos con sus padres y padecen dominancia de sus hermanos mayores por la diferencia física, lo cual podría promover una tendencia, de los hijos últimos, a empatizar con personas oprimidas, apoyar una sociedad más equitativa, desafiar a la autoridad y rebelarse contra lo establecido (Healey y Ellis 2007). Debido a lo anterior, los hijos últimos son descritos como individuos osados, extrovertidos, liberales, afables y dispuestos a tomar más riesgos (Ha y Tam 2011).

1.2.2 Controversia sobre efectos del orden de nacimiento en la personalidad

Sin embargo, a pesar de que hay múltiples trabajos respaldando las diferencias en personalidad atribuidas al orden de nacimiento (Healey Ellis 2007; Sulloway 2010; Black 2017), existe una controversia, pues algunos investigadores cuestionan la validez de los efectos del orden de nacimiento sobre la personalidad (Damian y Roberts 2015; Rohrer y cols. 2015; 2017).

El motivo de la controversia es que las investigaciones llegaron a resultados contradictorios. Probablemente, porque en la mayoría de los estudios realizados, se utilizaron cuestionarios autoaplicables, los cuales son válidos, pero están sujetos a la pretensión del individuo evaluado y a la interpretación del investigador (Paulhus y cols. 1999; Damian y Roberts 2015).

Estudios realizados por Sulloway (2001) y Rohrer (2015) usaron bases de datos donde la información se obtuvo mediante cuestionarios que los mismos individuos debían responder. Aunque los resultados de ambas investigaciones se contradicen, Sulloway afirma la existencia de diferencias asociadas a extroversión, afabilidad, sentido de responsabilidad y apertura a

nuevas experiencias, mientras Rohrer no, aunque en su estudio ella reporta mayor coeficiente intelectual en primogénitos.

Ante tal controversia, se ha señalado la necesidad de utilizar metodología capaz de revelar la existencia de las posibles diferencias sin que los datos obtenidos dependan de la interpretación del individuo o del investigador. Una de las propuestas es la medición de parámetros fisiológicos.

En una investigación realizada por Weiss hace casi 50 años, se incluyó el registro de parámetros fisiológicos: la frecuencia cardíaca y respiratoria. El experimento consistía en un periodo de reposo y posteriormente la aplicación de una serie estímulos considerados estresantes a dos grupos de individuos: primogénitos e hijos últimos. Los resultados fueron los siguientes: en la frecuencia respiratoria no hubo diferencias para distinguir a ambos grupos, mientras en la frecuencia cardíaca, los primogénitos tenían valores más elevados comparados con los hijos últimos durante todo el experimento, incluso desde el periodo de reposo. Los resultados de este estudio tienden a apoyar la hipótesis sobre mayor reactividad al estrés en primogénitos, sin embargo, hay que resaltar que como tal, en la frecuencia cardíaca no hubo diferencias en ambos grupos y que desde el periodo de reposo los primogénitos ya tenían valores más elevados que fueron consistentes durante todo el experimento comparado con los hijos últimos. Finalmente, Weiss concluye que se debe tomar en cuenta la naturaleza limitada de la muestra con respecto a la edad, el sexo y el nivel socioeconómico, pues los resultados pueden variar si se aplican a grupos de individuos con diferentes características a las ya mencionadas (Weiss 1970).

A pesar de los hallazgos de Weiss, no se ha encontrado otra investigación que relacione el orden de nacimiento con diferencias en parámetros fisiológicos, por lo que es importante retomar metodologías que ofrezcan la ventaja de no estar sujetas a la interpretación de los individuos.

2. ANTECEDENTES

El estudio de las diferencias individuales se ha incrementado en los últimos años debido a la relevancia que ha tomado el concepto de personalidad animal en la biología conductual. Gracias a esto, han surgido líneas de investigación basadas en los diferentes estilos de afrontamiento de algunos mamíferos *Oryctolagus cuniculus* y *Ratus norvegicus*. Estos estudios contribuyen a la investigación de la conformación de diferentes fenotipos conductuales, morfológicos y fisiológicos en individuos de la misma especie. (Steimer y cols. 1997; Bautista y cols. 2003,). Para los seres humanos se ha descrito la medicina personalizada, la cual se fundamenta en adaptar la terapia a las características fisiológicas, psicológicas y sociales de cada persona, pues argumentan que el efecto de un medicamento o la recuperación varían por las diferencias individuales de los individuos (Ginsburg y Willard 2009).

Las investigaciones realizadas en modelos animales, han mostrado evidencia de que los fenotipos conductuales, dependen del ambiente experimentado durante los periodos críticos del desarrollo (Koolhaas y cols. 2010; Champagne y Curley 2005). Por esto, en algunas especies de mamíferos, incluyendo humanos, la presencia de hermanos es un factor determinante en el ambiente social temprano. Las interacciones entre estos podrían explicar la formación de distintos fenotipos físicos y conductuales. Esto se debería a la competencia por los recursos limitados, el cuidado y la atención parental (Bautista y cols. 2003).

En humanos hay investigaciones que indican la presencia de los hermanos como un factor para la formación de distintos fenotipos conductuales. Entre los mecanismos se describen diferencias en la gestación de cada hijo, pues la nutrición, la edad o el ritmo de vida de la madre no son iguales en cada hermano. Pero no solo en la gestación se establecen diferencias, pues al aumentar el número de hermanos se generará mayor competencia por captar la inversión de los padres. Además, el primogénito es generalmente más grande y fuerte por lo que los hermanos menores son objeto de dominancia. Por estos factores, se establece al orden de nacimiento como un factor para el desarrollo de la personalidad (Sulloway 2010).

Sin embargo, a pesar de las investigaciones realizadas, aún es un reto entender cómo el ambiente influye en las etapas tempranas del desarrollo y cómo esta relación podría estar

vinculados al desarrollo de la respuesta al estrés. Por consiguiente, es importante considerar las implicaciones teóricas que anteceden a la presente investigación. En general, los estudios muestran que ser el primogénito confiere ventajas en términos de logros académicos, son responsables y cautelosos; mientras que los hermanos menores se caracterizan por la apertura a nuevas experiencias y corren más riesgos al tomar decisiones que los primogénitos (Sulloway 2010).

2.1 La respuesta del organismo ante el estrés

Estrés es un término usado para describir experiencias percibidas como negativas, físicas o psicológicas. Tradicionalmente se ha dividido en dos categorías: “el estrés bueno”, cuando el problema es manejable y deja una sensación de satisfacción cuando se soluciona y el “estrés malo”, el cual se presenta en situaciones en las que no se tiene el control, es irritante, recurrente y potencialmente dañino (McEwen 2007; McEwen y Gianaros 2010).

Aademás, en el organismo ocurren procesos fisiológicos los cuales sirven para preparar al individuo ante una posible situación de confrontación. A continuación, se describen los procesos fisiológicos ocurridos en humanos ante una situación de estrés junto con el tiempo aproximado de activación (Tsigos y Chrousos 2002; Charmandari y cols. 2004; Cacioppo y cols. 2007; Chorousus 2009):

- Dada la interpretación cognitiva de una posible amenaza, se necesita mayor distribución de glucosa y oxígeno hacia músculo esquelético. Por eso, de manera inmediata hay aumento de la frecuencia cardiaca y respiratoria, lo que ocasiona un incremento de la presión arterial debido al aumento del flujo del volumen sanguíneo en el interior de los vasos. Uno de los efectos de este fenómeno es el incremento de la temperatura superficial.
- Para mantener la atención, el cerebro aumenta el consumo de oxígeno y glucosa, lo cual es facilitado por la distribución incrementada del flujo sanguíneo.

- De manera general, se inhibe la síntesis, liberación y acción de mediadores de la respuesta inmune e inflamatoria.
- En el orden de minutos, disminuyen conductas asociadas a la reproducción, pérdida de la erección en machos y disminución en la receptividad en hembras.
- En menos de una hora, se limitan procesos relacionados a la alimentación, como el apetito y la digestión.
- Si el estrés permanece, se utilizan los almacenes energéticos, ocurre así la glucogenólisis, que es la descomposición de glucógeno a glucosa y gluconeogénesis, es decir, conversión a glucosa a partir de lípidos y en casos extremos de aminoácidos.

2.1.1 Vías fisiológicas activadas durante la respuesta al estrés

Como se comentó anteriormente, es necesaria la respuesta fisiológica para lidiar contra las eventualidades ofrecidas por el ambiente. Entonces, para esto destacan 2 ejes que se activan para facilitar la movilización energética y disminuir procesos innecesarios durante una confrontación: los ejes HPA y SAM. Ambos son estimulados o inhibidos por el centro integrador del sistema nervioso: el cerebro (Kyrou y Tsigos 2009).

Dentro del sistema nervioso central (SNC), el cerebro es el órgano clave para evaluar el impacto del estrés, específicamente la corteza prefrontal, el hipocampo, el hipotálamo y la amígdala, los cuales se encargan de integrar, evaluar y dar la respuesta, además de ser blanco de los corticosteroides (McEwen y cols. 2007). Los corticosteroides junto con las catecolaminas son los mediadores hormonales periféricos del SNC, actúan en diversos órganos y sistemas para mantener al organismo alerta (Tsigos y Chrousos 2002). En la Figura 2 se observan estructuras generales del eje SAM y HPA. Ambos sistemas facilitan la movilización y conservación de fuentes de energía hacia el cerebro, músculo esquelético y cardíaco (Smith y Vale 2006).

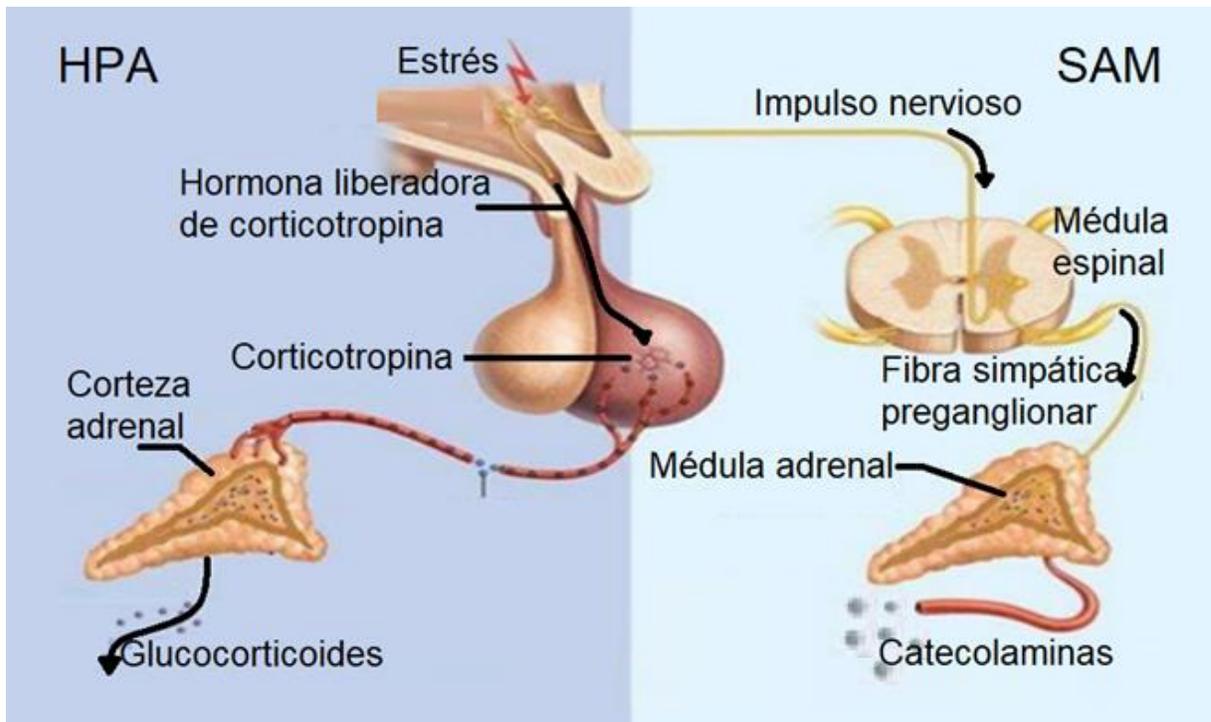


Figura 2. Representación de las algunas estructuras involucradas la respuesta al estrés en el sistema nervioso periférico (Modificado de Cacioppo y cols. 2007).

