

I N S T I T U T O   D E   E C O N O M Í A



T E S I S   d e   M A G Í S T E R

**2018**

Efecto de la Temperatura en el Corto y Largo Plazo en Pruebas Educativas  
Estandarizadas

**Miguel Pérez**

[www.economia.puc.cl](http://www.economia.puc.cl)



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE  
INSTITUTO DE ECONOMIA  
MAGISTER EN ECONOMIA**

**TESIS DE GRADO  
MAGISTER EN ECONOMIA**

**Pérez, Rodríguez, Miguel Andrés**

**Julio, 2018**



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE  
INSTITUTO DE ECONOMIA  
MAGISTER EN ECONOMIA**

**Efecto de la Temperatura en el Corto y Largo  
Plazo en Pruebas Educativas Estandarizadas**

**Miguel Andrés Pérez Rodríguez**

Comisión

Felipe González, Martín Besfamille, Fernando Coloma, Francisco Silva

**Santiago, Julio de 2018**

# **Efecto de la temperatura en el Corto y el Largo Plazo en Pruebas Educativas Estandarizadas**

## **Tesis de Magíster en Economía**

Miguel Pérez Rodríguez\*

13 de Julio de 2018

### **Resumen**

En esta investigación se analiza el efecto de la temperatura en pruebas educativas para el caso chileno con la intención de responder tres preguntas: (i) ¿Cuánto es el efecto de la temperatura del momento en pruebas estandarizadas? (ii) ¿Hay efectos mitigadores en el efecto de la temperatura del momento? (iii) ¿Cuánto es el efecto de la exposición a altas temperaturas durante el último año en pruebas estandarizadas? Usando las pruebas de la Prueba de Selección Universitaria (PSU) y del Sistema de Medición de la Calidad de la Educación (SIMCE) se encuentra que (i) mayores temperaturas en el día de la prueba afectan de manera negativa y significativa el puntaje obtenido en pruebas de Matemáticas, de manera negativa pero menos significativa en pruebas de Ciencias e Historia y que no afectan de manera significativa en pruebas de Lenguaje, (ii) comparados con la literatura económica relevante, los efectos significativos encontrados en el corto plazo son pequeños para la PSU y son efectos similares respecto a la literatura previa para el SIMCE de octavo básico y (iii) mayores temperaturas en el largo plazo afectan negativamente el puntaje obtenido en la PSU y el SIMCE de octavo básico, de manera dispar por área de conocimiento y de manera no relacionada al efecto encontrado en el corto plazo.

---

\*Trabajo realizado en el Seminario de Tesis de Microeconomía, Instituto de Economía UC. Agradezco los comentarios e ideas entregadas durante todo el proceso por cada uno de los miembros de la comisión conformada por los profesores Felipe González, Martín Besfamille, Fernando Coloma y Francisco Silva. Los errores y omisiones son de completa responsabilidad del autor. Email: maperez13@uc.cl

# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Marco Teórico</b>	<b>4</b>
<b>3. Contexto y Datos</b>	<b>6</b>
3.1. Encuesta sobre aire acondicionado y ventiladores en el sistema escolar . . .	9
<b>4. Análisis de Corto Plazo: PSU</b>	<b>10</b>
4.1. Resultados . . . . .	12
4.2. Test de Robustez: Asistencia a la prueba . . . . .	14
<b>5. Análisis de Corto Plazo: SIMCE</b>	<b>15</b>
5.1. Resultados . . . . .	16
5.2. Test de Robustez: Asistencia a la prueba . . . . .	19
<b>6. Análisis de Corto Plazo: Especificación Alternativa</b>	<b>20</b>
<b>7. Análisis de Heterogeneidad en Corto Plazo</b>	<b>23</b>
<b>8. Mitigación del efecto a Corto Plazo</b>	<b>25</b>
<b>9. Análisis de Largo Plazo</b>	<b>27</b>
9.1. Resultados Largo Plazo para PSU . . . . .	28
9.2. Resultados Largo Plazo para SIMCE . . . . .	29
9.3. Relación de Largo Plazo y Asistencia Escolar . . . . .	31
<b>10. Conclusiones</b>	<b>32</b>

# 1. Introducción

En el contexto de la reciente y creciente literatura económica que investiga el efecto que tiene el clima en una serie de *outcomes* (tales como productividad laboral<sup>1</sup>, salud<sup>2</sup>, conflictos sociales<sup>3</sup> y consumo de energía<sup>4</sup>, entre otros), un aspecto que ha surgido de manera muy reciente en la literatura es el efecto que tiene la temperatura en pruebas educacionales estandarizadas tanto en el corto como en el largo plazo, esto debido a la importancia que representa el capital humano para el crecimiento económico (Romer, 1986; Barro, 2000).

En esta investigación se analiza el efecto de la temperatura a corto y largo plazo en la Prueba de Selección Universitaria (PSU) y en las pruebas del Sistema de Medición de la Calidad de la Educación (SIMCE) de octavo y cuarto básico, para buscar responder tres preguntas: (i) ¿Cuánto es el efecto de la temperatura del momento en la PSU y en el SIMCE? (ii) ¿Hay un efecto mitigador del aire acondicionado y ventiladores en el efecto de la temperatura del momento en la PSU y en el SIMCE? (iii) ¿Cuánto es el efecto de la exposición a altas temperaturas durante el último año en la PSU y en el SIMCE?

A partir de esto se encuentra que (i) mayores temperaturas en el día de la prueba afectan de manera negativa y significativa el puntaje obtenido en pruebas de Matemáticas, de manera negativa pero menos significativa en pruebas de Ciencias e Historia y que no afectan de manera significativa en pruebas de Lenguaje, (ii) comparados con la literatura económica relevante, los efectos significativos encontrados en el corto plazo son pequeños para la PSU y son efectos similares respecto a la literatura previa para el SIMCE de octavo básico y (iii) mayores temperaturas en el largo plazo afectan negativamente el puntaje obtenido en la PSU y el SIMCE de octavo básico, de manera dispar por área de conocimiento y de manera no relacionada al efecto encontrado en el corto plazo.

El canal a través del cual la temperatura afecta al resultado en pruebas estandarizadas proviene de la literatura médica, la cual ha demostrado que el cerebro ve afectadas sus fun-

---

<sup>1</sup>Graff-Zivin & Neidell (2014)

<sup>2</sup>Deschênes et al. (2009), Barreca et al. (2016)

<sup>3</sup>Hsiang et al. (2013)

<sup>4</sup>Deschênes & Greenstone (2011)

ciones cognitivas de forma negativa cuando se ve enfrentado a mayores temperaturas, siendo este efecto distinto para distintas funciones cognitivas ya que éstas se basan en partes del cerebro que se ven afectadas de manera diferente por la temperatura. (Hocking et al., 2001; Gaoua et al., 2011). Para el caso de Matemáticas se tiene que la resolución de ejercicios se basa en la habilidad para retener y usar información numérica abstracta, lo cual está muy basado en la memoria de trabajo que provee el córtex prefrontal del cerebro la cual se ha comprobado que se vuelve menos eficiente cuando enfrenta mayores temperaturas (Hocking et al., 2001; Raghobar et al., 2010).

Respecto a la literatura económica en este tema, ésta es reciente y muy acotada. Graff-Zivin et al. (2015) son pioneros en analizar este efecto, ocupando una metodología de efecto fijo a nivel individual encuentran para Estados Unidos efectos negativos de mayores temperaturas en el mismo día del test, pero efectos nulos de una exposición a altas temperaturas durante el transcurso de la vida. Por su parte, Park (2017) y Garg et al. (2017), con estudios para Nueva York e India respectivamente, también encuentran un efecto negativo de mayores temperaturas en el mismo día del test, pero a diferencia de Graff-Zivin et al. (2015) obtienen resultados negativos respecto al efecto en el largo plazo de altas temperaturas en el capital humano. Cabe destacar que Park (2017) argumenta que estos efectos en el largo plazo estarían provocados a partir de una acumulación del efecto encontrado en el corto plazo, mientras que Garg et al. (2017) argumentan que el efecto encontrado en el largo plazo no estaría provocado por una acumulación del efecto encontrado en el corto plazo, esto debido a que ellos encuentran efectos dispares en el corto plazo para evaluaciones de Matemáticas y Lenguaje pero efectos similares de la exposición de temperatura en el largo plazo para ambas pruebas.

Por su parte Cho (2017) y Goodman et al. (2018), con estudios para Corea del Sur y Estados Unidos respectivamente, no analizan el efecto de la temperatura del momento pero sí el efecto de largo plazo de mayores temperaturas en los puntajes obtenidos en pruebas estandarizadas, encontrando evidencia de que mayores temperaturas afectan de manera significativa en el largo plazo en el rendimiento en pruebas estandarizadas.

Por otro lado, al momento de evaluar maneras de mitigar el efecto de mayores tempera-

turas en los resultados de las pruebas estandarizadas, Graff-Zivin et al. (2015) y Park (2017) analizan si el uso de aire acondicionado reduce estos efectos respecto a la temperatura del momento en la evaluación, encontrando tendencias de que sí los reducirían pero que no son estadísticamente significativas. Además, Goodman et al. (2018) encuentra evidencia significativa de que la disponibilidad de aire acondicionado en las escuelas reduce el efecto de largo plazo de mayores temperaturas en pruebas estandarizadas.

El aporte a la literatura que plantea esta investigación es cuantificar efectos de corto y largo plazo de la temperatura en pruebas educacionales estandarizadas analizando pruebas que presentan en promedio menores temperaturas en el momento de su rendición respecto al resto de la literatura económica relevante, además de que se estudia el efecto para un país en desarrollo de ingreso medio. Sumado a esto, para esta investigación se realizó una encuesta de posesión de aire acondicionado y ventiladores para una muestra de los colegios del país, con lo cual se creó una base de datos que a conocimiento del autor es la primera fuente que presenta datos de penetración a nivel general de aire acondicionado y ventiladores en el sistema escolar en Chile.

El resto de esta tesis está organizada de la siguiente forma: en la sección 2 se postula el marco teórico, en la sección 3 se describen el contexto y los datos a usar, en la sección 4 se realiza el análisis de corto plazo para la relación entre temperatura y PSU, en la sección 5 se realiza el análisis de corto plazo para la relación entre temperatura y SIMCE, en la sección 6 se realiza el análisis de la relación entre temperatura y pruebas estandarizadas bajo una especificación econométrica alternativa, en la sección 7 se realizan análisis de heterogeneidad en climas e ingreso familiar de la relación entre temperatura y pruebas estandarizadas, en la sección 8 se realiza el análisis del efecto mitigador del aire acondicionado y de ventiladores, en la sección 9 se realiza el análisis de largo plazo para la relación entre temperaturas y pruebas estandarizadas y en la sección 10 se muestran las conclusiones de esta investigación.