A continuación, se describe el proceso general de la respuesta al estrés y como éste converge en dos vías distintas:

Al inicio ocurre la percepción del estímulo por los receptores sensoriales, esta información pasa por el tálamo y, para la interpretación cognitiva, se dirige a estructuras corticales superiores (Duval y cols. 2010): la corteza prefrontal, implicada en la toma de decisiones, atención, regulación de la impulsividad y memoria a corto plazo; el hipocampo, realiza un análisis comparativo entre la nueva situación y los recuerdos; la amígdala participa en la percepción del miedo, ansiedad y memoria emocional. En caso de percibir el estímulo como amenazante dichas estructuras, mandan proyecciones nuevamente al tálamo, el cual estimula al eje Simpato-Adreno-Medular (SAM) y al eje Hipotalámico-Hipofisiario-Adrenal (HPA) (Cacioppo y cols. 2007; McEwen y cols. 2007).

El eje SAM comienza, cuando la respuesta de alarma converge en el sistema noradrenérgico del locus cerúleo (LC) estimulado por la amígdala. El LC se ubica en el interior del tallo cerebral, del cual surgen fibras que atraviesan la médula espinal y dejan el SNC a través de nervios espinales torácicos y lumbares preganglionares (Tsigos y Chrousos 2002).

La mayoría de las fibras preganglionares terminan en ganglios de las cadenas paravertebrales (ubicados lateralmente a la columna vertebral) y en las células cromafines de la médula adrenal (el neurotransmisor es la acetilcolina). De estos ganglios surgen las fibras posganglionares que se dirigen hacia los tejidos inervados por el sistema nervioso simpático. La mayoría de las fibras simpáticas posganglionares junto con la médula de la glándula adrenal liberan catecolaminas en el torrente sanguíneo. Las fibras posganglionares liberan noradrenalina principalmente, mientras la medula adrenal libera adrenalina y noradrenalina en una proporción de 4:1 (Cacioppo y cols. 2007).

Los efectos de la noradrenalina incluyen: aumento de la frecuencia y fuerza de contracción cardíaca, vasodilatación en las arterias del músculo-esquelético, incremento de la temperatura y frecuencia respiratoria, estimulación del estado de vigilia y de la percepción de la información sensorial, disminución de la motilidad intestinal, lipogénesis y glucogenólisis (Smith y Vale 2006).

Mientras, la vía HPA inicia en las neuronas parvocelulares, en los núcleos paraventriculares del hipotálamo. Las neuronas parvocelulares secretan la hormona liberadora de corticotropina (CRH), la cual estimula la liberación de corticotropina por las células corticotrópicas de la hipófisis anterior. La corticotropina difunde en la circulación sanguínea, cuyo órgano diana es la zona fasciculada de la glándula adrenal, para finalmente secretar cortisol. La función del cortisol es mantener constante el nivel de glucosa plasmática que irriga músculo-esquelético, corazón y cerebro durante un evento estresante, así como de estimular la gluconeogénesis. Asimismo, el cortisol ejerce efecto de retroalimentación negativa disminuyendo la producción de la CRH y de corticotropina, además inhibe la función de algunas proteínas asociadas a funciones inmunológicas y de crecimiento (Ellis y cols. 2007; Cacioppo y cols. 2007).

Una de las diferencias en el eje HPA y el SAM es el tiempo de respuesta. El eje SAM se activa en el orden de segundos a minutos debido a que sus productos son liberados por vía nerviosa. Mientras, los efectos del eje HPA, tardan de 10 a 15 minutos en ser medidos porque la corticotropina requiere ser liberada en el plasma (Duval y cols. 2010; Allen y cols. 2014).

2.1.2 Cambios en la temperatura superficial

Como se mencionó previamente, uno de las consecuencias del estrés es el aumento de la temperatura superficial y una de las partes donde es más evidente el fenómeno es el rostro, pues frente, nariz y mejillas son estructuras altamente vascularizadas. Incluso en algunos individuos es perceptible sin equipo especializado, pues se aprecia enrojecimiento, el cual se debe a vasodilatación (Kataoka y cols. 1998), lo que sucede de manera inmediata al encontrarse en una situación vergonzosa. Asimismo, existen estudios que utilizan el enrojecimiento facial para evaluar la respuesta al estrés (Vinkers y cols. 2013).

El aumento o disminución de la temperatura facial se debe a la variación del flujo sanguíneo, que irriga a los músculos y la piel del rostro. La vascularización del rostro surge de dos arterias, que se encargan de la irrigación de la parte izquierda y derecha del rostro: la arteria carótida externa izquierda y la arteria carótida externa derecha respectivamente, que son una ramificación de las arterias carótidas común izquierda y derecha. La arteria carótida común derecha, comienza en la bifurcación del tronco braquiocefálico, junto con la arteria subclavia derecha. Mientras la arteria carótida común izquierda, nace directamente del arco aórtico, entre el tronco braquiocefálico y la arteria subclavia izquierda. Asimismo, ambas arterias carótidas externas se bifurcan en distintas ramas para irrigar la superficie y músculos del rostro (Latarjet y Liard 2004).

El músculo frontal que se encuentra en la parte anterior del músculo occipitofrontal, esta irrigado por la arteria frontal. La nariz se compone de distintos músculos que recubren su superficie: el piramidal, el transversal, el mirtiforme y el dilatador de la nariz, todos son irrigados por la arteria facial. Los músculos principales de las mejillas son el músculo masetero y el buccinador. El músculo buccinador se encuentra irrigado por la arteria maseterina inferior y la

premaseterina (Figura 3). La irrigación de los músculos previamente mencionados proviene de arterias que nacen directa o colateralmente de la arteria carótida externa (Latarjet y Liard 2004; Netter 2014).

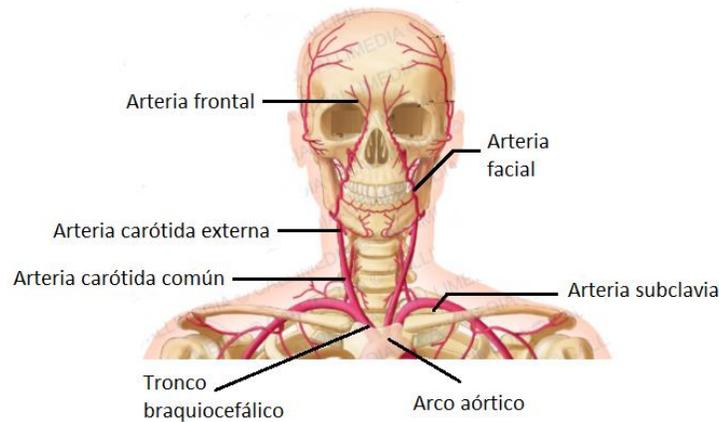


Figura 3. Representación de la vascularización del rostro.

Durante un evento estresante ocurren cambios a nivel vascular como respuesta al aumento de noradrenalina (Kataoka y cols. 1998; Cacioppo 2007), generando vasoconstricción y vasodilatación, cuyos mecanismos se describen brevemente a continuación.

Vasoconstricción: En la terminal nerviosa del axón de la neurona posganglionar, se encuentra la tirosin-cinasa, que utiliza la tirosina como sustrato para generar noradrenalina, la cual es liberada y posteriormente captada por los receptores α -adrenérgicos del vaso sanguíneo. Los receptores α -adrenérgicos, están acoplados a proteínas G, cuya función es generar una cascada bioquímica de señalizaciones para liberar iones calcio del retículo sarcoplásmico. Una alta concentración de iones de calcio en el espacio intracelular de los miocitos de los vasos sanguíneos tiene como efecto generar vasoconstricción (Greany y cols. 2015).

Vasodilatación cutánea: El axón de la neurona posganglionar colinérgica, libera acetilcolina que es captada por los receptores M3 de los vasos capilares, los receptores M3 de los miocitos activan una serie de mecanismos bioquímicos que tienen como función estimular

la recaptura de iones calcio por parte del retículo sarcoplásmico e inhibir la contracción (Wong y Hollowed 2017).

2.2 Termografía infrarroja

La variación de la temperatura superficial se puede medir con una cámara termográfica, la que ha demostrado utilidad en el campo industrial y en la clínica (Stewart y cols. 2005; Rustemeyer y cols. 2007). La termografía se basa en la medición de la energía electromagnética radiada por los objetos. La radiación electromagnética puede describirse como una corriente de fotones emitida constantemente. Pequeños cambios en la temperatura se deben a cambios sustanciales en la cantidad de fotones emitidos, que se detectan con mucha precisión usando la cámara termográfica (Stewart y cols. 2005).

El uso de la termografía ofrece múltiples ventajas, una de ellas es la no-invasividad, pues a diferencia de otras técnicas, para el uso de la termografía infrarroja (IRT) no es necesario tener contacto físico, ya que los registros con la cámara termográfica se hacen a distancia, con ello también se evita el estrés ocasionado por la manipulación de los animales. Otra ventaja, es su alta resolución temporal, ya que los resultados se obtienen en tiempo real, es decir la imagen proporciona datos de la temperatura superficial en el momento del procedimiento, lo cual permite conocer los cambios que ocurren durante la misma prueba, esto representa una ventaja sobre otros procedimientos donde se necesita esperar un tiempo para obtener la muestra (heces o sangre). Finalmente, la medición de la temperatura brinda un panorama de la actividad fisiológica, pues el aumento o disminución de la temperatura superficial es un reflejo de la actividad del sistema nervioso simpático (Fernández-Cuevas y cols. 2015; Lecorps y cols. 2016).

2.2.1 Uso de la termografía en la investigación del estrés

En una investigación hecha por Vianna y Carrive en 2005, se muestra la efectividad de la IRT en pruebas de miedo condicionado en ratas. Cuando una rata está expuesta a una amenaza, su organismo debe responder para sobrevivir, aunque la rata permanezca inmóvil, su cuerpo se prepara para una posible situación de lucha o huida. Dentro de los cambios del organismo se encuentran: el aumento de la frecuencia cardíaca, constricción de los vasos de las vísceras y vasodilatación de las arterias del músculo esquelético. Estos cambios pueden ser detectados con la IRT detectar sin alterar la conducta del animal.

En humanos se han realizado pruebas de estrés, utilizando la IRT como herramienta para medir los cambios en la temperatura superficial. Vinkers y colaboradores en 2013, midieron la variación de la temperatura en distintas áreas del cuerpo, como la temperatura interna, la temperatura de las manos y el rostro, durante una prueba de estrés social. Sus resultados mostraron cambios en el rostro, y en las mujeres la temperatura de la nariz disminuyó, mientras en los hombres la temperatura de las mejillas aumentó significativamente.

Como se puede notar, la termografía es una herramienta muy útil para estudiar la respuesta al estrés. Esta metodología además se caracteriza porque puede llevarse a cabo dentro del laboratorio junto con múltiples pruebas estandarizadas para seres humanos.

2.2.2 Pruebas estándares para inducir estrés con efectos en la temperatura superficial

Para estudiar el estrés en humanos se han desarrollado diversas pruebas, las cuales se han agrupado en dos categorías: de origen físico y de origen psicológico. Estas pruebas se caracterizan por someter al individuo a un contexto desconocido, impredecible, incontrolable o amenazante (Allen y cols. 2014).

Las pruebas en las que el individuo tiene contacto directo con el estresor son de origen físico. Por ejemplo, la aplicación de ligeras descargas eléctricas, la introducción de una mano en una cubeta con agua fría, exposición a ruidos o actividad física prolongada. Dentro de las

pruebas de origen psicológico, destacan la inducción de emociones a través de imágenes, tareas de cálculo o exposición social (Dickerson y Kemeny 2004).

Una de las pruebas de origen psicológico más utilizada a nivel mundial es la prueba de estrés social de Tier o TSST. La TSST consiste en que un individuo focal debe realizar una presentación simulando solicitar empleo, posteriormente resuelve una serie de pruebas aritméticas de forma mental. Antes de iniciar la prueba, entran al lugar un hombre y una mujer, los cuales únicamente observan el desempeño del individuo focal. Todo el procedimiento es videograbado. Esta prueba se basa en el estrés producido por la evaluación social ante un grupo de personas desconocidas que no muestran respuesta (Kudielka y Wüst 2010; Allen y cols. 2014; 2017).

Una prueba derivada de la TSST es la prueba de estrés social de Trier Modificada (TSST-M, por sus siglas en inglés), consiste en pedir al voluntario que prepare una presentación acerca de su formación académica, sus virtudes y defectos. Posteriormente, entra al lugar de registro un comité compuesto de dos individuos adultos, un hombre y una mujer, al voluntario se le informa que los adultos son expertos en el análisis de la conducta. Durante la prueba los miembros del comité toman notas como si estuvieran analizando al individuo (Allen y cols. 2017).

Otra prueba es la de conflicto de color de las palabras de Stroop (SWCCT por sus siglas en inglés). Es una prueba de carácter cognitivo compuesta por cuatro fases en las que el individuo debe responder tan rápido como pueda (Delaney y Brodie 2000):

1. Se muestra una impresión con 22 palabras y se le pide al individuo nombrar el color en que se encuentran escritas las palabras.
2. Aparece una serie de operaciones aritméticas y el individuo debe dar las respuestas.
3. El sujeto observa una hoja en la que se encuentran escritos los nombres de diversos colores, sin embargo, el color de la tinta no corresponde con la palabra (nombres de los colores), el individuo debe decir el color de la tinta en que fueron impresas las palabras.