## 2. Marco Teórico

A partir de lo encontrado en la literatura previa, para proseguir se modela el proceso de decisión para un alumno que define la probabilidad de responder una pregunta de una materia mal, bien u omitirla a través de un modelo logit multinomial, el cual es representado a partir de la siguiente ecuación:

$$p_{i,j,m} = Pr[y_{i,m} = j] = \frac{e^{\mathbf{x}'_{i,m}\beta_{j,m}}}{\sum_{l=1}^3 e^{\mathbf{x}'_{i,m}\beta_{l,m}}} \quad (1)$$

Donde  $p_{i,m,j}$  representa la probabilidad de que el alumno  $i$  obtenga el resultado  $j$  en su respuesta a la pregunta de la materia  $m$ , mientras que  $j$  representa 3 resultados excluyentes:  $j = 1$  si la respuesta a la pregunta está mala,  $j = 2$  si la respuesta a la pregunta está buena y  $j = 3$  si el alumno decide omitir la pregunta y  $\mathbf{x}_{i,m}$  es un vector de variables del alumno  $i$  durante la pregunta de la materia  $m$  relevantes para el proceso de responderla tales como la concentración, la motivación, la memoria y la capacidad lógica-analítica, entre otras.

A partir de esto, se plantea que para una pregunta de una materia que se base más en el uso de la capacidad lógica-analítica se tendrá que una disminución en esta capacidad provocará una menor probabilidad de tener una respuesta buena en aquella pregunta, el cual sería el caso de la materia de Matemáticas. Por otra parte, una pregunta de una materia que se base menos en el uso de la capacidad lógica-analítica se verá menos afectada en la probabilidad de tener esa respuesta buena, pudiendo tener un efecto hasta nulo; este último sería el caso de la materia de Lenguaje. Siendo  $\theta_i$  una medición de la capacidad lógica-analítica del alumno  $i$  que está incluida dentro del vector de variables  $\mathbf{x}_{i,m}$ , esto puede verse representado a partir de las siguientes derivadas:

$$\frac{\partial p_{i,2,m=\text{Matemáticas}}}{\partial \theta_i} > 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial p_{i,2,m=\text{Matemáticas}}}{\partial \theta_i} > \frac{\partial p_{i,2,m=\text{Lenguaje}}}{\partial \theta_i} \geq 0 \quad (3)$$

Luego, cada variable del vector  $\mathbf{x}_{i,m}$  es función de una serie de otras variables  $\mathbf{z}_{i,m}$ , con

lo cual tenemos:

$$\mathbf{x}_{i,m} = \mathbf{x}_{i,m}(z_{i,m}) \quad (4)$$

Para el caso particular de la temperatura en el momento de la pregunta, la cual se ve representada por la variable  $T_i$  perteneciente al vector de variables  $z_{i,m}$ , se plantea la hipótesis de que la exposición de un alumno  $i$  a una mayor temperatura  $T_i$  provoca una menor capacidad lógica-analítica  $\theta_i$ , lo cual se puede ver reflejado en la siguiente derivada:

$$\frac{\partial \theta_i}{\partial T_i} < 0 \quad (5)$$

Con lo cual combinando ecuaciones se tiene que:

$$\frac{\partial p_{i,2,m=\text{Matemáticas}}}{\partial T_i} = \frac{\partial p_{i,2,m=\text{Matemáticas}}}{\partial \theta_i} \frac{\partial \theta_i}{\partial T_i} < 0 \quad (6)$$

$$\frac{\partial p_{i,2,m=\text{Matemáticas}}}{\partial T_i} < \frac{\partial p_{i,2,m=\text{Lenguaje}}}{\partial T_i} = \frac{\partial p_{i,2,m=\text{Lenguaje}}}{\partial \theta_i} \frac{\partial \theta_i}{\partial T_i} \leq 0 \quad (7)$$

Con esto se tiene que el canal a través del cual la temperatura del momento afecta de manera significativa la probabilidad de tener una respuesta buena en preguntas de Matemáticas y no en preguntas de Lenguaje estaría dado a partir del efecto específico que tiene la temperatura en la capacidad lógica-analítica.

Por otra parte, explicaciones alternativas que expliquen el por qué una mayor temperatura del momento afectaría de manera significativa en pruebas educacionales serían poco plausibles ya que, por ejemplo, si la temperatura afectase de manera significativa otros elementos del vector de variables  $\mathbf{x}_{i,m}$  tales como la concentración y la motivación de tal manera que este efecto fuese lo suficientemente grande como para afectar significativamente los resultados obtenidos en las distintas pruebas, resultaría difícil explicar porqué la literatura previa encuentra efectos significativos de la temperatura del momento en evaluaciones de Matemáticas y no en otras evaluaciones como Lenguaje.

Por último, se tiene que el efecto de la temperatura en la cantidad de preguntas contestadas correctamente en una prueba corresponde a la suma de los efectos de la temperatura en

cada una de sus preguntas, esto puede verse representado por la siguiente expresión:

$$\frac{\partial P_{i,m,l}}{\partial T_i} = \sum_{h=1}^l \frac{\partial p_{i,2,m}}{\partial T_i} \quad (8)$$

Donde  $P_{i,m,l}$  representa la cantidad de preguntas contestadas correctamente por el alumno  $i$  en una prueba de la materia  $m$  que posee  $l$  preguntas.

### 3. Contexto y Datos

Para ingresar a la universidad, desde el Proceso de Admisión 2004, los estudiantes en Chile deben rendir las pruebas PSU, que corresponden a las pruebas de Lenguaje y Comunicación, Ciencias, Matemáticas e Historia, Geografía y Ciencias Sociales (de aquí en adelante, Lenguaje, Matemáticas, Ciencias e Historia, respectivamente); siendo pruebas obligatorias para cada estudiante Matemáticas y Lenguaje y pruebas optativas Ciencias e Historia<sup>5</sup>. Estas pruebas se rinden a final de cada año al mismo tiempo cada una a nivel nacional, siendo las fechas de rendición normalmente entre finales de Noviembre y mediados de Diciembre.

El proceso de pruebas dura dos días, donde cada día tiene una prueba en la mañana y una prueba en la tarde. Las pruebas de Lenguaje y Matemáticas se rinden siempre en la mañana, generalmente entre las 8:30 y las 11:30 horas, mientras que las pruebas de Ciencias e Historia se rinden siempre en la tarde, generalmente entre las 14:00 y las 17:00 horas. Por definición, todas las pruebas tienen un promedio de 500 puntos y una desviación estándar de 110 puntos, siendo el máximo puntaje obtenible 850 puntos y el mínimo puntaje obtenible 150 puntos.

Para rendir la PSU cada alumno se inscribe a ésta de manera previa, indicando en su inscripción la comuna donde le gustaría rendir la prueba. Después de un tiempo es emitida de manera pública la información de los establecimientos educacionales donde cada alumno es asignado para rendir las pruebas, siendo esta asignación hecha en base a la comuna que

<sup>5</sup>Los estudiantes deben escoger una de las dos pruebas optativas, pero pueden rendir las dos pruebas si así lo prefieren.

indicó el alumno al momento de la inscripción al proceso y al RUT que cada alumno tiene, por ende el establecimiento donde cada alumno rinde la prueba proviene de un proceso cuasi aleatorio.

A partir de la base de datos del Departamento de Evaluación, Medición y Registro Educativo (DEMRE), se tiene la información para los Procesos de Admisión 2004-2013 por alumno respecto a los puntajes obtenidos en cada prueba de la PSU, además de información socioeconómica, colegio de egreso, postulación, selección y matrícula por parte del Sistema Único de Admisión, entre otras.

Para el uso de los datos de los Procesos de Admisión, si bien la base de datos original posee 2.414.250 observaciones, nos centraremos en aquellas personas que estén egresando ese año del colegio, que tengan entre 16 y 25 años, que tengan un colegio de egreso en la base de datos, que rindan por primera vez la PSU, que tengan datos socioeconómicos y que tengan el puntaje correspondiente a las Notas de Enseñanza Media (NEM). Con esto, la muestra final de personas que rinde la PSU será de 1.322.112 personas.

En cuanto al SIMCE, este consiste en pruebas que evalúan los logros de aprendizaje en las asignaturas escolares de Lenguaje, Matemáticas, Ciencias, Historia e Inglés, siendo éstas pruebas aplicadas a los estudiantes de segundo, cuarto, sexto y octavo básico y segundo y tercero medio. Las fechas de rendición y los tópicos a evaluar en cada prueba son sabidas por los colegios y los alumnos de manera anticipada, siendo estas pruebas rendidas generalmente en los meses de Octubre y Noviembre entre las 9:00 y las 13:00 horas durante uno o dos días dependiendo del nivel educativo. Por definición, todas las pruebas tienen una desviación estándar de 50 puntos

A partir de la base de datos de la Agencia de Calidad de la Educación, se tiene acceso a los datos de las pruebas SIMCE de cuarto y octavo básico. Respecto al SIMCE de octavo básico se tiene información de las pruebas rendidas los años 2007, 2009, 2011 y 2013 respecto al puntaje obtenido por cada alumno en cada prueba del SIMCE, su establecimiento educacional e información socioeconómica. La prueba SIMCE de octavo básico consiste en las pruebas de Matemáticas, Lenguaje, Ciencias Naturales y Ciencias Sociales<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup>Es importante mencionar que para el año 2013 no se rindió la prueba de Ciencias Sociales, solo las pruebas

Para el uso de los datos del SIMCE de octavo básico, si bien la base de datos original posee 1.053.960 observaciones, nos centraremos en aquellas personas que tengan entre 12 y 21 años, que tengan un colegio asignado en la base de datos, que tengan datos de ingreso familiar y de educación de los padres y que tengan su promedio de notas de ese año en las bases de datos públicas del Ministerio de Educación. Con esto, la muestra final de personas que rinde el SIMCE de octavo básico será de 748.124 personas.

Respecto al SIMCE de cuarto básico se tiene información de las pruebas rendidas anualmente entre los años 2005 y 2013 respecto al puntaje obtenido por cada alumno en cada prueba del SIMCE, su establecimiento educacional e información socioeconómica. La prueba SIMCE de cuarto básico consiste en pruebas anuales de Matemáticas y Lenguaje, y pruebas de Ciencias Naturales y Ciencias Sociales que se dan de manera intercalada cada dos años entre 2007 y 2013<sup>7</sup>.

Para el uso de los datos del SIMCE de cuarto básico, si bien la base de datos original posee 2.294.335 observaciones, nos centraremos en aquellas personas que tengan entre 8 y 15 años, que tengan un colegio asignado en la base de datos, que tengan datos de ingreso familiar y de educación de los padres y que tengan su promedio de notas de ese año en las bases de datos públicas del Ministerio de Educación. Con esto, la muestra final de personas que rinde el SIMCE de cuarto básico será de 1.754.772 personas.

Por otra parte, debido a que las pruebas SIMCE de Ciencias Naturales y Ciencias Sociales son el homólogo de las pruebas de Ciencias e Historia de la PSU, por simplicidad éstas serán llamadas pruebas de Ciencias e Historia respectivamente por el resto de la investigación.

Respecto a la utilización de datos de temperatura, estos provienen de la base de datos de Berkeley Earth que provee la temperatura diaria mínima, máxima y promedio, ponderada por la población, para cada comuna del país. Cabe mencionar que los datos de temperatura para varias comunas vecinas se repiten de manera exacta para cada día a lo largo del periodo de estudio; puntualmente, para las 346 comunas del país se tienen 162 temperaturas diarias de Matemáticas, Lenguaje y Ciencias Naturales.

<sup>7</sup>La prueba de Ciencias Naturales se rindió un total de 4 veces en el periodo estudiado (2007, 2009, 2011 y 2013) mientras que la prueba de Ciencias Sociales se rindió un total de 3 veces (2008, 2010 y 2012).

para todas ellas, siendo en promedio una misma temperatura asignada a 2,14 comunas cada día durante el periodo de análisis de esta investigación.

Por otro lado, a partir de esta base de datos se puede apreciar en el Cuadro 1 que la variación estándar intra comuna (*Within*) para el periodo relevante es de aproximadamente de 2,3 grados para las pruebas PSU que se rinden en la tarde, 2 grados para las pruebas PSU que se rinden en la mañana, 1,4 grados para las pruebas SIMCE de octavo básico y 1,7 grados para las pruebas SIMCE de cuarto básico, por lo cual existe una variación considerable de temperatura de un año para otro para cada prueba en cada comuna.

Por último, otras bases de datos que se usarán son las bases de datos públicas del Ministerio de Educación que contienen (i) el promedio de notas final para el año en que cada persona rinde cada SIMCE de cuarto y octavo básico (el cual será ocupado como control en el análisis econométrico), la cual se usará para el periodo 2005-2013, y (ii) la asistencia mensual por estudiante para cada nivel educativo para el periodo 2011-2013, la cual será usada para realizar un test de robustez del efecto a largo plazo de la exposición a altas temperaturas en el desempeño en las pruebas SIMCE y PSU.

### **3.1. Encuesta sobre aire acondicionado y ventiladores en el sistema escolar**

Para evaluar posibles efectos de mitigación en el corto plazo de la temperatura del momento en pruebas educacionales estandarizadas se construyó una base de datos de posesión de aire acondicionado y ventiladores en el sistema escolar a partir de los colegios que fueron sede para rendir la PSU en el proceso de admisión 2009<sup>8</sup>.

Para esto se realizó una encuesta vía telefónica sobre aire acondicionado y ventiladores en los colegios entre el 15 de Marzo y el 31 de Mayo de 2018, en la cual se preguntó acerca de la posesión de aire acondicionado y/o ventiladores en cada colegio y, si es que la respuesta era afirmativa, se preguntaba desde cuándo poseían estos elementos y en cuántas salas del

---

<sup>8</sup>La información de qué colegios fueron sedes para el proceso de admisión 2009 se encuentra de manera pública en el sitio web del DEMRE.

colegio estaban presentes.<sup>9</sup>

A partir de esto, en los Cuadros 2 y 3 se presenta estadística descriptiva respecto a los establecimientos que respondieron y no respondieron la encuesta respectivamente. Siendo 455 los establecimientos sede PSU para el proceso de admisión 2009, se intentó contactar a 440 de estos establecimientos<sup>10</sup>, de los cuales un 79,8 % de estos sí respondieron la encuesta.

Respecto a los que sí respondieron la encuesta, se tiene que un 4 % de los establecimientos posee algún nivel de aire acondicionado y un 10,5 % posee algún nivel de ventiladores al momento de la encuesta; aunque analizando la cantidad de salas que poseen estos elementos se ve que es mucho mayor el porcentaje que reporta tener en "Algunas" o "Pocas" salas en comparación a los que reportan tener en "Todas" y "Casi todas" las salas, siendo estos un 8,5 % y un 3,7 % respectivamente<sup>11</sup>.

Si bien estos datos representan una muestra reducida respecto del total de establecimientos escolares, a conocimiento del autor es la primera fuente que presenta datos de penetración a nivel general de aire acondicionado y ventiladores en el sistema escolar en Chile.

#### **4. Análisis de Corto Plazo: PSU**

Mientras que la temperatura es exógena al comportamiento de los alumnos que dan las pruebas estandarizadas, aún es posible que altas temperaturas durante las pruebas y determinantes del rendimiento de los alumnos estén correlacionados. Este puede ser el caso, por ejemplo, si es que alumnos con bajo (alto) desempeño tienden a estar localizados en áreas donde estén expuestos a altas (bajas) temperaturas, por lo cual si este fuese el caso, a través de un análisis que no controlase por esto, se podrían obtener resultados sesgados de la estimación del efecto a corto plazo de la temperatura en las pruebas estandarizadas.

Por ende, para analizar cuánto es el efecto causal de la temperatura del momento en la

---

<sup>9</sup>En el Apéndice 1 se presentan las preguntas en específico que se le realizó a cada colegio.

<sup>10</sup>Los 15 establecimientos a los cuales no se intentó contactar corresponden a universidades y a colegios que durante el periodo de encuesta se encontraban cerrados o en receso.

<sup>11</sup>Cabe mencionar que hay un 2,3 % de los colegios que reportan tener aire acondicionado en algunas salas y ventiladores en otras.

PSU, se plantea una regresión lineal de la forma:

$$Y_{i,e,p,t} = f(\beta_p, T_{i,p,t}) + \eta_p X_{i,t} + \alpha_{e,p} + \gamma_{p,t} + \theta_p Z_{i,e,p,t} + \epsilon_{i,e,p,t} \quad (9)$$

Donde  $Y_{i,e,p,t}$  es el puntaje obtenido por el alumno  $i$  proveniente de la escuela  $e$  en la prueba  $p$  en el año  $t$ ,  $T_{i,p,t}$  es la temperatura que enfrenta la comuna del alumno  $i$  durante la prueba  $p$  en el año  $t$ ,  $X_{i,t}$  es la edad del alumno  $i$  en el año  $t$ ,  $\alpha_{e,p}$  y  $\gamma_{p,t}$  son efectos fijos para cada prueba  $p$  a nivel de escuela  $e$  y año  $t$  respectivamente, y  $Z_{i,e,p,t}$  es un grupo de controles socioeconómicos que contienen la educación del padre y de la madre, la situación ocupacional del padre y de la madre, si el alumno trabaja, el sexo del alumno, si sus padres están vivos y el NEM del alumno normalizado a nivel de colegio de egreso interactuando con el tipo de dependencia del colegio<sup>12</sup>. La regresión está hecha con *clusters* a nivel de grupos de comunas con la misma temperatura durante todos los días durante el periodo 2003-2012 debido a la disponibilidad de los datos de temperatura. Cabe destacar de todas maneras que los resultados de la investigación son robustos a que se ocupen *clusters* a nivel de comuna; esto es válido para todas las regresiones de la investigación.

Siguiendo la metodología de Graff-Zivin et al. (2015),  $f(\beta_p, T_{i,p,t})$  tendrá dos formas funcionales, la primera será con la temperatura  $T_{i,p,t}$  tomando rangos de temperatura cada dos grados ocupando la temperatura entre 13 y 15 grados como referencia<sup>13</sup>, para así con esto poder capturar posibles no linealidades del efecto de la temperatura en la PSU. La segunda forma funcional será, en caso de no descartar linealidades con la primera forma funcional, una función lineal en grados por sobre y por debajo los 14 grados, siendo este punto de corte escogido porque ésta es la temperatura que maximiza el puntaje obtenido en la primera forma funcional. Siguiendo la literatura, se espera encontrar que con ambas formas funcionales, para algunas pruebas, a mayor temperatura se obtiene un peor resultado.

Respecto a la temperatura  $T_{i,p,t}$  asignada a cada prueba, considerando los horarios en que se rinde cada prueba, se asignará la temperatura máxima del día en que son rendidas a

<sup>12</sup>El tipo de dependencia de colegio se divide en Corporación Municipal, Municipal, Particular Subvencionado, Particular Pagado y Corporación de Administración Delegada.

<sup>13</sup>Esto debido a que ésta es la temperatura que maximiza el rendimiento en la prueba de Ciencias.



las pruebas de Ciencias e Historia y la temperatura promedio del día en que son rendidas a las pruebas de Lenguaje y Matemáticas<sup>14</sup>. Además, al no saber la comuna del colegio en que cada persona rinde la PSU, se asignará a cada alumno las temperaturas correspondientes a su comuna de hogar. Cabe mencionar que estos dos motivos generarán sesgo de atenuación en los resultados que veremos a continuación<sup>15</sup>, por lo cual se puede esperar que los coeficientes  $\beta_p$  sean una cota inferior del efecto causal de la temperatura del momento en el resultado de cada PSU.<sup>16</sup>

Por último, cabe destacar de antemano que el análisis se enfocará en el efecto de mayores temperaturas sobre las pruebas estandarizadas, ya que efectos de menores temperaturas encontrados con la PSU luego son descartados a través del análisis con las pruebas SIMCE de octavo y cuarto básico.

#### 4.1. Resultados

El Cuadro 4 muestra los resultados de las regresiones para la forma funcional de la temperatura con rangos cada dos grados para las pruebas de Matemáticas, Lenguaje, Ciencias e Historia. Un ejemplo gráfico de estos resultados donde se puede ver que no se descarta la linealidad del efecto para mayores temperaturas se puede ver en la Figura 1. De entrada podemos apreciar que para Ciencias se ve una clara tendencia a la baja de mayores temperaturas desde la temperatura óptima, que son entre los 13 y 15 grados, mientras que para Matemáticas e Historia el efecto encontrado es también negativo pero menor y para Lenguaje se aprecia una ligera tendencia a que mayores temperaturas aumentan el desempeño en la PSU.

La interpretación de los resultados de esta forma funcional es directa, para el caso de

---

<sup>14</sup>Esto es explicado con mayor detalle en el Apéndice 2.

<sup>15</sup>Para esto se supone que los errores de medición antes descritos cumplen los supuestos necesarios para que haya sesgo de atenuación, es decir, que sean errores de media cero e independientes e idénticamente distribuidos.