4. Se proyecta una imagen con una serie de palabras asociadas a un color. Pero, las palabras están impresas con tinta de otro color. Por ejemplo: “pasto” y la tinta de la impresión es roja, de nuevo el individuo debe nombrar el color de la tinta.

En las pruebas de estrés auditivo se aplican ruidos molestos al individuo (Allen y cols. 2017). Destacan dos métodos: el primero de ellos utiliza un audio compuesto de dos canciones que se reproducen simultáneamente, una de ellas en un idioma distinto a la lengua materna de los individuos y otra del género “Heavy Metal” (Lee y cols. 2013). El segundo consiste en aplicar a los individuos ruido ambiental, este ruido es grabado de una ciudad en el momento del día en que la población tiene mayor actividad (Schnell y cols. 2013).

También existe una propuesta que integra diferentes estresores para generar una mayor respuesta: la Prueba de estrés multi-componente de Mannheim. Esta prueba consiste en aplicar una versión modificada del SWCCT, pero durante la aplicación se escucha ruido blanco con una intensidad de 63 a 85 dB. Antes de iniciar la prueba, se le notifica al voluntario que por cada respuesta correcta se le pagará cierta cantidad de dinero, pero por cada respuesta incorrecta se le quitará dinero (Allen y cols. 2014).

Las pruebas mencionadas previamente, tienen la característica de inducir cambios en la fisiología del individuo. Por ejemplo: aumento de la frecuencia cardiaca y respiratoria, actividad eléctrica cerebral o cambios en la temperatura superficial, con este fundamento es que diversas investigaciones utilizan herramientas para medir dichos cambios. Dentro de esas herramientas destacan: el electrocardiograma que registra la actividad eléctrica del corazón; el pletismógrafo, la frecuencia respiratoria; el electroencefalograma, la actividad eléctrica cerebral o la cámara termográfica, la temperatura superficial (Weiss 1970). Este último, la termografía infrarroja es una herramienta que ha destacado en los últimos años en la clínica y en el estudio del estrés (Kataoka y cols. 1998).

2.3 Reactividad al estrés en individuos con distinto orden de nacimiento

Como se comentó previamente la reactividad al estrés se define como la intensidad de la respuesta ante un evento estresante y esta se expresa en términos cuantitativos como la duración o la latencia de la respuesta al estrés (Koolhaas 2007), e incluso también se pueden registrar parámetros psicofisiológicos como el ritmo cardiaco, respiratorio o la temperatura superficial. Entonces, aquellos individuos con mayor reactividad al estrés se caracterizan por activar los mecanismos relacionados con el eje HPA y SAM con mayor rapidez, además de que la duración de la respuesta es más prolongada e intensa.

La razón de porque hay mayor reactividad en algunos individuos sobre otros aún es desconocida, pero se propone que esto se podría deber, en parte, al ambiente temprano de desarrollo. Es por eso que los estudios sobre como el orden de nacimiento influye en la conformación del perfil conductual han tomado mayor relevancia. Entonces se caracteriza a los primogénitos como conservadores, responsables y a los hijos últimos como afables y abiertos a nuevas experiencias. Por lo que se podría pensar que la respuesta al estrés también sería distinta (Suloway 1999).

De hecho, hay investigaciones donde establecen que dependiendo el orden de nacimiento hay diferencias en la respuesta al estrés, sin embargo, no hay resultados consistentes, lo cual se explicaba que era por la metodología usada, pues los resultados obtenidos no eran objetivos y directos (Weiss 1970).

Entonces, el estudio del estrés ha tomado relevancia en los últimos años, pues este se relaciona a desórdenes de la salud por no saber cómo manejarlo (Sapolsky 2000), pues se sabe que los sistemas fisiológicos involucrados, como el HPA al no regularse adecuadamente disminuyen la respuesta inmune o en el caso del eje SAM está asociado a hipertensión. Por estos motivos es que el estrés se puede evaluar mediante enfoques tanto psicológicos, pues la interpretación cognitiva de una posible amenaza determina la intensidad de la respuesta física.

Por ello, para estudiar el estrés en individuos con distinto orden de nacimiento se pueden analizar parámetros comparables en primogénitos e hijos últimos, por ejemplo al exponer a ambos grupos a una prueba social, se puede comparar la duración del discurso, el número de

palabras utilizadas, el movimiento de las manos y también el componente fisiológico mediante la termografía, pues esta ayudaría a estudiar la variación de la temperatura, pues en anteriores investigaciones realizadas en roedores, se analizó la variación de la temperatura como medida de la ansiedad, pues se interpretaba que aquellos con mayor desviación de los datos con respecto a la temperatura promedio tenían mayor tendencia a la ansiedad (Lecorps y cols. 2016),

3. JUSTIFICACIÓN

Desde hace más de 50 años, múltiples investigaciones sugieren la existencia de diferencias en personalidad atribuibles al orden de nacimiento, la cual se debe a la intensa interacción entre los hermanos por competir por recursos limitados, según estas investigaciones se describe a los primogénitos como responsables y organizados y a los hijos últimos como osados y abiertos a nuevas experiencias (Sulloway 2010 y Black 2016). Sin embargo, son pocos los antecedentes que muestran diferencias con respecto a la respuesta al estrés en primogénitos e hijos últimos.

La presente investigación podría ayudar a establecer, si existe un efecto del orden de nacimiento sobre la respuesta al estrés en humanos. Para ello se utilizaría una metodología enfocada en la reactividad al estrés, la cual tiene la característica de que ya ha sido estudiada con componentes fisiológicos y conductuales, además las metodologías utilizadas para su estudio están validadas a nivel mundial.

Por eso, en nuestro trabajo utilizaremos herramientas que permitan medir parámetros cuantitativos de la fisiología y conducta. Para medir la respuesta fisiológica se usará la IRT, que se basa en la energía emitida por los organismos y la variación de esta, es un indicador involuntario de la respuesta al estrés. La IRT tiene ventajas sobre otras herramientas porque no es invasiva, es aplicable en tiempo real, la respuesta obtenida no es manipulada por el voluntario puesto que es un reflejo de la actividad fisiológica del sistema nervioso simpático (Fernández-Cuevas y cols. 2015; Lecorps y cols. 2016).

Este estudio nos permitirá entender la posible influencia del orden de nacimiento sobre mecanismos fisiológicos de la respuesta al estrés, puesto que se reportan en la literatura

múltiples trabajos en los que se atribuyen ciertos rasgos a primogénitos y a hijos no primogénitos, sin embargo, son pocos los trabajos que evalúan si estos atributos se reflejan en diferencias fisiológicas.

Debido a esto, se requieren más estudios en humanos que exploren los mecanismos fisiológicos que subyacen a tales diferencias. Además, la relevancia de la problemática planteada implica entender el motivo de la diversificación de los mecanismos que conducen a la respuesta al estrés. En conclusión, son necesarios más estudios cuantitativos que exploren la relación entre rasgos de la personalidad y el orden de nacimiento.

4. HIPÓTESIS

Hay diferencias individuales en fisiología y conducta en la respuesta al estrés asociadas al orden de nacimiento.

4.1 Predicción

- Se espera que los primogénitos, al ser descritos como reservados y cautelosos, al exponerse a pruebas de estrés, tengan mayor reactividad, es decir, que los cambios fisiológicos dependientes del estrés se presenten más rápido comparado con los hijos últimos. Además de haber diferencias en el desempeño conductual durante las pruebas.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivos generales

Determinar si el orden de nacimiento está asociado a diferencias en la temperatura facial ante una serie de pruebas estresantes.

Comprobar la existencia de diferencias conductuales asociadas al orden de nacimiento durante una serie de pruebas estresantes.

5.2 Objetivos específicos

1. Comparar los cambios de la temperatura facial en primogénitos e hijos últimos durante diferentes pruebas de estrés (social, auditivo y cognitivo-visual).
2. Analizar el desempeño conductual de primogénitos e hijos últimos en la prueba social y cognitivo-visual.

6. METODOLOGÍA

La presente investigación tuvo un enfoque cuantitativo con un diseño transversal ya que la información de las pruebas se obtuvo en un solo periodo de tiempo. La selección de la muestra fue de tipo no probabilística, es decir, se realizó con voluntarios que cumplían con los criterios de inclusión y aceptaban participar en las pruebas. La variable independiente fue el orden de nacimiento y las variables dependientes fueron la variabilidad de la temperatura superficial del rostro y el desempeño conductual durante las diferentes pruebas estresantes.

6.1 Sujetos

Se trabajó con una muestra de 80 individuos, divididos en 2 grupos: 40 primogénitos y 40 hijos últimos, en cada grupo hubo 20 mujeres y 20 hombres. Los individuos tenían una edad entre 19 y 25 años, eran residentes en el Estado de Tlaxcala y estudiaban la licenciatura.

Los criterios de inclusión fueron:

- Pertenecer a una familia con uno o más hermanos.
- Ser primogénito o hijo último.

- La diferencia entre el individuo focal y su hermano mayor o menor no debía superar los 5 años.
- Haber crecido con su padre y madre.
- Firmar carta de consentimiento para permitir el uso de su información.

Los criterios de exclusión son los siguientes:

- Tener un hermano gemelo o medios hermanos.
- Estar enfermos.
- Estar medicados.
- Haber ingerido alimentos en la última hora.
- Haber realizado ejercicio extenuante en el día del registro.

6.2 Instrumentos y equipo

- Formulario y carta de consentimiento (Anexo).
- Cámara de video (Canon Vixia HF R80, China)
- Cámara termográfica (Fluke TiS60, Estados Unidos).
- Termómetro ambiental. (EXTECH Instruments, 445702, Estados Unidos).

6.3 Procedimiento

Se aplicó un formulario para obtener los datos de orden de nacimiento, número de hermanos, información general de los participantes como: edad, escolaridad, correo electrónico, edad de los padres y orden de nacimiento de estos. En caso de que el individuo reuniera los requisitos de inclusión, firmaba voluntariamente el consentimiento donde permitía la utilización de sus datos para la investigación. Posteriormente, se condujo al individuo a una habitación en donde permaneció sentado 5 minutos antes de las pruebas, esto para aclimatarse a la temperatura del lugar y se le pidió que se descubriera el rostro.

La habitación cuenta con las siguientes características: el área del piso mide 2.5 m x 2.5 m y la altura es de 2.5 m, además tiene ventilación cerrada. Había un termómetro ambiental que registró la temperatura ambiental, la cual fue de 20.85 ± 1.67 °C en promedio.

El sujeto estuvo sentado mientras se aplicaban las pruebas. Se le pidió permanecer inmóvil y no interactuar con el evaluador. Además, durante el registro debía mirar fijamente la cámara termográfica, la cual se encontraba a una distancia de 1 metro, al igual que la cámara de video.

A continuación, se presenta la secuencia y duración de cada parte del registro, el cual tuvo una duración aproximada de 10 minutos:

1. Registro basal (2 minutos).
2. Prueba de estrés social (2 minutos).
3. Periodo de reposo (1 minuto).
4. Prueba de estrés auditivo (2 minutos).
5. Periodo de reposo (1 minuto).
6. Prueba de estrés cognitivo-visual (2 minutos).

En el registro basal y en cada prueba, se tomaron 7 fotografías con la cámara termográfica. Los tiempos de captura de fotografía fueron: al inicio del registro basal y de las pruebas, a los 20, 40, 60, 80, 100 y 120 segundos después de haber iniciado. En los periodos de reposo sólo se tomaron 4 fotografías con la cámara termográfica, al inicio, a los 20, 40 y 60 segundos.

6.3.1 Pruebas utilizadas durante el registro

Para el registro basal (RB) y los periodos de reposo (PR), el individuo se limitaba a mirar fijamente la cámara termográfica, sin realizar acciones que implicaran el movimiento del rostro, en lo posible. Además, en estos periodos no había interacción con el evaluador.

La primera prueba fue de estrés social (PS), se utilizó la TSST-M, tal como se describió en la sección “Pruebas para inducir estrés en laboratorio”.

La segunda prueba fue de estrés auditivo (PA), en esta prueba se colocaron audífonos al individuo, a través de ellos se reprodujo un audio a 65 dB, compuesto de los siguientes sonidos: ruido de tráfico, personas discutiendo, llanto de un bebé, perros ladrando y música estridente.