<sup>16</sup>Cabe mencionar que, debido a se dispone de temperaturas a nivel de grupos de comunas y no a nivel más desagregado, aunque supiésemos el colegio donde cada estudiante da la prueba seguirán existiendo dos fuentes de sesgo de atenuación, esto debido a que no se tendrá la temperatura exacta en el colegio donde cada alumno rinde la PSU, solo la temperatura a nivel de grupos de comunas.

Ciencias una persona que haya rendido la prueba a una temperatura de entre 29 y 31 grados obtiene aproximadamente 5,9 puntos menos respecto a si hubiese rendido la prueba a una temperatura entre 13 y 15 grados, lo que corresponde a un cambio de 0,054 de desviación estándar.<sup>17</sup>

Siguiendo con el análisis para la segunda forma funcional, el Cuadro 5 muestra los resultados de la regresión lineal por sobre y por debajo la temperatura óptima para cada prueba evaluada en esta investigación, siendo la temperatura óptima para la PSU los 14 grados. Respecto a los resultados para mayores temperaturas, se tienen efectos significativos negativos para Ciencias y Matemáticas al 1 y al 10 por ciento respectivamente, mientras que se tienen efectos no estadísticamente significativos para Lenguaje e Historia. Esto es consistente con la evidencia de la literatura médica presentada en la introducción que dice que distintas partes del cerebro (y, por ende, distintas habilidades cognitivas) se ven afectadas de distinta manera por la temperatura (Hocking et al., 2001).

Para Ciencias se obtiene que cada grado extra de temperatura a partir de los 14 grados provoca una disminución del puntaje obtenido en 0,219 puntos, lo que es equivalente a 0,0020 de desviación estándar por grado. Por el lado de Matemáticas, se tiene que cada grado extra de temperatura a partir de los 14 grados provoca una disminución del puntaje obtenido en 0,161 puntos, lo que equivale a 0,0015 de desviación estándar por grado. Estos efectos representan un 0,8 % y un 0,5 % por grado de la brecha entre hombres y mujeres que existe en la PSU para las pruebas de Ciencias y Matemáticas respectivamente en el periodo estudiado.

Si bien los efectos son significativos, estos representan efectos pequeños comparados con la literatura económica relevante, siendo el efecto obtenido para cada grado extra en Matemáticas y Ciencias aproximadamente un 10 y un 13 por ciento respectivamente del efecto que encuentran Graff-Zivin et al. (2015) y Park (2017)<sup>18</sup>.

---

<sup>17</sup>Además de ver la factibilidad de efectos lineales de la temperatura en las pruebas, se agrega este análisis debido a que es estándar en la literatura y sirve para entender mejor lo que se está analizando a través de esta regresión, aún cuando este cambio de temperatura en particular es poco plausible para el caso general de nuestra muestra debido a las desviaciones estándar intra comuna (*Within*) de temperatura presentadas anteriormente.

<sup>18</sup>Graff-Zivin et al. (2015) encuentra que cada grado extra en Matemáticas reduce en 0,0164 de desviación estándar el puntaje obtenido, mientras que Park (2017) encuentra para sus pruebas educacionales que cada

Respecto a los resultados para menores temperaturas, se encuentran resultados significativos positivos para Matemáticas y resultados significativos negativos para Lenguaje. Si bien estos resultados llaman la atención considerando que la literatura económica que ha abordado este tema no encuentra efectos significativos de bajas temperaturas en las pruebas estandarizadas<sup>19</sup>, no se analizarán en mayor detalle ya que al ser comparados con la prueba SIMCE se tiene que no son resultados robustos.

## 4.2. Test de Robustez: Asistencia a la prueba

Para verificar que los resultados presentados anteriormente no sean producto de una posible correlación entre las temperaturas de las pruebas PSU y la asistencia a éstas, se realiza la regresión representada por la ecuación (9) pero cambiando la variable dependiente  $Y_{i,e,p,t}$  de puntaje obtenido a asistencia a cada prueba. Esto es importante ya que si la temperatura tiene una relación con la asistencia en la prueba los coeficientes del efecto de la temperatura en los puntajes de cada prueba pueden estar sesgados; por ejemplo, si mayores temperaturas implican una mayor asistencia a las pruebas por parte de los alumnos con peor desempeño, esto provocaría que la estimación del efecto de la temperatura en puntajes PSU calculada anteriormente esté sobreestimada debido a la mezcla de efectos que se plantea.

En el Cuadro 6 podemos ver los resultados para el efecto de la temperatura del momento en su forma funcional lineal en la asistencia a cada prueba analizada en esta investigación<sup>20</sup>, con lo cual notamos que para la PSU nada es significativo excepto el efecto de la temperatura en la asistencia a la prueba de Lenguaje, en la cual tenemos que cada grado reduce la asistencia en un 0,09 % con una significancia del 10 por ciento. Entonces, a través de este test de robustez tenemos evidencia de que nuestros resultados del efecto de la temperatura

---

grado extra reduce en 0,0144 de desviación estándar el puntaje obtenido.

<sup>19</sup>El que la literatura no encuentre efectos significativos de bajas temperaturas en las pruebas estandarizadas también se puede deber a que las temperaturas analizadas en aquellas investigaciones son considerablemente más altas que las que se analizan en esta investigación; a modo de comparación, la cota inferior de temperaturas analizadas en esta investigación ronda los 1,5 grados, mientras que en Graff-Zivin et al. (2015) la cota inferior analizada es alrededor de los 12 grados y en Park (2017) la cota inferior analizada es de 14,5 grados.

<sup>20</sup>El análisis ocupando rangos de temperatura cada dos grados apoya los resultados encontrados con el análisis en forma lineal

en el puntaje PSU no están siendo sobreestimados debido a una relación entre asistencia y el puntaje obtenido en las pruebas.

## 5. Análisis de Corto Plazo: SIMCE

Continuando con el análisis de la temperatura del momento en pruebas estandarizadas, en esta sección procederemos a replicar lo hecho en la sección anterior pero esta vez para la pruebas SIMCE de octavo y cuarto básico.

Para analizar cuánto es el efecto causal de la temperatura del momento en las pruebas SIMCE, se plantea una regresión lineal similar a la del análisis de la sección anterior, es decir:

$$Y_{i,e,p,t} = f(\beta_p, T_{i,p,t}) + \eta_p X_{i,t} + \alpha_{e,p} + \gamma_{p,t} + \theta_p Z_{i,e,p,t} + \epsilon_{i,e,p,t} \quad (10)$$

Donde  $Y_{i,e,p,t}$  es el puntaje obtenido por el alumno  $i$  proveniente de la escuela  $e$  en la prueba  $p$  en el año  $t$ ,  $T_{i,p,t}$  es la temperatura que enfrenta el alumno  $i$  en la prueba  $p$  en el año  $t$ ,  $X_{i,t}$  es la edad del alumno  $i$  en el año  $t$ ,  $\alpha_{e,p}$  y  $\gamma_{p,t}$  son efectos fijos para cada prueba  $p$  a nivel de escuela  $e$  y año  $t$  respectivamente, y  $Z_{i,e,p,t}$  es un grupo de controles socioeconómicos que contienen la educación del padre y de la madre, el ingreso familiar, el sexo del alumno y el NEM del alumno normalizado a nivel de colegio de egreso interactuando con el tipo de dependencia del colegio<sup>21</sup>. La regresión está hecha de nuevo con *clusters* a nivel de grupos de comuna que siempre posean la misma temperatura en la base de datos de temperatura.

Volvemos a ocupar la metodología de Graff-Zivin et al. (2015),  $f(\beta_p, T_{i,p,t})$  tiene dos formas funcionales para cada nivel de la prueba SIMCE. Para el SIMCE de octavo básico la primera forma funcional tiene rangos de temperatura cada dos grados ocupando la temperatura entre 9 y 11 grados como referencia<sup>22</sup>. Respecto al SIMCE de cuarto básico esta forma funcional tiene rangos de temperatura cada dos grados ocupando la temperatura entre 13 y

<sup>21</sup>Cabe destacar que debido a la disponibilidad de los datos para el análisis SIMCE controlamos por menos variables respecto al análisis PSU.

<sup>22</sup>Esto debido a que esta temperatura representa un máximo local en el rendimiento para las pruebas de Matemáticas y Ciencias.

15 grados como referencia<sup>23</sup>.

La segunda forma funcional es una función lineal en grados por sobre y por debajo los 10 grados y 14 grados para los SIMCE de octavo y cuarto básico respectivamente, siendo estos puntos de corte escogidos porque éstas son las temperaturas que maximizan el puntaje obtenido en cada SIMCE en la primera forma funcional.

Respecto a la temperatura  $T_{i,p,t}$  asignada a cada prueba, considerando que las pruebas se rinden durante la mañana y que no se tiene la fecha específica en que es rendida cada prueba<sup>24</sup>, se asigna el promedio de las temperaturas promedio de los dos días en que son rendidas las pruebas.<sup>25</sup> Lo positivo con respecto al análisis PSU es que como las pruebas SIMCE son rendidas en los colegios donde estudian los alumnos, sabemos la comuna donde cada persona rinde la prueba. Con esto, comparado con el análisis PSU, tendremos un mayor sesgo de atenuación por la parte del control de la temperatura del momento, pero un menor sesgo de atenuación debido a que conocemos el lugar exacto donde se rinde la prueba<sup>26</sup>.

## 5.1. Resultados

Los Cuadros 7 y 8 muestran los resultados de las regresiones para la forma funcional de la temperatura con rangos cada dos grados para los niveles de octavo y cuarto básico respectivamente. Ejemplos gráficos de estos resultados donde se puede ver que no se descarta la linealidad del efecto para mayores temperaturas se puede ver en las Figuras 2 y 3.

Para el SIMCE de octavo básico se puede apreciar para mayores temperaturas un escenario similar al análisis de la PSU, es decir, que para Matemáticas y Ciencias se ve una clara tendencia a la baja de mayores temperaturas desde la temperatura óptima, que son entre los 9 y 11 grados, mientras que para Historia el efecto encontrado es también negativo pero menor y para Lenguaje se aprecia una ligera tendencia a que mayores temperaturas aumentan el

---

<sup>23</sup>Esto debido a que esta temperatura representa el máximo global en el rendimiento para las pruebas de Matemáticas y Ciencias.

<sup>24</sup>Sabemos las fechas de los dos días de prueba SIMCE para cada año, pero no sabemos qué día se rinde cada una de las pruebas SIMCE.

<sup>25</sup>Esto sigue la misma lógica que la asignación de temperaturas a las pruebas de la mañana del análisis PSU.