La tercera fue una prueba de estrés cognitivo-visual (PC), un método derivado de la SWCCT, consistió en proyectar un video con una duración aproximada de 2 minutos. El video está dividido en cinco partes, en cada una aparecen las instrucciones durante 5 segundos y el individuo debía responder en voz alta lo que indicaba el monitor. Las partes se describen a continuación:

1. 15 imágenes con una duración de 1 segundo cada una, se proyecta el nombre de un color sobre un fondo blanco, el nombre del color corresponde con el color de la letra. Por ejemplo: “Morado” escrito con letras de color morado. El individuo debe indicar el color de las letras.
2. Duró 18 segundos y consistía en 6 operaciones aritméticas simples (suma, resta o multiplicación) presentadas de manera individual, sobre un fondo blanco. Por ejemplo: $4 + 8$. El individuo debía decir el resultado de la operación.
3. 20 imágenes de manera individual sobre un fondo blanco, con una duración de 1 segundo cada una. En cada imagen está escrito el nombre de un color, sin embargo, el color de las letras no corresponde con el nombre del color. Por ejemplo: “Azul” escrito con letras rojas. El individuo debe indicar el color de las letras.
4. 8 imágenes en fondos de diferentes colores, cada una dura 4 segundos. En la imagen se observa una operación aritmética que incluye suma o resta y una multiplicación. Por ejemplo: $6 + 3 \times 5$ El individuo debe dar el resultado de la operación.
5. 21 imágenes individuales con fondos de colores, con una duración de 1 un segundo cada una. En cada imagen aparece una palabra que muestra el nombre de un color, sin embargo, el color de la palabra no corresponde a lo que la palabra muestra, ni al fondo. Por ejemplo: “Verde” escrito con letras negras en un fondo amarillo. El individuo debe indicar el color de las letras.

La secuencia de la prueba cognitivo-visual se resume en la Tabla 2:

Tabla 2. Resumen de la prueba cognitivo-visual.

Parte	Duración (s)	Fondo	Reto	Característica
1	15	Blanco	Leer la palabra.	El color corresponde con la palabra.
2	18	Blanco	Repuesta aritmética.	Suma, resta o multiplicación.
3	20	Blanco	Leer la palabra.	El color no corresponde con la palabra.
4	21	Colores	Repuesta aritmética.	Suma o resta y multiplicación.
5	21	Colores	Leer la palabra.	El color no corresponde con la palabra.

6.4 Organización de los datos obtenidos

Para la obtención de datos de las termografías se usó el programa SmartView versión 4.3 (Fluke, Estados Unidos).

En cada termografía (640 x 480 píxeles) se observa el rostro del individuo. Las áreas analizadas fueron la frente y nariz, ambas áreas se han analizado en otros trabajos (Vinkers y cols. 2013), hay puntos anatómicos visibles para su determinación y tanto frente como nariz están altamente irrigadas.

Las áreas seleccionadas no tuvieron medidas específicas para frente y nariz, pues los individuos se movían, a pesar de pedir inmovilidad, así que el número de píxeles variaba dependiendo de si se alejaban o acercaban un poco. En consecuencia, se optó por seleccionar

las áreas mediante medidas anatómicas específicas para la nariz y frente como se muestra en la Figura 4.

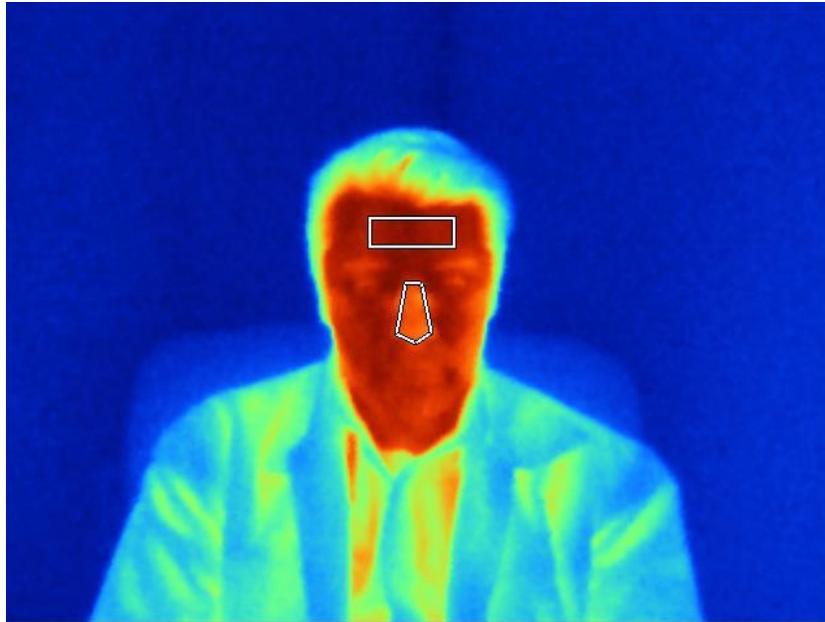


Figura 4. Representación visual de los polígonos seleccionados para análisis en la frente y la nariz.

El área de la frente se obtenía de la siguiente manera, la parte intermedia de cada arco superciliar (cejas) sería la base, sin tocar las cejas, de cada lado se subía hasta el nacimiento del cuero cabelludo, sin tocar el cabello y se formaba la línea superior. En promedio el rectángulo tenía las siguientes medidas: 50 x 25 píxeles.

El área de la nariz se seleccionó a partir de un polígono de cinco lados (1000 píxeles de área en promedio). La línea de la base se dibujó a la altura del lagrimal de cada ojo y de ese punto a la parte más lateral de las superficies alares y la punta del polígono corresponde a la punta de la nariz. El polígono se traza evitando el contacto con las mejillas, las fosas nasales y el área del bigote.

De la matriz de píxeles del área de la frente y nariz se obtiene el promedio y la desviación estándar de la temperatura como se muestra en la Figura 5.

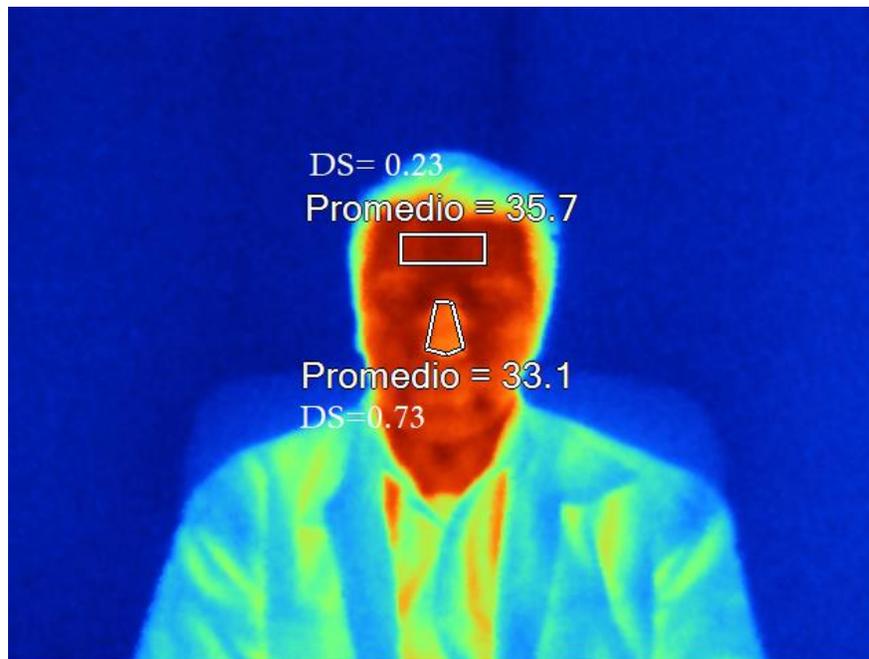


Figura 5. Imagen termográfica donde incluye el promedio y la desviación estándar de la temperatura de la frente y nariz.

En cuanto al análisis de la conducta se tomaron en cuenta los resultados de la prueba social y la prueba cognitivo-visual. En la prueba social se midió la duración, en segundos, del discurso de cada individuo, posteriormente se compararon los datos de primogénitos vs hijos últimos. Mientras en la prueba cognitivo-visual, se comparó el número de aciertos obtenidos.

6.5 Matriz de datos

En total fueron 2880 fotografías termográficas, 36 por individuo. Los datos se agruparon como se indica en la Tabla 3:

Tabla 3: Organización de los datos de cada individuo.

Sujeto	Área	Prueba	Tiempo	Promedio	DS
1	Frente	RB	0	36.7	0.2
1	Frente	RB	20	37	0.23
1	Frente	RB	40	37	0.24

1	Frente	RB	60	37.2	0.24
1	Frente	RB	80	37	0.23
1	Frente	RB	100	37.3	0.26
1	Frente	RB	120	37.6	0.24

6.6 Análisis estadístico

Para evaluar la distribución de los datos, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk. La cual confirmó la distribución normal de la temperatura promedio y la desviación estándar. Para los datos relacionados con conducta, la duración del discurso y el número de aciertos, tuvieron distribución no normal, por lo que se usaron pruebas estadísticas no paramétricas.

Para comparar el perfil térmico de primogénitos con el de hijos últimos, se realizó un ANOVA de medidas repetidas de dos vías. Se formaron dos grupos: primogénitos e hijos últimos, en cada grupo se tomó la temperatura promedio y la desviación estándar (de manera independiente) de los individuos para ser promediada, esto se hizo en cada tiempo (0, 20, 40, 60, 80, 100 y 120) para el registro basal y en las tres pruebas. Este procedimiento se realizó en frente y nariz. Los factores fueron el orden de nacimiento y el tiempo. Posteriormente, se hizo la prueba posthoc, para verificar en qué punto del tiempo se encontraron diferencias.

El análisis de la duración del discurso y el número de aciertos, se realizó una U de Mann-Whitney para comparar los datos de primogénitos e hijos últimos.

Para todos los análisis se usó el programa GraphPad Prism Versión 7, distribuido por GraphPad Software (San Diego California, Estados Unidos).

7. RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados de la temperatura promedio y la desviación estándar de frente y nariz. En las figuras, los círculos negros corresponden a los primogénitos y los

cuadrados rojos a los hijos últimos, los cuales muestran el valor promedio y los bigotes su intervalo de confianza.

7.1 Temperatura promedio de la frente

Para hombres, en el registro basal se obtuvieron diferencias significativas dadas por el factor tiempo ($F_{6,228} = 13.61, p < 0.0001$). La prueba posthoc muestra un incremento de la temperatura en el segundo 80 contra el segundo 0, para primogénitos e hijos últimos. En la prueba social, hubo diferencias significativas por el factor tiempo ($F_{6, 228} = 13.61, p < 0.0001$).

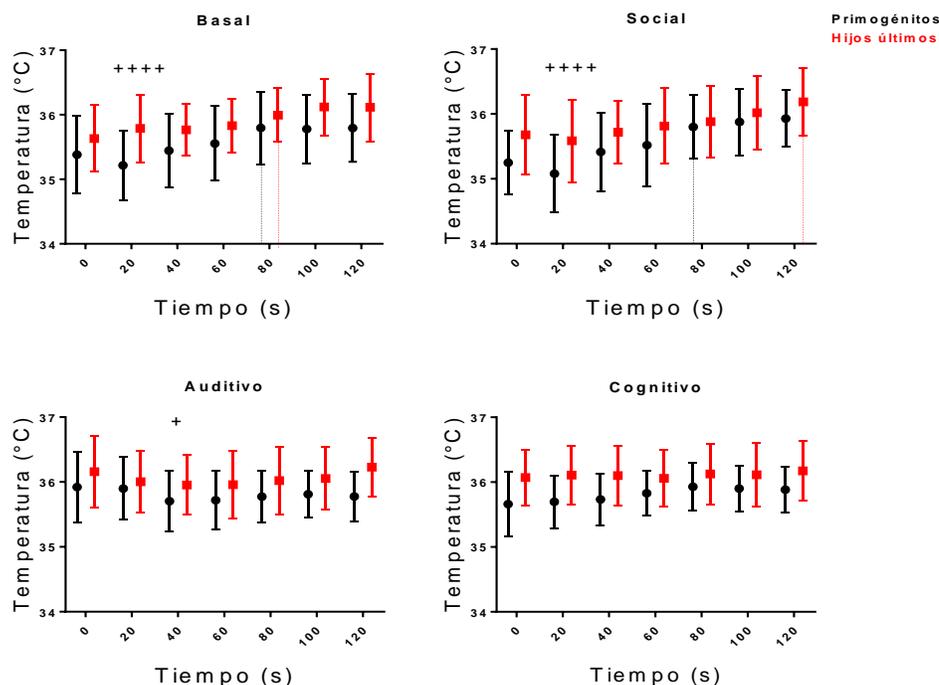


Figura 6: Temperatura promedio de la frente en hombres. Primogénitos n= 20. Hijos últimos n=20. +, +++++ Efecto por el tiempo; + = $p < 0.05$; +++++ = $p < 0.0001$. Las líneas punteadas indican en qué momento del tiempo hubo diferencias significativas comparado con el momento 0.