<sup>26</sup>De nuevo se hace el supuesto de que los errores de medición descritos cumplen los supuestos necesarios para que haya sesgo de atenuación.

desempeño.

La interpretación nuevamente es directa, para el caso de Ciencias una persona que haya rendido la prueba a una temperatura de entre 17 y 19 grados obtiene aproximadamente 4,1 puntos menos respecto a si hubiese rendido la prueba a una temperatura entre 9 y 11 grados, lo que corresponde en este caso a un cambio de 0,082 de desviación estándar.<sup>27</sup>

Por otra parte para el SIMCE de cuarto básico se puede apreciar para mayores temperaturas un escenario distinto a las pruebas antes mencionadas, ya que para todas las pruebas (Matemáticas, Lenguaje, Ciencias e Historia) se ve una clara tendencia a la baja de mayores temperaturas desde la temperatura óptima, que son entre los 13 y 15 grados. Esto se ve reflejado, por ejemplo, en que para la prueba de Matemáticas una persona que haya rendido la prueba a una temperatura entre 19 y 21 grados obtiene aproximadamente 4,9 puntos menos respecto a si hubiese rendido la prueba a una temperatura entre 13 y 15 grados, lo que corresponde a un cambio de 0,098 desviaciones estándar.

Siguiendo con el análisis para la segunda forma funcional observando el Cuadro 5 respecto a los resultados del SIMCE de octavo básico para mayores temperaturas, se tienen efectos significativos negativos para Matemáticas y Ciencias al 1 y al 10 por ciento respectivamente, mientras que se tienen efectos no estadísticamente significativos para Lenguaje e Historia. Esto de nuevo es consecuente con la evidencia de la literatura y también con los resultados para mayores temperaturas encontrados en la sección de análisis de PSU.

Para Matemáticas se obtiene que cada grado extra de temperatura a partir de los 10 grados provoca una disminución del puntaje obtenido en 0,553 puntos, lo que es equivalente a 0,0111 de desviación estándar por grado. Por el lado de Ciencias, se tiene que cada grado extra de temperatura a partir de los 10 grados provoca una disminución del puntaje obtenido en 0,412 puntos, lo que equivale a 0,0082 de desviación estándar por grado. Cabe resaltar que estas magnitudes para Matemáticas y Ciencias son aproximadamente 7,4 y 4,1 veces más grandes respecto a las encontradas para las correspondientes pruebas PSU, lo cual puede ser debido a una multiplicidad de razones tales como un efecto dispar de la temperatura

---

<sup>27</sup>Recordar que las desviaciones estándar de la PSU y el SIMCE son distintas, siendo éstas 110 y 50 puntos respectivamente.

en diferentes edades o un efecto dispar de la temperatura en ambas pruebas<sup>28</sup>. Estos efectos representan un 6,4 % y un 6,5 % por grado de la brecha entre hombres y mujeres que existe en el SIMCE de octavo básico para las pruebas de Matemáticas y Ciencias respectivamente en el periodo estudiado, con lo cual se tiene que es un efecto relativamente importante.

Por otra parte, respecto a la PSU estos resultados están más alineados con los resultados obtenidos por la literatura previa, ya que el efecto encontrado en el SIMCE de octavo básico para cada grado extra en Matemáticas y Ciencias representa un 72 y un 53 por ciento respectivamente del efecto que encuentran Graff-Zivin et al. (2015) y Park (2017).

Por el lado del análisis de resultados para el SIMCE de cuarto básico en la forma funcional lineal, observando el Cuadro 5 se tienen efectos significativos negativos para Matemáticas, Lenguaje e Historia al 1, al 1 y al 10 por ciento respectivamente, mientras que se tienen efectos negativos pero no significativos en Ciencias. Esto es un resultado que apoya lo encontrado anteriormente para Matemáticas pero que encuentra un efecto nuevo significativo para Lenguaje e Historia, de todas maneras cabe destacar que ésta es la única especificación general de las seis que se desarrollan durante la investigación que encuentra efectos significativos para Lenguaje y una de las dos que encuentra efectos significativos para Historia.

Para Matemáticas se obtiene que cada grado extra de temperatura a partir de los 14 grados provoca una disminución del puntaje obtenido en 1,276 puntos, lo que es equivalente a 0,0255 de desviación estándar por grado. Por el lado de Historia un aumento de un grado provoca una disminución de 0,892 puntos, lo que es equivalente a 0,0178 de desviación estándar. Para Lenguaje se tiene que un aumento de un grado provoca una disminución de 1,065 puntos, lo que equivale a 0,0213 de desviación estándar. Estos efectos son mayores a los encontrados para PSU y para el SIMCE de octavo básico y también relativamente mayores a los encontrados en Graff-Zivin et al. (2015) y Park (2017), pero veremos posteriormente con la relación entre temperatura y ausencia para SIMCE de cuarto básico que los efectos encontrados para Matemáticas y Lenguaje están sobreestimados y representan una cota su-

---

<sup>28</sup>Hay que recordar en esta parte que el fin de ambas pruebas es distinto, mientras la PSU es una prueba que tiene consecuencias directas para el estudiante debido a que afecta a su acceso a la educación superior, el SIMCE no tiene consecuencias directas para los estudiantes de manera individual.

perior del efecto. Respecto a los resultados para menores temperaturas, se encuentran efectos significativos positivos para Historia en el SIMCE de octavo básico y efectos significativos positivos para Ciencias e Historia en el SIMCE de cuarto básico. Siguiendo con la comparación entre resultados de SIMCE y PSU, tenemos ahora que los resultados significativos que habíamos tenido para menores temperaturas en PSU (Matemáticas y Lenguaje) no son significativos en el SIMCE, mientras que si bien los resultados en Historia y Ciencias son significativos en el análisis de SIMCE, en la PSU no eran significativamente afectados por menores temperaturas. Todo esto sumado al hecho de que los máximos locales en el SIMCE de octavo básico hayan sido 4 grados inferiores al máximo de los resultados PSU y del SIMCE de cuarto básico apoya la idea de que, al menos para los rangos de temperatura analizados, no se puede argumentar a partir de esta investigación que menores temperaturas en el momento afecten de manera significativa al rendimiento en pruebas estandarizadas.

## 5.2. Test de Robustez: Asistencia a la prueba

Al igual que con la PSU, verificamos que los resultados presentados anteriormente del efecto de la temperatura en puntajes de las pruebas SIMCE no sean producto de una posible correlación entre la temperatura y la asistencia a éstas. Para esto realizamos la regresión representada por la ecuación (10) pero cambiando la variable dependiente  $Y_{i,e,p,t}$  de puntaje obtenido a asistencia a cada prueba.

En el Cuadro 6 podemos ver los resultados para el efecto de la temperatura del momento en la asistencia a cada prueba SIMCE en su forma lineal<sup>29</sup>. Notamos para el SIMCE de octavo básico que la asistencia a las pruebas de Matemáticas, Lenguaje y Ciencias se ve reducida con significancia del 1 por ciento. Como se explicó anteriormente, se tendería a pensar que los más afectados por la temperatura para asistir a las pruebas son los alumnos de peor rendimiento, por lo cual estos resultados apoyarían la idea de que los coeficientes calculados para Matemáticas y Ciencias particularmente están subestimados (es decir, para las pruebas SIMCE de octavo básico la temperatura del momento tendría un efecto más

<sup>29</sup>Al igual que para el análisis PSU, el análisis para SIMCE ocupando rangos de temperatura cada dos grados apoya los resultados encontrados con el análisis en forma lineal



negativo en el puntaje respecto al efecto calculado previamente).

Analizando el SIMCE de cuarto básico, se tiene que la asistencia a las pruebas de Matemáticas, Lenguaje y Ciencias se vería aumentada con mayores temperaturas, lo que es significativo al 1 por ciento para Matemáticas y Lenguaje y significativo al 5 por ciento para el caso de Ciencias. Usando el mismo razonamiento anterior, estos resultados apoyarían la idea de que los coeficientes calculados del efecto de la temperatura en los puntajes para estas pruebas del SIMCE de cuarto básico estarían sobreestimados (es decir, para las pruebas SIMCE de cuarto básico la temperatura tendría un efecto menos negativo en el puntaje respecto a lo calculado previamente). Esto es particularmente importante para el caso de Lenguaje ya que el análisis de esta especificación para el SIMCE de cuarto básico es el único coeficiente que revela un efecto negativo significativo de mayores temperaturas en la prueba de Lenguaje, por lo cual al estar este coeficiente sobreestimado es otro argumento en contra de que mayores temperaturas afectan de manera significativa al puntaje obtenido en pruebas de Lenguaje.

Por otra parte, cabe destacar que el hecho de que los coeficientes del efecto de la temperatura en puntaje para el SIMCE de octavo básico estén subestimados y que los coeficientes para el SIMCE de cuarto básico estén sobreestimados es un aspecto que ayuda a explicar la gran diferencia de estimadores que se obtienen para cada prueba, considerando que los coeficientes encontrados para el SIMCE de cuarto básico son considerablemente mayores a los encontrados para el SIMCE de octavo básico.

## 6. Análisis de Corto Plazo: Especificación Alternativa

Hasta ahora todo el análisis de Corto Plazo se ha realizado ocupando la especificación de Graff-Zivin et al. (2015), en esta sección realizamos una especificación alternativa para analizar el efecto de corto plazo en las pruebas PSU y SIMCE, la cual se puede ver reflejada en la siguiente forma funcional:

$$\Delta Y_{i,e,c,p,t} = f(\beta_p, \Delta T_{i,c,p,t}) + \eta_p X_{i,t} + \alpha_{e,p} + \gamma_{p,t} + \theta_p Z_{i,e,p,t} + \epsilon_{i,e,c,p,t} \quad (11)$$

$$\Delta Y_{i,e,c,p,t} = Y_{i,e,c,p,t} - \bar{Y}_{c,p} \quad (12)$$

$$\Delta T_{i,c,p,t} = T_{i,c,p,t} - \bar{T}_{c,p} \quad (13)$$

Donde  $\Delta Y_{i,e,c,p,t}$  representa la diferencia de puntaje que obtiene el alumno  $i$  de la escuela  $e$  de la comuna  $c$  que rinde la prueba  $p$  en el año  $t$  respecto al promedio de puntaje  $\bar{Y}_{c,p}$  que tiene la comuna  $c$  en la prueba  $p$  durante los años analizados, y  $\Delta T_{i,c,p,t}$  representa la diferencia de temperatura que enfrenta el alumno  $i$  de la comuna  $c$  que rinde la prueba  $p$  en el año  $t$  respecto al promedio de temperatura  $\bar{T}_{c,p}$  que tiene la comuna  $c$  en la prueba  $p$  durante los años analizados. El resto de los elementos de la ecuación (11) corresponden a los mismos utilizados anteriormente para cada PSU y SIMCE, es decir, edad del alumno, efectos fijos año y escuela, controles socioeconómicos y errores con *clusters* a nivel de grupos de comunas con la misma temperatura durante todos los días durante el periodo 2003-2012.