La prueba posthoc revela un incremento de la temperatura en el segundo 80, comparado con el segundo 0 para primogénitos, mientras en los hijos últimos en el segundo 120 contra el

segundo 0. En la prueba auditiva se obtuvieron diferencias significativas por el factor tiempo ($F_{6, 228} = 2.556$, $p < 0.05$), sin embargo, la prueba posthoc no reveló en qué tiempo (Figura 6).

En mujeres, en el registro basal se obtuvieron diferencias significativas dadas por el factor tiempo ($F_{6, 228} = 20.14$, $p < 0.0001$). La prueba posthoc muestra un incremento de la temperatura en el segundo 40 contra el segundo 0, para primogénitas y en el segundo 20 contra el segundo 0, en hijas últimas. En la prueba social, hubo diferencias significativas por el factor tiempo ($F_{6, 228} = 15.1$, $p < 0.0001$). La prueba posthoc revela un incremento de la temperatura en el segundo 80, comparado con el segundo 0 para primogénitas, mientras que en las hijas últimas en el segundo 100 contra el segundo 0. En la prueba cognitivo-visual se obtuvieron diferencias significativas por el factor tiempo ($F_{6, 228} = 3.255$, $p < 0.01$). La prueba posthoc revela cambios en el segundo 120 contra el segundo 20 para hijas últimas (Figura 7).

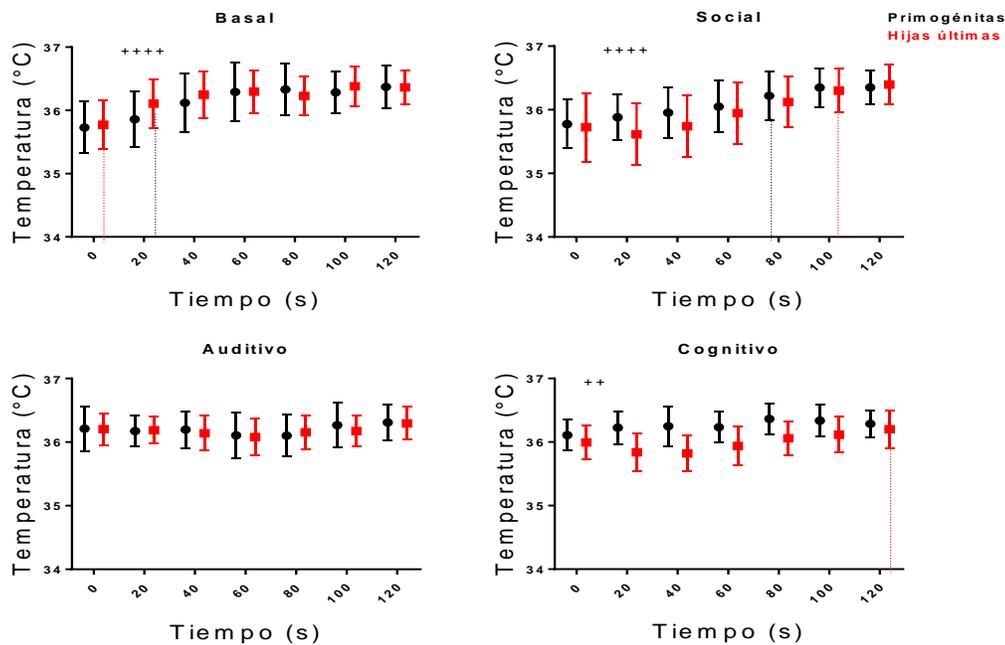


Figura 7: Temperatura promedio de la frente en mujeres. Primogénitas n= 20. Hijas últimas n= 20. ++, +, +++++ Efecto por el tiempo; ++ = $p < 0.01$; +++++ = $p < 0.0001$. Las líneas punteadas indican en qué punto del tiempo hubo diferencias significativas.

7.2 Temperatura promedio de la nariz

Para hombres, en el registro basal se obtuvieron diferencias significativas dadas por el factor tiempo ($F_{6, 228} = 14.49$, $p < 0.0001$). La prueba posthoc muestra un incremento de la temperatura en el segundo 100 contra el segundo 0, para primogénitos e hijos últimos. En la prueba social, hubo diferencias significativas por el factor tiempo ($F_{6, 228} = 13.86$, $p < 0.0001$). La prueba posthoc revela un incremento de la temperatura en el segundo 120, comparado con el segundo 0 para primogénitos e hijos últimos. En la prueba auditiva se obtuvieron diferencias significativas por el factor tiempo ($F_{6, 228} = 3.557$, $p < 0.05$). La prueba posthoc muestra un cambio de la temperatura en el segundo 40 contra el segundo 0 para hijos últimos (Figura 8).

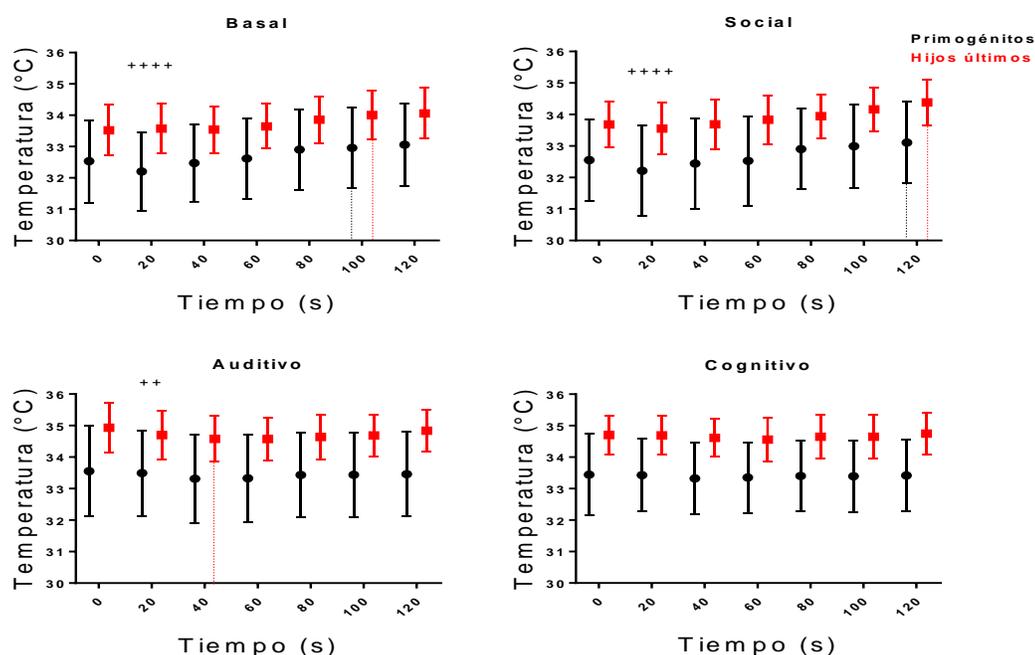


Figura 8: Temperatura promedio de la nariz en hombres. Primogénitos, $n = 20$. Hijos últimos, $n = 20$. ++, +++++ Efecto por el tiempo; ++ = $p < 0.01$; +++++ = $p < 0.0001$. Las líneas punteadas indican en qué punto del tiempo hubo diferencias significativas.

En mujeres, en el registro basal se obtuvieron diferencias significativas dadas por el factor tiempo ($F_{6, 228} = 28.2$, $p < 0.0001$). La prueba posthoc muestra un incremento de la

temperatura en el segundo 60 contra el segundo 0 para primogénitas y en el segundo 80 contra el segundo 0 en hijas últimas. En la prueba social, hubo diferencias significativas por el factor tiempo ($F_{6, 228} = 22.76, p < 0.0001$). La prueba posthoc revela un incremento de la temperatura en el segundo 80, comparado con el segundo 0 para primogénitas e hijas últimas. En la prueba auditiva hubo diferencias por el factor tiempo ($F_{6, 228} = 5.142, p < 0.0001$). La prueba posthoc revela diferencias entre el segundo 60 y el segundo 0 para primogénitas. En la prueba cognitivo-visual se obtuvieron diferencias significativas por interacción (Orden de nacimiento x Tiempo, $F_{6, 228} = 2.65, p < 0.05$). La prueba posthoc revela cambios en el segundo 120 contra el segundo 20 para hijas últimas (Figura 9).

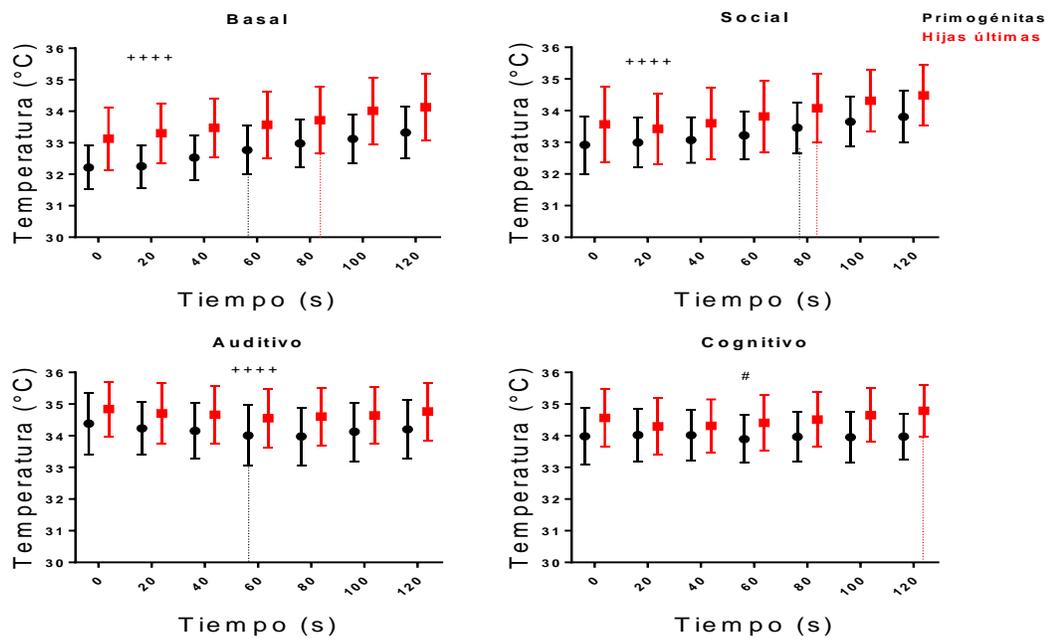


Figura 9: Temperatura promedio de la nariz en mujeres. Primogénitas n= 20. Hijas últimas n= 20. **** Efecto por el tiempo; **** = $p < 0.0001$. # Efecto por interacción; # = $p < 0.05$. Las líneas punteadas indican en qué punto del tiempo hubo diferencias significativas.

7.3 Desviación estándar de la temperatura de la frente

A partir de este punto se muestran los resultados utilizando la desviación estándar de frente y nariz. En las figuras, los círculos negros corresponden a los primogénitos y los cuadrados rojos a los hijos últimos, los cuales muestran el valor promedio y los bigotes su desviación estándar.

En el registro basal, se obtuvieron diferencias significativas dadas por el factor tiempo ($F_{6, 228} = 3.633, p < 0.01$). Mediante la prueba posthoc se muestra que hubo diferencias en el segundo 80 contra el segundo 0 en hijos últimos (Figura 10).