Si bien la especificación es distinta, se usan formas funcionales para la relación de la temperatura similares a las ocupadas en las secciones 4 y 5, es decir, primero un análisis del efecto de la temperatura por cada grado de variación respecto a la media a través del cual se obtiene la temperatura que provee un máximo local en la relación del puntaje obtenido en cada prueba respecto a la temperatura, a partir de lo cual se realiza una forma funcional lineal con grados por sobre y por debajo la desviación de temperatura óptima obtenida en la primera forma funcional.

A partir de esto se obtienen los resultados presentados en el Cuadro 9, el cual en su segunda columna presenta los coeficientes obtenidos para diferencias de temperatura mayores al óptimo a partir de la forma funcional lineal para cada prueba, en su tercera columna presenta el coeficiente que se había obtenido en las secciones 4 y 5 para mayores temperaturas respecto al óptimo para la especificación de Graff-Zivin et al. (2015) y en su cuarta columna presenta la relación entre los coeficientes de la forma alternativa y la forma tradicional. Cabe destacar que, como se ve en la cuarta columna de el Cuadro 9, la relación de los coeficientes de la forma alternativa respecto a la forma tradicional no sigue un patrón claro, siendo estos más pequeños o más grandes para distintas pruebas pero sí siendo en general muy distintos en magnitud a la especificación tradicional.

Analizando los resultados de la especificación alternativa, para la PSU tenemos que un grado más respecto a la media provoca un efecto negativo significativo de 0,72 puntos en el puntaje obtenido en Matemáticas y un efecto negativo significativo de 0,45 puntos en el puntaje obtenido en Historia, los cuales representan un efecto de 0,0065 y 0,0041 desviaciones estándar por grado respectivamente. Para el caso de Matemáticas, si bien el efecto es notablemente mayor con esta especificación que con la especificación tradicional, se tiene aún que el efecto obtenido es relativamente pequeño comparado con la literatura previa, representando aproximadamente un 42 por ciento del efecto que encuentran Graff-Zivin et al. (2015) y Park (2017); de todas maneras, esto no quita que sea un efecto importante ya que representa un 2,4 % por grado de la brecha entre hombres y mujeres que existe en la PSU de Matemáticas para el periodo estudiado.

Para las pruebas SIMCE de octavo básico se tiene un efecto negativo significativo de un grado más respecto a la media de 1,21 puntos en el puntaje de Matemáticas y de 0,96 puntos en el puntaje de Ciencias, los cuales representan un efecto de 0,0242 y 0,0192 por grado respectivamente. Los resultados bajo esta especificación para Matemáticas y Ciencias son grandes comparados con los estimados con la especificación tradicional y también son grandes comparados con los efectos encontrados en la literatura previa, ya que representan un 158 y un 125 por ciento respectivamente del efecto encontrado en Graff-Zivin et al. (2015) y Park (2017) y representan un considerable 14,0 % y un 15,2 % por grado de la brecha entre hombres y mujeres que existe en el SIMCE de octavo básico para las pruebas de Matemáticas y Ciencias respectivamente en el periodo estudiado.

Por último, para el SIMCE de cuarto básico no se tienen efectos significativos para ninguna prueba para esta especificación, además de notar que los valores absolutos de los estimadores son considerablemente más bajos comparados a la especificación tradicional.

Finalmente, a partir de las secciones 4, 5 y 6 de análisis de Corto Plazo para la PSU y el SIMCE se tiene que para las 6 estimaciones del efecto de la temperatura en cada tipo de evaluación (Matemáticas, Lenguaje, Ciencias e Historia), se tienen efectos negativos significativos para 5 de las 6 estimaciones en Matemáticas, 3 de las 6 estimaciones en Ciencias, 2 de las 6 estimaciones en Historia y 1 de las 6 estimaciones en Lenguaje (siendo éste último un

coeficiente probablemente sobreestimado); con estos resultados podemos concluir para esta primera parte de la investigación que mayores temperaturas en el momento de la evaluación afectan de manera significativa y negativa al rendimiento en las pruebas de Matemáticas, poseen un efecto negativo no tan significativo en Ciencias e Historia y que no se puede argumentar que afecten de manera significativa en pruebas de Lenguaje, lo cual es coherente con la literatura médica al respecto (Hocking et al., 2001) y con parte de la literatura económica previa (Graff-Zivin et al., 2015; Garg et al., 2017).

Además, se tiene que los resultados que son significativos son pequeños para la PSU comparados con los efectos encontrados en la literatura previa y que para el caso del SIMCE de octavo básico son efectos de magnitudes relativamente similares a los encontrados en la literatura previa.

## **7. Análisis de Heterogeneidad en Corto Plazo**

A partir de lo hecho en la sección anterior y considerando la larga extensión del país (y, por ende, la presencia de diferentes climas y temperaturas a lo largo de éste), surge la interrogante de si los resultados presentados anteriormente son consistentes a lo largo de todas las comunas o si comunas con climas más fríos se ven afectadas de mayor manera por altas temperaturas respecto a comunas de climas más cálidos.

Para abordar esta pregunta usamos los datos de PSU separando la muestra total en 3 grupos a partir de su clima, ocupando como referencia la temperatura promedio de Octubre para cada comuna durante el periodo 2005-2012. A partir de esto, tenemos terciles en el cual el primer tercil representa el grupo de comunas con climas más fríos, el segundo tercil el grupo con climas más templados y el tercer tercil el grupo con climas más cálidos.<sup>30</sup>

---

<sup>30</sup>En esta sección no usamos los datos de SIMCE, ya que para el SIMCE de octavo básico debido a que su temperatura óptima es considerablemente más baja (10 grados contra los 14 grados de la PSU) y la desviación estándar intra comuna es menor, se tiene el efecto de que el tercil de comunas más cálidas no tienen observaciones en los rangos de temperatura más cercanos al óptimo; por otra parte para el SIMCE de cuarto básico la menor desviación estándar intra comuna y la menor temperatura promedio que presentan estas pruebas respecto a la PSU producen que los dos terciles más fríos casi no tengan observaciones en los rangos de temperatura superiores a su óptimo de 14 grados.

Con esto realizamos para cada tercil una regresión a partir de una versión simplificada de la ecuación (9) para las pruebas de Matemáticas y Lenguaje<sup>31</sup> en la cual usamos como controles solo la educación del padre, la educación de la madre, el sexo del alumno, la edad del alumno y la normalización del NEM interactuada con la dependencia de su establecimiento además de efectos fijos a nivel de escuela y año; esto debido a que la cantidad de controles debe ser menor que la cantidad de *clusters* en la regresión.<sup>32</sup>

Los resultados se pueden ver en la Figura 4, en la cual se aprecia que se tiene un cambio de tendencia en Lenguaje pero de manera no significativa y que en Matemáticas el efecto de mayores temperaturas para las comunas más frías es considerablemente mayor al efecto presente para comunas más cálidas (siendo este último no estadísticamente distinto de cero).

El efecto para Matemáticas de mayores temperaturas en comunas más frías es de 0,84 puntos menos por cada grado extra de temperatura a partir de los 14 grados lo que representa un 0,0076 de desviación estándar, lo cual es un aumento considerable respecto al 0,0015 de desviación estándar por grado encontrado en el análisis a nivel general y representa un efecto de un 49,5 % respecto a las magnitudes encontradas por Graff-Zivin et al. (2015) y Park (2017).

Por otra parte, también surge la interrogante de si el efecto original de mayores temperaturas encontrado en el corto plazo con la especificación tradicional es heterogéneo según nivel socioeconómico, lo cual de ser cierto podría estar aumentando o disminuyendo brechas sociales<sup>33</sup>.

Para abordar esta pregunta usamos los datos de PSU y SIMCE separando la muestra total en 3 grupos a partir de sus ingresos familiares. A partir de esto, tenemos terciles en el cual el primer tercil representa el grupo más pobre, el segundo tercil el grupo de ingreso medio y el tercer tercil el grupo de mayores ingresos. Con esto realizamos para cada tercil la regresiones

---

<sup>31</sup>No se utilizan las pruebas de Ciencias ni de Historia debido a que, como son realizadas durante la tarde, las comunas más cálidas no tienen observaciones con temperaturas cercanas a la temperatura óptima de 14 grados ni menores.

<sup>32</sup>Los resultados de esta regresión simplificada para la muestra original son similares a los resultados de la regresión original.

<sup>33</sup>Este punto es particularmente relevante para el caso de la PSU al ser ésta una prueba que define cupos para ingresar a la educación superior.

a partir de las ecuaciones originales (9) y (10) para PSU y SIMCE respectivamente.

Los resultados se pueden ver en las Figuras 5, 6 y 7. Para la prueba PSU se ve que todos los estimadores tienden a ser más negativos para terciles de mayores ingresos, lo cual también sucede en el SIMCE de octavo básico (con excepción de la prueba de Historia) y también se observa para las pruebas de Ciencias e Historia en el SIMCE de cuarto básico (siendo Matemáticas casi no afectada de manera disímil y Lenguaje mostrando una tendencia de efectos menos negativos para terciles de mayores ingresos). Entonces se tiene en general que mayores temperaturas en el momento de la evaluación tenderían a afectar más a la población de mayores ingresos, con lo cual el efecto de la temperatura provocaría una menor desigualdad de resultados según ingreso<sup>34</sup>.

Este resultado en principio es nuevo dentro de la literatura económica relevante. El resultado más cercano que se tiene es el que se encuentra en Goodman et al. (2018) en el cual se obtiene que en el largo plazo la temperatura afecta de manera más negativa el puntaje obtenido por familias más pobres en comparación al efecto que tiene en familias más ricas, es decir, un efecto inverso al encontrado en esta investigación aunque en el largo plazo.

Para posterior investigación queda responder la pregunta de porqué mayores temperaturas en el momento de pruebas educacionales estandarizadas afectarían de mayor manera a la población de mayores ingresos en el caso chileno.

## 8. Mitigación del efecto a Corto Plazo

En esta sección se investiga el efecto mitigador de corto plazo que pueden tener el aire acondicionado y los ventiladores. A partir de los datos del SIMCE de octavo básico<sup>35</sup> y usando los datos elaborados a partir de la Encuesta sobre Aire Acondicionado y Ventiladores en los Colegios, se realiza la siguiente regresión para el subconjunto de escuelas para las

---

<sup>34</sup>Este resultado se toma como tendencia y no como un resultado significativo debido a que la única prueba que consistentemente muestra esta tendencia en las 3 evaluaciones es la prueba de Ciencias.