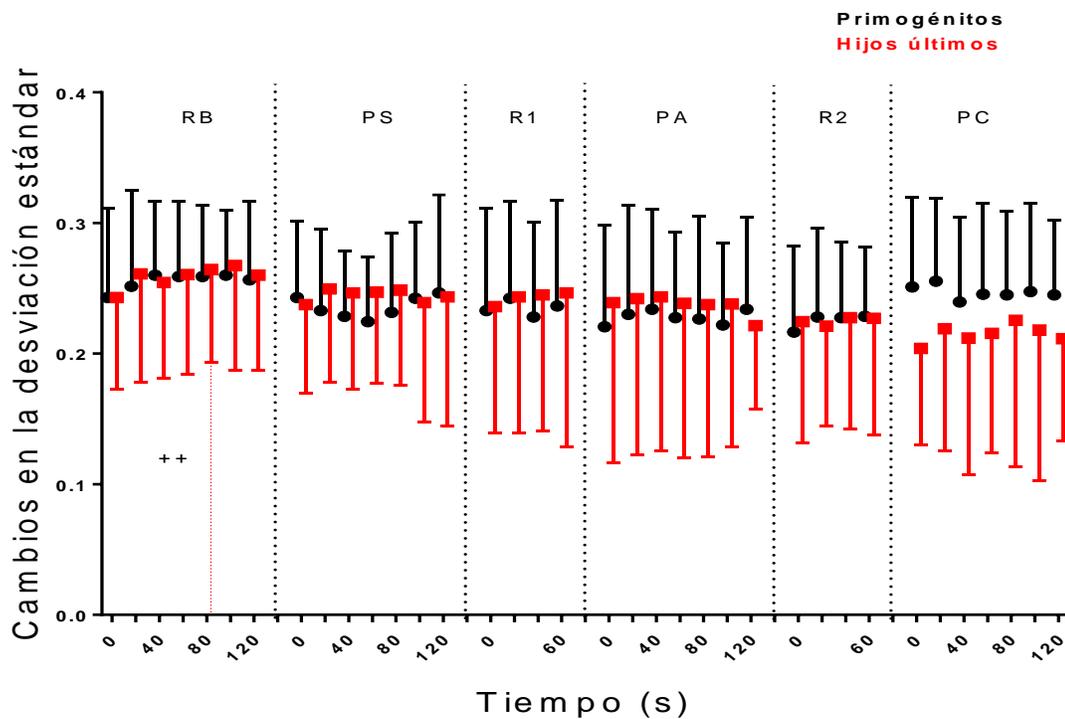


Figura 10: Desviación estándar de la temperatura de la frente en hombres. Primogénitos, n= 20. Hijos últimos, n= 20. Registro basal (RB), prueba social (PS), periodo de reposo 1 (R1), prueba auditiva (PA), periodo de reposo 2 (R2) y prueba cognitivo-visual (PC). ++ Efecto por el tiempo; ++ = $p < 0.01$. Las líneas punteadas indican en qué punto del tiempo hubo diferencias significativas.

En el registro basal de mujeres se obtuvieron diferencias significativas dadas por el factor tiempo ($F_{6, 228} = 3.722, p < 0.01$). Mediante la prueba posthoc se muestra que hubo diferencias en el segundo 100 comparado con el segundo 0, para hijas últimas. En la prueba auditiva se obtuvieron diferencias significativas dadas por interacción (Tiempo x Orden de nacimiento, $F_{6, 228} = 2.833, p < 0.05$). Sin embargo, la Prueba posthoc no reveló en qué tiempo ocurre (Figura 11).

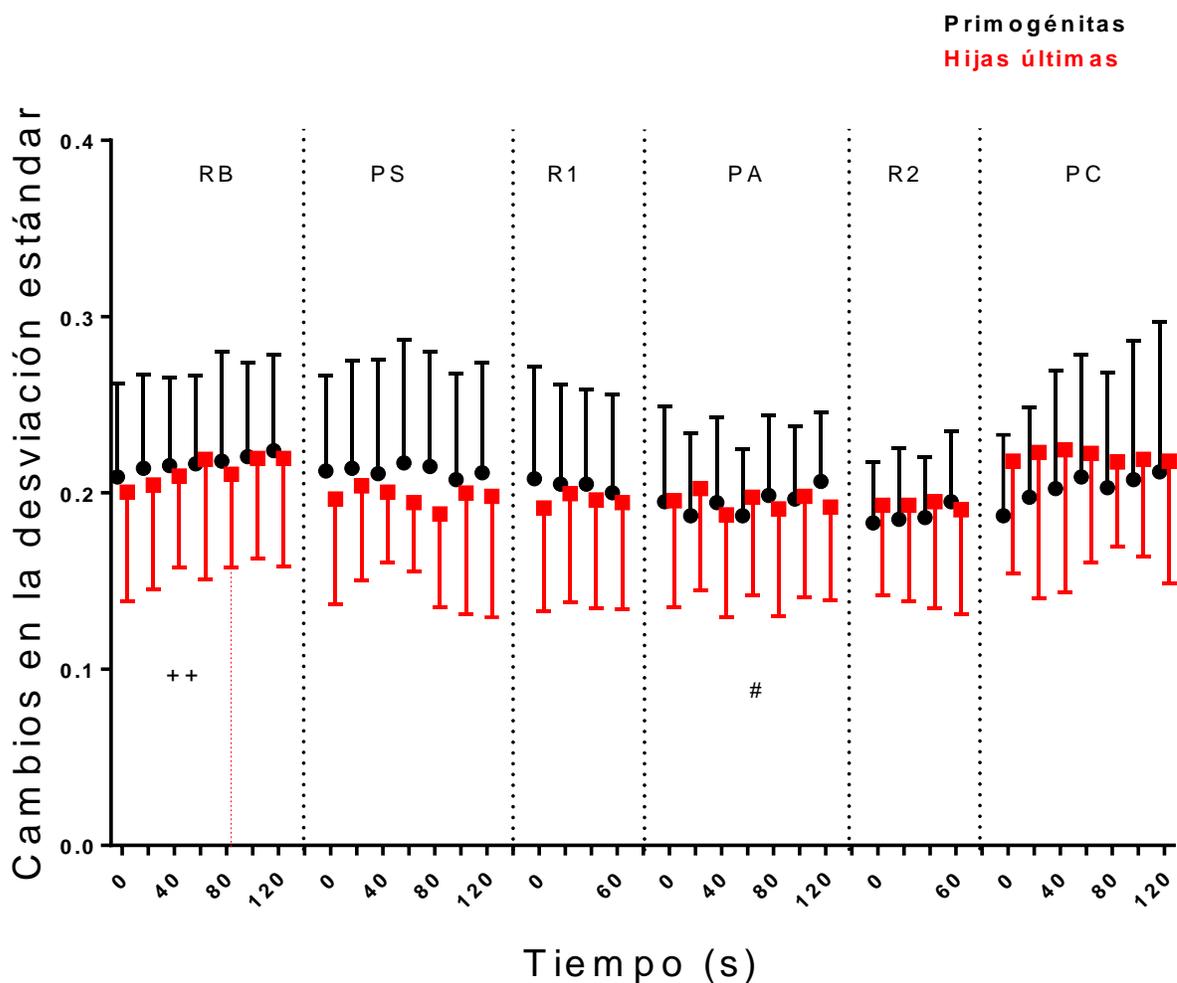


Figura 11: Desviación estándar de la temperatura de la frente en mujeres. Primogénitos $n = 20$. Hijas últimas $n = 20$. Registro basal (RB), prueba social (PS), periodo de reposo 1 (R1), prueba auditiva (PA), periodo de reposo 2 (R2) y prueba cognitivo-visual (PC). ++ Efecto por el tiempo; ++ = $p < 0.01$. # Efecto por interacción. # = $p < 0.05$. Las líneas punteadas indican en qué punto del tiempo hubo diferencias significativas.

7.4 Desviación estándar de la temperatura de la nariz

En hombres hubo diferencias significativas dadas por el orden de nacimiento:

En el registro basal ($F_{1,38} = 5.077$, $p < 0.05$), la prueba posthoc no revela en que tiempo. En la prueba social ($p < 0.05$, $F_{1,38} = 6.778$), la prueba posthoc revela que ocurre esta diferencia en el segundo 0. En el periodo de reposo 1 ($p < 0.01$, $F_{1,38} = 8.166$), la prueba posthoc muestra que las diferencias ocurren en todos los tiempos. En la prueba auditiva ($F_{1,38} = 6.273$, $p < 0.05$), la prueba posthoc revela que las diferencias ocurren en el segundo 20. En el periodo de reposo 2 ($F_{1,38} = 5.741$, $p < 0.05$), la prueba posthoc no muestra en que tiempo ocurren las diferencias. En la prueba cognitivo-visual ($F_{1,38} = 6.238$, $p < 0.05$), la prueba posthoc revela que las diferencias ocurren en el segundo 120 (Figura 12).

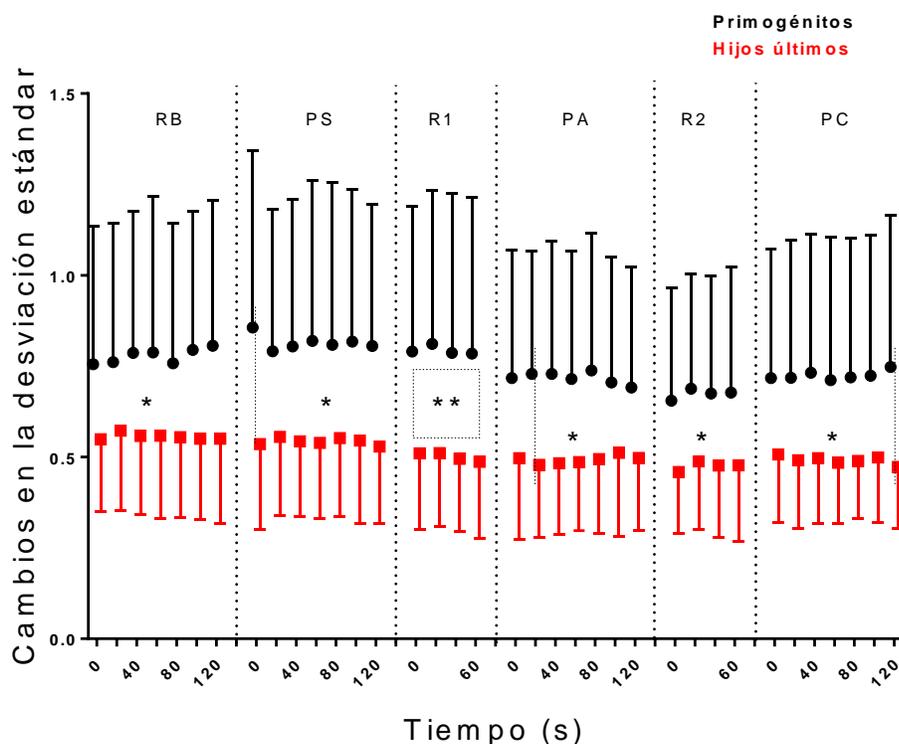


Figura 12: Desviación estándar de la temperatura de la nariz en hombres. Primogénitos, $n = 20$. Hijos últimos, $n = 20$. Registro basal (RB), prueba social (PS), periodo de reposo 1 (R1), prueba auditiva (PA), periodo de reposo 2 (R2) y prueba cognitivo-visual (PC). *, ** Efecto por orden de nacimiento; * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$. Las líneas punteadas indican en qué punto del tiempo hubo diferencias significativas.

Para las mujeres, en el registro basal se obtuvieron diferencias significativas por el orden de nacimiento ($F_{1, 38} = 7.26, p < 0.05$), mediante la prueba posthoc se muestra que estas diferencias ocurren en los segundos 0 y 40. En la prueba social hubo diferencias significativas dadas por el tiempo ($F_{6, 228} = 4.3, p < 0.001$), la prueba posthoc revela que fue en el segundo 80 en primogénitas y también hubo diferencias por interacción (Tiempo x Orden de nacimiento, $F_{6, 228} = 3.17 p < 0.01$). En el periodo de reposo 1, hubo diferencias significativas dadas por el tiempo ($F_{3, 114} = 6.269 p < 0.001$), sin embargo, la prueba posthoc no revela en que tiempo (Figura 13).

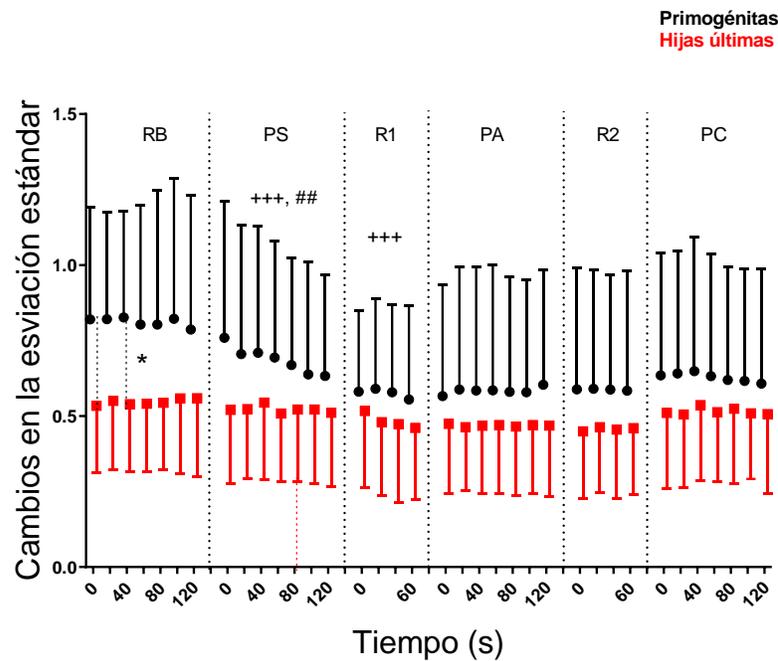


Figura 13: Desviación estándar de la temperatura de la nariz en mujeres. Primogénitas, $n = 20$. Hijas últimas, $n = 20$. Registro basal (RB), prueba social (PS), periodo de reposo 1 (R1), prueba auditiva (PA), periodo de reposo 2 (R2) y prueba cognitivo-visual (PC). * Efecto por orden de nacimiento; $* = p < 0.05$. +++ = Efecto por el tiempo; $+++ = p < 0.001$. ## Efecto por interacción. # $p < 0.01$. Las líneas punteadas indican en qué punto del tiempo hubo diferencias significativas.