<sup>35</sup>No se pueden usar los datos PSU debido a que no está disponible la información respecto a en qué colegio rinde la prueba cada alumno, y no se pueden ocupar los datos del SIMCE de cuarto básico debido a que los colegios que fueron sede PSU en el 2008 que tienen cuarto básico representan una muestra pequeña y debido a los *clusters* no se tienen los suficientes datos para realizar el análisis.

cuales se tienen datos de posesión de aire acondicionado y ventiladores en la encuesta:

$$Y_{i,e,p,t} = f(\beta_p, T_{i,p,t}) + \delta_{p>10} * T_{i,p,t}(> 10) * Dummy_{i,e,t} + \delta_{p<10} * T_{i,p,t}(< 10) * Dummy_{i,e,t} + \eta_p X_{i,t} + \alpha_{e,p} + \gamma_{p,t} + \theta_p Z_{i,e,p,t} + \epsilon_{i,e,p,t} \quad (14)$$

La cual es una forma similar a lo hecho anteriormente en el análisis de corto plazo para el SIMCE de octavo básico en la cual  $f(\beta_p, T_{i,p,t})$  es la forma funcional lineal por sobre y por debajo los 10 grados de temperatura<sup>36</sup>,  $T_{i,p,t}(> 10)$  y  $T_{i,p,t}(< 10)$  son los grados por sobre y por debajo los 10 grados a los que se ve expuesto el alumno  $i$  durante la prueba  $p$  en el año  $t$ ,  $Dummy_{i,e,t}$  es una variable binaria que toma el valor de 1 si es que la escuela  $e$  del alumno  $i$  reporta en la encuesta poseer en el año  $t$  aire acondicionado o ventilador en "Algunas", "Casi Todas" o "Todas" sus salas y 0 si es que no; el resto de los parámetros son los mismos que los de la ecuación (10) y nuevamente la regresión está hecha con *clusters* a nivel de grupos de comuna que siempre posean la misma temperatura en la base de datos de temperatura. Con esto, el parámetro de principal interés en la regresión es  $\delta_{p>10}$  el cual mide cuánto cambia por cada grado extra de temperatura el efecto de la temperatura en el puntaje obtenido si es que los colegios poseen aire acondicionado o ventiladores en sus salas.

Cabe mencionar que en la encuesta realizada solo 8 de las 351 escuelas reportaron tener aire acondicionado o ventilador en "Algunas", "Casi Todas" o "Todas" sus salas y tenerlos desde el año 2013 o antes (que es el periodo relevante debido a los datos que se poseen); esto junto con los *clusters* de la regresión nos hace esperar que las desviaciones estándares encontradas para los parámetros  $\delta_{p>10}$  sean mayores comparadas con los resultados previos de la especificación original. Por otra parte, si bien se tiene el dato de posesión de aire acondicionado y ventiladores, no se tiene el dato relevante que es si estos aparatos están encendidos durante las pruebas correspondientes.

El Cuadro 10 presenta los resultados obtenidos de la regresión (14)<sup>37</sup>, observándose un estimador punto positivo del efecto de la variable binaria de 0,089 para Matemáticas, el

<sup>36</sup>Recordar que los 10 grados son elegidos a partir del criterio de máximo local usado en la sección 5.

<sup>37</sup>No se realiza el análisis sobre la prueba de Historia ya que no se tienen suficientes observaciones respecto a los *clusters* para realizar la regresión.

cual si bien no es significativo sería en principio evidencia sugerente de un posible efecto atenuador del aire acondicionado y ventiladores en el efecto de la temperatura sobre los puntajes obtenidos en pruebas educacionales estandarizadas de Matemáticas.

De todas maneras, este resultado no es robusto ya que el estimador punto del efecto de la variable binaria es de 1,586 para Lenguaje, el cual es mucho mayor que el estimador punto de Matemáticas y considerando que en secciones anteriores vimos que mayores temperaturas del momento afectaban negativa y significativamente en Matemáticas y no en Lenguaje, esta evidencia sugeriría que estos productos puntos serían producto de una correlación entre la posesión de aire acondicionado y ventiladores con variables no observables que afectarían al puntaje obtenido en las pruebas del SIMCE y que no serían producto de un efecto de atenuación de mayores temperaturas.

## 9. Análisis de Largo Plazo

Ya habiendo analizado cómo afecta la temperatura en el corto plazo, en esta sección procederemos a analizar si es que estos efectos de corto plazo se ven reflejados en algún efecto de largo plazo de la temperatura en la PSU y el SIMCE. La lógica es que más días de mayores temperaturas podrían provocar una menor acumulación de capital humano en el largo plazo a partir del efecto encontrado en el corto plazo, pero también se puede dar que hayan mecanismos de adaptación y compensación que permitan reducir o anular este efecto (Graff-Zivin et al., 2015).

Para analizar esto, veremos si las temperaturas promedio a las cuales estuvieron expuestos los estudiantes durante su año escolar afectaron su rendimiento en las pruebas estandarizadas. Las fechas utilizadas para esta sección serán los días comprendidos desde el 1 de Marzo de cada año hasta el día anterior a la prueba correspondiente.

Esta sección será abordada de una manera similar a Cho (2017), es decir, a través de una regresión de puntaje obtenido en cada prueba contra temperatura usando efecto fijo a nivel



de escuela, como podemos ver en la siguiente ecuación:

$$Y_{i,e,p,t} = \sum_{j=1}^n \beta_{j,p} Temp_{i,p,t,j} + \eta_p X_{i,t} + \alpha_{e,p} + \gamma_{t,p} + \epsilon_{i,e,p,t} \quad (15)$$

Donde  $Y_{i,e,p,t}$  es el puntaje obtenido por el alumno  $i$  proveniente de la escuela  $e$  en la prueba  $p$  en el año  $t$ ,  $Temp_{i,p,t,j}$ , que representa la cantidad de días de exposición del alumno  $i$  que da la prueba  $p$  en el año  $t$  al rango de temperatura  $j$  (los cuales son rangos de temperatura cada dos grados) durante su enseñanza media ocupando la temperatura óptima como referencia,  $X_{i,t}$  es la edad del alumno  $i$  en el año  $t$ ,  $\alpha_{e,p}$  y  $\gamma_{t,p}$  son efectos fijos para cada prueba  $p$  a nivel de escuela  $e$  y año  $t$  respectivamente. La regresión nuevamente está hecha con *clusters* a nivel de grupos de comuna que siempre posean la misma temperatura en la base de datos de temperatura. La interpretación de  $\beta_{j,p}$  es el cambio en el puntaje obtenido en la prueba  $p$  asociado a tener un día más de temperatura en el rango  $j$  respecto al rango base.

## 9.1. Resultados Largo Plazo para PSU

Partiendo con el análisis de largo plazo para la PSU, los resultados se encuentran en el Cuadro 11 y se pueden ver ejemplos gráficos de los efectos encontrados en Matemáticas y Lenguaje en las Figuras 8 y 9 respectivamente. El rango de temperatura base para el análisis de largo plazo para la PSU es el rango entre 11 y 13 grados, debido a que representa el máximo global para todas las pruebas.

Analizando los resultados, vemos primero que para las pruebas de Matemáticas y Lenguaje se ve una tendencia de que más días de mayores temperaturas afectarían de manera significativa en el largo plazo, lo cual se puede observar tanto por la cantidad de rangos de temperatura que afectan de manera significativa (ambos tienen tres rangos de mayores temperaturas que afectan por lo menos al 10 por ciento) como notando que el efecto de mayores temperaturas es relativamente lineal y creciente. Esto en contraparte a los resultados para Ciencias e Historia, donde la primera prueba solo tiene un rango de temperatura afectado

significativamente por mayores temperaturas mientras que para la segunda no se presenta un efecto ni lineal ni creciente.

Por otra parte, la interpretación de los resultados para el caso de Matemáticas es que un día más en el año con temperatura promedio mayor a 19 grados respecto a un día de temperatura promedio entre 11 y 13 grados disminuye el puntaje obtenido en la PSU de Matemáticas en 0,112 puntos (significativo al 5 por ciento), lo que corresponde a un cambio de 0,0010 desviación estándar. Para el caso de Lenguaje, un día más en el año con temperatura promedio mayor a 19 grados disminuye el puntaje obtenido en 0,089 puntos (significativo al 10 por ciento), lo que equivale a un cambio de 0,0008 desviación estándar.

## 9.2. Resultados Largo Plazo para SIMCE

Continuando con el análisis de largo plazo para el SIMCE, los resultados se encuentran en los Cuadros 12 y 13 para el SIMCE de octavo y cuarto básico respectivamente, y se pueden ver ejemplos gráficos de los efectos encontrados para el SIMCE de octavo básico en Matemáticas y Lenguaje en las Figuras 10 y 11 respectivamente. El rango de temperatura base para el análisis de largo plazo para ambos SIMCE es el rango entre 13 y 15 grados, debido a que representa un máximo local común para todas las pruebas<sup>38</sup>.

Para el SIMCE de octavo básico se puede observar que para las pruebas de Matemáticas, Lenguaje y Ciencias se tiene una tendencia de que días de mayores temperaturas afectan de manera significativa en el largo plazo (usando los mismos criterios usados que en el análisis PSU), mientras que Historia no es afectado significativamente por días de mayores temperaturas.

La interpretación de los resultados para el caso de Matemáticas es que un día más en el año con temperatura promedio mayor a 19 grados respecto a un día de temperatura promedio entre 13 y 15 grados disminuye el puntaje obtenido en el SIMCE de Matemáticas en 0,148 puntos (significativo al 1 por ciento), lo que corresponde a un cambio de 0,0030 desviación estándar. Para el caso de Lenguaje, un día más en el año con temperatura promedio mayor

---

<sup>38</sup>A excepción de la prueba de Historia del SIMCE de cuarto básico.

a 19 grados disminuye el puntaje obtenido en 0,155 puntos (significativo al 5 por ciento), lo que equivale a un cambio de 0,0031 desviación estándar. Para el caso de Ciencias, un día más en el año con temperatura promedio mayor a 19 grados disminuye el puntaje obtenido en 0,134 puntos (significativo al 5 por ciento), lo que equivale a un cambio de 0,0027 desviación estándar.

Por otra parte, para el SIMCE de cuarto básico no se observan tendencias claras de que mayores temperaturas afecten de manera significativa en el largo plazo para ninguna de las cuatro pruebas (usando los mismos criterios usados anteriormente).