7.5 Análisis de la conducta

7.5.1. Duración del discurso

Para comparar la duración del discurso, se usó la prueba U de Mann-Whitney. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la duración del discurso entre primogénitos vs hijos últimos, en hombres ($p=0.95$), ni en mujeres ($p=0.19$) (Figura 14). Las cajas y los bigotes representan el valor de la mediana junto con sus respectivos cuartiles.

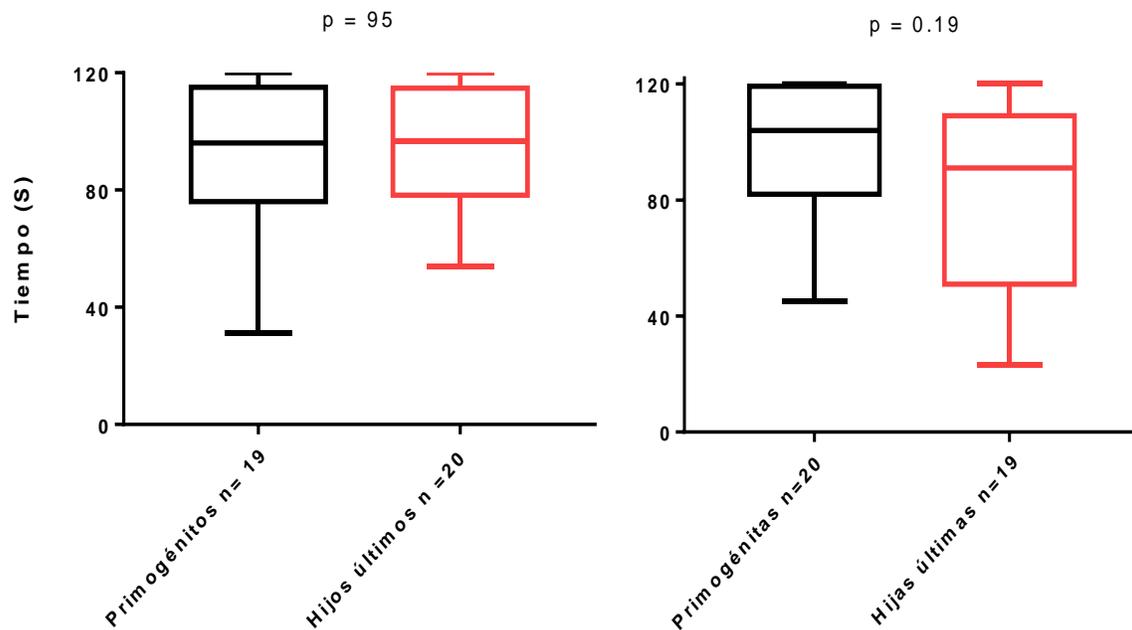


Figura 14. Duración del discurso de primogénitos vs hijos últimos y primogénitas vs hijas últimas. Las cajas y los bigotes representan los cuartiles en que se dividió la muestra.

7.5.2 Aciertos en la prueba cognitivo-visual

No hubo diferencias significativas en las respuestas a la prueba cognitivo-visual, ni en hombres ni en mujeres (Figura 15). Las barras representan el número de aciertos junto con su desviación estándar.

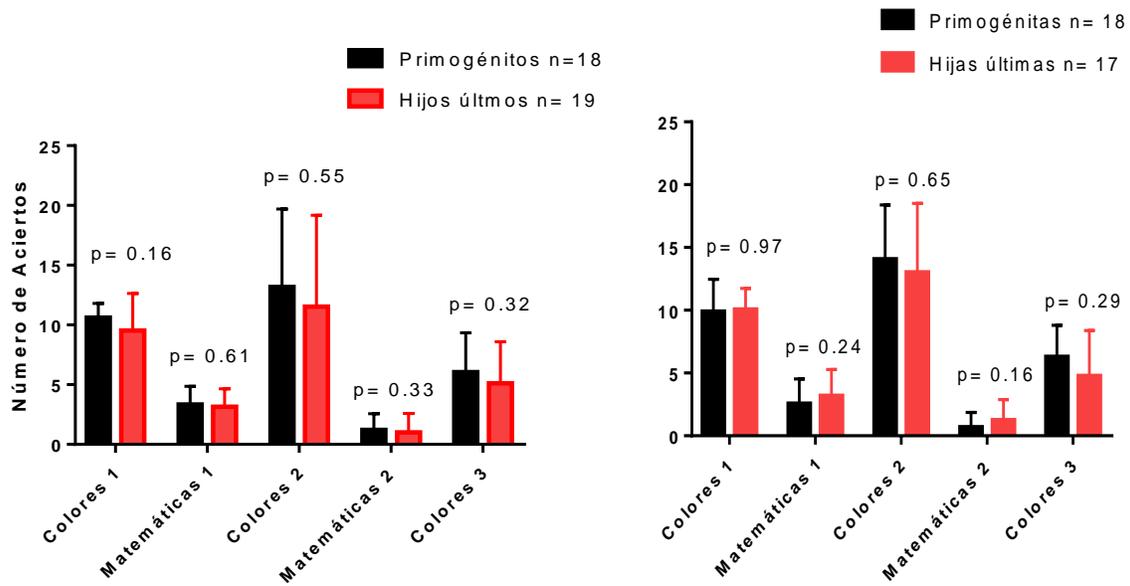


Figura 15. Resultados de la prueba cognitivo-visual en primogénitos vs hijos últimos y primogénitas vs hijas últimas. En cada barra se representa el promedio de aciertos y su desviación estándar.

8. DISCUSIÓN

Con el procedimiento aplicado, concluimos que el registro basal, a pesar de ser una situación considerada control, indujo cambios en la temperatura facial. Este fenómeno lo describen Allen y colaboradores en 2017, ellos explican que los individuos padecen de incertidumbre por desconocer el procedimiento experimental, además al estar ante una cámara de video se sienten expuestos. En cuanto a las pruebas, la prueba de estrés social: la TSST-M, fue la que provocó más cambios en la temperatura facial esto concuerda con lo descrito en la literatura por Kudielka y Wüst en 2010 y Allen y colaboradores en 2014, quienes mencionan que esta es una de las pruebas más eficaces para inducir estrés en condiciones de laboratorio.

Con nuestros hallazgos queda demostrada la utilidad del IRT, en humanos, para evaluar los correlatos fisiológicos de las diferencias individuales ante pruebas estresantes como se había reportado para otras especies (Lecorps y cols. 2016).

La literatura reporta cambios en la temperatura facial, Vinkers y colaboradores en 2013 describieron aumento de la temperatura en mejillas y, en mujeres una disminución de la temperatura de la nariz, sin embargo, nosotros encontramos un aumento de la temperatura en frente y nariz, tanto en hombres y en mujeres.

A continuación, se muestra la discusión de los resultados focales de nuestra investigación, en los cuales buscamos contestar la hipótesis sobre las diferencias en la respuesta al estrés en primogénitos e hijos últimos. Nuestros resultados mostraron una asociación entre el orden de nacimiento y la respuesta al estrés, lo que apoya la hipótesis planteada, desde el aspecto fisiológico. No hay diferencias significativas en la temperatura promedio a lo largo de las diferentes pruebas estresantes en primogénitos vs hijos últimos. Sin embargo, al estudiar la desviación de la temperatura, es decir la variabilidad de los datos un área específica del rostro, encontramos que, en los hombres primogénitos, hubo mayor variabilidad en la temperatura de la nariz en todo el registro, mientras en las mujeres primogénitas solo hay variabilidad de la temperatura de la nariz en el registro basal.

La variabilidad en la temperatura de la nariz se debe a procesos de vasodilatación y vasoconstricción (Kataoka 1998), debido a la liberación de noradrenalina y acetilcolina

respectivamente (Greaney y cols. 2015; Wong y Hollowed 2017). Es decir, hay una mayor secreción de estas biomoléculas en los primogénitos comparados con los hijos últimos, esto se puede interpretar como mayor reactividad al estrés en primogénitos. Esto concuerda con lo descrito en el estudio hecho por Weiss en 1970, quien reporta, que los primogénitos muestran mayor frecuencia cardíaca comparado con los hijos no primogénitos durante una serie de pruebas de estrés.

Lo anterior, probablemente se debe a que los primogénitos, como describe la literatura, son más cautelosos para tomar nuevas experiencias comparado con los hijos últimos quienes son más osados (Sulloway 2010). Entonces cuando el grupo de los primogénitos se expone a una situación de incertidumbre, ellos responderían con alerta, lo que se reflejaría en su organismo con mayores cambios en la frecuencia cardíaca y en su temperatura superficial, mientras los hijos últimos, descritos con mayor apertura los retos, muestran menores cambios en su fisiología.

Con respecto a por qué se observaron los cambios en la nariz y no en la frente, esto se podría explicar porque la nariz tiene mayor vascularización por componerse de más músculos (Netter 2014), además la nariz es una estructura con mayor área de superficie expuesta al ambiente, eso significa que pierde calor más fácilmente (Sapaargaren 1994), lo que implicaría mayores efectos de vasodilatación y vasoconstricción para mantener una temperatura adecuada, por eso es que en la nariz hay mayor variación de la temperatura.

Generalmente la mayoría de los estudios acerca de la influencia del orden de nacimiento sobre atributos de la personalidad se limita a aspectos conductuales en los que se existe cierta controversia (Rohrer y cols. 2015; Black 2017), por ello, nosotros propusimos una metodología que tuviera como base el fundamento fisiológico. Hasta ahora, este es el primer trabajo que utiliza la termografía, para medir la respuesta al estrés en individuos con distinto orden de nacimiento. Esto en sí mismo, permite incrementar el conocimiento actual sobre los mecanismos fisiológicos que subyacen al fenómeno de las diferencias individuales en humanos. Además de promover la exploración de rasgos en la personalidad (como afabilidad o el sentido de la responsabilidad) utilizando como herramientas a los marcadores fisiológicos.

En el aspecto conductual, se niega la hipótesis planteada, pues los resultados del análisis de la duración del discurso y del número de aciertos de la prueba cognitivo-visual, no mostraron diferencias significativas.

En la duración del discurso, se esperaba que los hijos últimos hablaran más tiempo pues Sulloway (2010) reporta mayor extroversión en ellos. En el análisis del número de aciertos, nosotros esperábamos mayor puntaje en primogénitos pues Rohrer y colaboradores en 2015 señalan mayor coeficiente intelectual en primogénitos, sin embargo, en nuestros resultados no hubo diferencias significativas comparando primogénitos e hijos últimos.

Los resultados no significativos, en el discurso, podrían deberse a que no se analizó con detalle la conducta de los individuos en los videos, las variables no fueron las indicadas para mostrar las diferencias, es probable que, si se analiza el contenido del discurso o la conducta motora, se pudieran encontrar diferencias. Respecto a lo cognitivo, las pruebas aplicadas no son utilizadas para medir directamente el coeficiente intelectual, por lo que sería necesario utilizar una escala estandarizada para tal fin, Además las condiciones de la prueba son estresantes, por lo tanto no se podría apreciar el desempeño intelectual adecuadamente en primogénitos e hijos últimos.

9. CONCLUSIONES

Los resultados del presente trabajo apoyan la hipótesis planteada en el aspecto fisiológico debido a que hay diferencias en el perfil térmico. Sin embargo, en conducta se niega la hipótesis, aunque la literatura sugiere que el orden nacimiento influye en el perfil conductual. Además, se recomienda el uso de la TSST-M para investigaciones sobre diferencias en personalidad asociadas al orden de nacimiento, pero con la utilización de otros parámetros con base fisiológica, como la conductancia de la piel o la actividad cardiaca y otras pruebas o indicadores conductuales.

10. PERSPECTIVAS

Se propone investigar cómo las diferencias en fisiología asociadas al orden de nacimiento, reportadas en esta investigación, pudieran estar relacionadas a trastornos de salud. Esto es comentado por Winsburg y Willard en 2009, quienes señalan la inclusión de diversos factores, entre los que se encuentra la reactividad al estrés, para generar un perfil de salud adecuado para personalizar el tratamiento. Por lo que se sugiere complementar el estudio de las diferencias individuales con información multidisciplinar (biológica y psicológica) para una explicación más completa del fenómeno. Además de explorar otros rasgos de la personalidad en primogénitos e hijos últimos para ser asociados a mecanismos fisiológicos.

11. REFERENCIAS

Allen AP, Kennedy PJ, Cryan JF, Dinan TG y Clarke G. 2014. Biological and psychological markers of stress in humans: focus on the Trier Social Stress Test. *Neuroscience y Biobehavioral Reviews*, 38: 94-124.

Allen AP, Kennedy PJ, Dockray S, Cryan JF, Dinan TG y Clarke G. 2017. The Trier Social Stress test: principles and practice. *Neurobiology of Stress* 6: 113-126.

Angelier F y Wingfield J. 2013. Importance of glucocorticoid stress response in a changing world: theory, hypotheses and perspectives. *General and Comparative Endocrinology* 190: 118-128.

Bautista A, Castelán F, Pérez-Roldán H, Martínez-Gómez M, Hudson R. 2013. Competition in newborn rabbits for thermally advantageous positions in the litter huddle is associated with individual differences in brown fat metabolism. *Physiology and behavior* 118: 189-194

Boersma GJ, Benthem L, van Beek AP, van Dijk G y Scheurink AJ. 2011. Personality, a key factor in personalized medicine? *European journal of pharmacology* 667(1): 23-25.

Buss DM. 2009. How can evolutionary psychology successfully explain personality and individual differences? *Perspectives on Psychological Science* 4(4): 359-366.

Butler G. 1993. Definitions of stress. Occasional paper (Royal College of General Practitioners) 61: 1-5.

Cacioppo JT, Tassinary LG y Berntson G. 2007. *Handbook of psychophysiology*. Cambridge University Press. Nueva York.

Champagne FA y Curley JP (2005). How social experiences influence the brain. *Current opinion in neurobiology* 15(6): 704-709.

Charmandari E, Kino T y Chrousos GP. 2004. Glucocorticoids and their actions: an introduction. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1024(1): 1-8.

Chrousos GP. 2009. Stress and disorders of the stress system. *Nature reviews endocrinology* 5(7): 374-381.

Coppens CM, de Boer SF y Koolhaas JM. 2010. Coping styles and behavioural flexibility: towards underlying mechanisms. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 365 (1560): 4021-4028.

Dall SRX, Houston AI y McNamara JM. 2004. The behavioural ecology of personality: consistent individual differences from an adaptive perspective. *Ecology Letters* 7(8):734-739.

Damian RI y Roberts BW (2015) Settling the debate on birth order and personality. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(46): 14119-14120.

Darnaudery M y Maccari S. 2008. Epigenetic programming of the stress response in male and female rats by prenatal restraint stress. *Brain research reviews* 57(2): 571-585.

Delaney JP y Brodie DA. 2000. Effects of short-term psychological stress on the time and frequency domains of heart-rate variability. *Perceptual and motor skills*, 91(2): 515-524.

Dickerson SS y Kemeny ME. 2004. Acute stressors and cortisol responses: a theoretical integration and synthesis of laboratory research. *Psychological bulletin*, 130(3): 355.

Dingemans NJ y Wolf M (2013) Between-individual differences in behavioural plasticity within populations: causes and consequences. *Animal Behaviour* 85(5): 1031-1039.

Duval F, González F y Rabia H. 2010. Neurobiología del estrés. *Revista chilena de neuropsiquiatría* 48(4): 307-318.

Eiland L y Romeo RD. 2013. Stress and the developing adolescent brain. *Neuroscience* 249: 162-171.

Ellis BJ, Jackson JJ y Boyce WT. 2006. The stress response systems: Universality and adaptive individual differences. *Developmental Review* 26(2): 175-212.

Fernández-Cuevas I, Marins JCB, Lastras JA, Carmona PMG, Cano SP, García-Concepción MÁ y Sillero-Quintana M. 2015. Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review. *Infrared Physics & Technology*, 71: 28-55.

- Ferrari C, Pasquaretta C, Carerer C, Cavallone E, von Hardenberg A y Réale D. 2013. Testing for presence of coping styles in a wild mammal. *Animal behaviour* 85:1385-1396.
- Fuhrmann D, Knoll LJ y Blakemore SJ. 2015. Adolescence as a sensitive period of brain development. *Trends in cognitive sciences* 19(10): 558-566.
- Ginsburg GS y Willard HF. 2009. Genomic and personalized medicine: foundations and applications. *Translational Research* 154(6): 277-2847.
- Goldberg LR. 1990. An Alternative "Description of personality": The Big-Five Factor Structure. *Journal of Personality and Social Psychology* 59(6): 1216-1229.
- Greaney JL, Stanhewicz AE, Kenney WL y Alexander LM. 2015. Impaired increases in skin sympathetic nerve activity contribute to age-related decrements in reflex cutaneous vasoconstriction. *The Journal of physiology*, 593(9): 2199-2211.
- Ha TS y Tam CL. 2011. A study of birth order, academic performance, and personality. In *International Conference on Social Science and Humanity, IPEDR*, 5(1): 28-32.
- Healey MD y Ellis BJ. 2007. Birth order, conscientiousness, and openness to experience: Tests of the family-niche model of personality using a within-family methodology. *Evolution and Human Behavior*, 28(1): 55-59.
- Hudson R y Trillmich F. 2008. Sibling competition and cooperation in mammals: challenges, developments and prospects. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 62(3): 299-307.
- Hudson R, Bautista A, Reyes-Meza V, Montor JM y Rödel HG. 2011. The effect of siblings on early development: a potential contributor to personality differences in mammals. *Developmental psychobiology* 53(6): 564-574.
- Kadosh KC, Linden y Lau JY. 2013. Plasticity during childhood and adolescence: innovative approaches to investigating neurocognitive development. *Developmental science* 16(4): 574-583.
- Kataoka H, Kano H, Yoshida H, Saijo A, Yasuda M y Osumi M. 1998. Development of a skin temperature measuring system for non-contact stress evaluation. In *Engineering in Medicine*

and Biology Society, 1998. Proceedings of the 20th Annual International Conference of the IEEE, 2: 940-943.

Koolhaas JM, Korte SM, De Boer SF, Van Der Vegt BJ, Van Reenen CG, Hopster H, De Jong IC, Ruis MA y Blokhuis HJ. 1999. Coping styles in animals: current status in behavior and stress-physiology. *Neuroscience y Biobehavioral Reviews* 23(7): 925-935.

Koolhaas JM, De Boer SF, Buwalda B y Van Reenen K. 2007. Individual variation in coping with stress: a multidimensional approach of ultimate and proximate mechanisms. *Brain, behavior and evolution* 70(4): 218-226.

Koolhaas JM, De Boer SF, Coppens CM y Buwalda B. 2010. Neuroendocrinology of coping styles: towards understanding the biology of individual variation. *Frontiers in neuroendocrinology* 31(3): 307-321.

Kudielka BM y Wüst S. 2010. Human models in acute and chronic stress: assessing determinants of individual hypothalamus–pituitary–adrenal axis activity and reactivity. *Stress*, 13:1-14.

Kutas M y Federmeier KD. 1998. Minding the body. *Psychophysiology*, 35(2): 135-150. Kyrou I y Tsigos C. 2009. Stress hormones: physiological stress and regulation of metabolism. *Current opinion in pharmacology* 9(6): 787-793.

Latarjet M y Liard AR. 2004. Anatomía humana (Vol. 2). Ed. Médica Panamericana.

Lecorps B, Rödel HG y Féron C. 2016. Assessment of anxiety in open field and elevated plus maze using infrared thermography. *Physiology & behavior*, 157: 209-216.

Lupien SJ, McEwen BS, Gunnar MR y Heim C. 2009. Effects of stress throughout the lifespan on the brain, behaviour and cognition. *Nature reviews neuroscience* 10(6): 434.

McEwen BS y Wingfield JC. 2003. The concept of allostasis in biology and biomedicine. *Hormones and behavior* 43(1): 2-15.

McEwen BS. 2007. Physiology and neurobiology of stress and adaptation: central role of the brain. *Physiological reviews* 87(3): 873-904.

McEwen BS y Gianaros PJ. 2010. Central role of the brain in stress and adaptation: links to socioeconomic status, health, and disease. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1186(1): 190-222.

Netter FH. 2014. *Atlas of Human Anatomy, Professional Edition*. Elsevier Health Sciences.

Reyes-Meza V, Hudson R, Martínez-Gómez M, Nicolás L, Rödel HG, Bautista A. 2011. Possible contribution of position in the litter huddle to long-term differences in behavioral style in the domestic rabbit. *Physiology & Behavior* 104: 778–785

Rohrer JM, Egloff B y Schmukle SC. 2015. Examining the effects of birth order on personality. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112:14224-14229.

Romeo RD, Karatsoreos IN, Ali FS y McEwen BS. 2007. The effects of acute stress and pubertal development on metabolic hormones in the rat. *Stress* 10(1): 101-106.

Rustemeyer J, Radtke J y Bremerich A. 2007. Thermography and thermoregulation of the face. *Head y face medicine*, 3(1): 17.

Sachser N, Hennessy MB y Kaiser S. (2011). Adaptive modulation of behavioural profiles by social stress during early phases of life and adolescence. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 35(7): 1518-1533.

Sachser N, Kaiser S y Hennessy MB. 2013. Behavioural profiles are shaped by social experience: when, how and why. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 368(1618): 20120344.

Sapolsky RM. 2000. Stress hormones: Good and bad. *Neurobiology of Disease* 7(5): 540-542.

Sapolsky RM, Romero LM y Munck AU. 2000. How do glucocorticoids influence stress response? Integrating permissive, suppressive, stimulatory, and preparatory actions. *Endocrine Reviews* 21(1): 55-89.

Schnell I, Potchter O, Epstein Y, Yaakov, Hermesh H, Brenner S y Tirosh E. 2013. The effects of exposure to environmental factors on heart rate variability: An ecological perspective. *Environmental pollution*, 183: 7-13.

- Sih A, Bell A y Chadwick Johnson J. 2004. Behavioral syndromes: an ecological and evolutionary overview. *Trends in Ecology and Evolution* 19(7): 372-378.
- Smith SM y Vale WW. 2006. The role of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in neuroendocrine responses to stress. *Dialogues in clinical neuroscience* 8(4): 383.
- Spaargaren DH. 1994. Metabolic rate and body size. *Acta Biotheoretica*, 42(4): 263-269.
- Stamps JA y Biro PA (2016) Personality and individual differences in plasticity. *Current opinion in behavioral sciences* 12: 18-23.
- Stamps JA y Groothuis TG. (2010). The development of animal personality: relevance, concepts and perspectives. *Biological Reviews* 85(2): 301-325.
- Stamps JA y Krishnan VV. 2014. Individual differences in the potential and realized developmental plasticity of personality traits. *Frontiers in Ecology and Evolution* 2: 69.
- Stamps JA y Biro PA (2016) Personality and individual differences in plasticity. *Current opinion in behavioral sciences* 12: 18-23.
- Stewart M, Webster JR, Schaefer AL, Cook NJ y Scott SL. 2005. Infrared thermography as a non-invasive tool to study animal welfare. *Animal Welfare*, 14(4): 319-325.
- Sulloway FJ. 1999. Birth order. *Encyclopedia of creativity* 1: 189-202.
- Sulloway FJ. 2001. Birth order, sibling competition, and human behavior. In *Conceptual challenges in evolutionary psychology*. Springer Netherlands: pp. 39-83.
- Sulloway FJ. 2010. Why siblings are like Darwin's finches: Birth order, sibling competition, and adaptive divergence within the family. *The evolution of personality and individual differences*. New York: Oxford University Press: 87-119.
- Tsigos C y Chrousos GP. 2002. Hypothalamic-pituitary-adrenal axis, neuroendocrine factors and stress. *Journal of psychosomatic research* 53(4): 865-871.
- Vianna DM y Carrive P. 2005. Changes in cutaneous and body temperature during and after conditioned fear to context in the rat. *European Journal of Neuroscience*, 21(9): 2505-2512.

Vinkers CH, Penning R, Hellhammer J, Verster JC, Klaessens JH, Olivier B y Kalkman CJ. 2013. The effect of stress on core and peripheral body temperature in humans. *Stress*, 16(5): 520-530.

Von Borell EH. 2001. The biology of stress and its application to livestock housing and transportation assessment. *Journal of Animal Science* 79: 260-267.

Weiss JH. 1970. Birth order and physiological stress response. *Child development*, 41-470. Wong BJ y Hollowed CG. 2017. Current concepts of active vasodilation in human skin. *Temperature*, 4(1): 41-59.

Zimmermann TD, Kaiser S, Hennessy MB y Sachser N. 2017. Adaptive shaping of the behavioural and neuroendocrine phenotype during adolescence. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 284(1849): 20162784.