Tomando en cuenta los resultados de largo plazo para SIMCE y PSU tenemos que hay un efecto significativo dispar dependiendo del nivel educativo, ya que para SIMCE de cuarto básico no se tienen efectos significativos mientras que analizando en específico las pruebas PSU y SIMCE de octavo básico se tienen efectos negativos significativos de más días de mayores temperaturas en las pruebas de Matemáticas y Lenguaje, un efecto no tan significativo en Ciencias y que no hay efecto significativo en Historia.

Recordando los resultados obtenidos en el análisis de corto plazo (en el cual mayores temperaturas afectaban de manera significativa a Matemáticas, de manera no tan significativa a Ciencias y a Historia y no afectaban de manera significativa a Lenguaje), tenemos que estos resultados serían evidencia en contra de que el efecto cognitivo encontrado a corto plazo fuese el canal a través del cual mayores temperaturas afectan el rendimiento en pruebas estandarizadas en el largo plazo, esto debido a que si este fuese el canal deberíamos encontrar que los efectos encontrados en el corto plazo deberían ser coherentes con los encontrados en el largo plazo, lo cual no se cumple ya que para el nivel de cuarto básico no hay efectos significativos en el largo plazo para ninguna prueba y, además, no se cumple ya que para las evaluaciones PSU y SIMCE de octavo básico la prueba de Lenguaje es afectada de mayor manera por mayores temperaturas en el largo plazo que la prueba de Ciencias y afectada de manera similar respecto a la prueba de Matemáticas.

Estos resultados son evidencia que apoyan el argumento encontrado por Garg et al. (2017), en el sentido de que se encuentra un efecto significativo a largo plazo pero que no es producto de efectos cognitivos en el corto plazo, e irían en contra de lo planteado por Park

(2017) que encuentra coherencia en su estudio entre los efectos de corto y largo plazo.

Cabe destacar la importancia de entender el canal correspondiente a través del cual la temperatura afecta en el largo plazo al proceso cognitivo para la elaboración de posibles políticas públicas que busquen disminuir este efecto ya que, a partir de este resultado, políticas tales como aumentar el uso y ampliar el acceso de aire acondicionado y/o ventiladores en las salas de clases cuando hay altas temperaturas no serían efectivas para reducir el efecto de la temperatura en la acumulación de capital humano en el largo plazo para el caso chileno, al menos no bajo el argumento de disminuir una posible acumulación del efecto que tiene la temperatura en el corto plazo.

### **9.3. Relación de Largo Plazo y Asistencia Escolar**

A partir del interés de explicar la relación de largo plazo entre temperatura y puntaje en pruebas estandarizadas encontrada para PSU y SIMCE de octavo básico surge la pregunta de si es la asistencia a clases el canal que explica esta relación. Para analizar esto, usamos la base de datos pública del Ministerio de Educación la cual contiene la asistencia a clases para cada alumno durante el periodo 2011-2013.

La metodología a usar es ocupar 3 regresiones distintas para cada prueba de la PSU y del SIMCE de octavo básico para el periodo 2011-2013, ocupando como base la regresión que representa la ecuación (15) respecto al efecto de la temperatura en el largo plazo en pruebas estandarizadas, la primera regresión es una regresión idéntica pero ocupando sólo los años correspondientes al periodo 2011-2013<sup>39</sup>. La segunda y tercera regresión consisten en realizar la regresión que representa la ecuación (15) pero incluyendo como control el porcentaje de asistencia de cada alumno y los días de asistencia de cada alumno, respectivamente. Cabe resaltar que al usar una menor cantidad de años respecto a la muestra original los resultados del modelo original cambian ligeramente, pero se mantienen las tendencias respecto a que días de mayores temperaturas afectan negativamente al resultado de las pruebas. Lo esencial

---

<sup>39</sup>Esto corresponde a usar los datos del Proceso de Admisión 2012 y 2013 para las pruebas PSU y los datos del SIMCE 2011 y 2013 para las pruebas SIMCE de octavo básico. Cabe destacar que debido a que no se rindió la prueba de Historia en el SIMCE 2013 no se hace este análisis para esta prueba en particular.

de la metodología es analizar si el agregar controles de asistencia al colegio disminuye o no los efectos encontrados de la temperatura en el largo plazo del modelo original.

Como ejemplo, los resultados para Lenguaje pueden ser observados en las Figuras 12 y 13 para la PSU y SIMCE respectivamente<sup>40</sup>. Los resultados de este análisis para PSU revelan que controlar por el porcentaje de asistencia casi no modifica los efectos de temperatura en el puntaje obtenido en el largo plazo, mientras que controlar por la cantidad de días asistidos durante el año provoca que la magnitud del efecto de temperatura aumente, es decir, que la relación entre temperatura y puntaje obtenido se vuelva más negativa (aunque en la mayoría de los casos de manera no significativa). Por otra parte, los resultados para SIMCE muestran que la magnitud del efecto encontrado de la temperatura en el largo plazo no varía independiente de si se controla por porcentaje de asistencia o días asistidos.

Con estos resultados se descarta la hipótesis de que el efecto encontrado en el largo plazo sea a través de un efecto de la temperatura vía asistencia escolar, por lo cual queda espacio para investigar cuál es el mecanismo a través del cual la temperatura estaría afectando el resultado en el largo plazo en la PSU y el SIMCE de octavo básico pero no en el SIMCE de cuarto básico.

## 10. Conclusiones

En el contexto de la reciente literatura económica que investiga el efecto de la temperatura en el corto y en el largo plazo en pruebas educaciones estandarizadas, esta investigación aporta a la literatura analizando el efecto de la temperatura en pruebas educacionales para el caso chileno, el cual presenta evaluaciones estandarizadas que se rinden bajo menores temperaturas en promedio respecto al resto de la literatura relevante, y además presentando datos de penetración a nivel general de aire acondicionado y ventiladores en el sistema escolar en Chile.

Se encuentra a partir del análisis a las pruebas de Matemáticas, Lenguaje, Ciencias e

---

<sup>40</sup>Por temas de relevancia no se adjuntan las otras pruebas, ya que siguen las mismas tendencias no significativas encontradas para Lenguaje tanto para PSU como para SIMCE.

Historia que mayores temperaturas en el momento de la evaluación afectan de manera dispar a cada prueba, siendo este efecto negativo y significativo para las pruebas de Matemáticas, negativo pero no tan significativo para las pruebas de Ciencias e Historia y no significativo para las pruebas de Lenguaje, siendo esto coherente con la literatura médica y con parte de la literatura económica relevante. Cabe destacar también que los efectos significativos encontrados son relativamente pequeños para PSU y relativamente normales para el SIMCE de octavo básico si se compara con los efectos encontrados por Graff-Zivin et al. (2015) y Park (2017). Además, se tiene evidencia sugerente de que estos resultados son heterogéneos en cuanto a clima para la prueba de Matemáticas y de que mayores temperaturas afectarían de mayor manera a los alumnos con familias de mayores ingresos.

Por otra parte, a partir del análisis de largo plazo para estas pruebas se encuentra que más días de mayores temperaturas tienen un efecto dispar según nivel educativo, no encontrando efectos significativos para el SIMCE de cuarto básico y encontrando un efecto significativo negativo en las pruebas PSU y SIMCE de octavo básico de Matemáticas y Lenguaje, un efecto significativo negativo sólo en la prueba SIMCE en el caso de Ciencias y un efecto no estadísticamente significativo en PSU y SIMCE en el caso de la prueba de Historia.

Estos resultados presentan evidencia de que no sería una acumulación del efecto a corto plazo el canal a través del cual mayores temperaturas afectarían en el largo plazo al rendimiento cognitivo. Esto es importante ya que, por ejemplo, una aplicación de política pública de expansión de aire acondicionado en escuelas no tendría efectos de disminución del efecto de temperatura en el largo plazo en pruebas educacionales, no al menos a través del efecto de corto plazo en el proceso cognitivo encontrado en esta investigación.

Se rechaza también que el canal a través del cual mayores temperaturas en el largo plazo afectan al puntaje obtenido en PSU y SIMCE de octavo básico sea a través de un efecto de la temperatura en la asistencia escolar y queda abierta la pregunta respecto a cuál es el canal a través del cual la temperatura afecta en el largo plazo al rendimiento en estas pruebas estandarizadas.

## Bibliografía

1. Barreca, Alan, Karen Clay, Olivier Deschenes, Michael Greenstone, and Joseph S Shapiro (2016) *Adapting to climate change: The remarkable decline in the US temperature-mortality relationship over the twentieth century*. Journal of Political Economy, 124, 105-159.
2. Barro, Robert J. (2000) *Inequality and Growth in a Panel of Countries*. Journal of Economic Growth, 5(1), 5-32.
3. Berkeley Earth (2016) *Berkeley Earth Surface Temperature Dataset*.  
URL <http://www.berkeleyearth.org>
4. Cho, H (2017) *Effect of summer heat on test scores: A cohort analysis*. Journal of Environmental Economics and Management, 83, 185-196.
5. Deschênes, Olivier and Michael Greenstone (2011) *Climate Change, Mortality, and Adaptation: Evidence from Annual Fluctuations in Weather in the US*. American Economic Journal: Applied Economics 3 (4): 152-85.
6. Deschênes, Olivier, Michael Greenstone, and Jonathan Guryan (2009) *Climate Change and Birth Weight* American Economic Review 99 (2): 211-17.
7. Gaoua, Nadie, Sebastien Racinais, Justin Grantham, and Farud El Massioui (2011) *Human capital costs of climate change: Evidence from test scores in India*. International Journal of Hyperthermia 27 (1): 1-9
8. Garg, Teevrat, Maulik Jagnani, and Vis Taraz (2017) *Human capital costs of climate change: Evidence from test scores in India*.
9. Goodman, Joshua, Michael Hurwitz, Jisung Park, and Jonathan Smith (2018) *Heat and Learning*.

10. Graff-Zivin, Joshua, Solomon M Hsiang, and Matthew Neidell (2015) *Temperature and human capital in the short-and long-run*. Journal of the Association of Environmental and Resource Economists.
11. Graff-Zivin, Joshua and Matthew Neidell (2014) *Temperature and the allocation of time: Implications for climate change*. Journal of Labor Economics, 32, 1-26.
12. Hocking, Chris, Richard B. Silberstein, Wai Man Lau, Con Stough, and Warren Roberts (2001) *Evaluation of cognitive performance in the heat by functional brain imaging and psychometric testing*. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular and Integrative Physiology, 128(4): 719-734.
13. Hsiang, Solomon M., Marshall Burke, and Edward Miguel (2013) *Quantifying the influence of climate on human conflict*. Science, 341.
14. Park, Jisung (2017) *Hot Temperature, High Stakes Exams, and Avoidance Behavior: Evidence from New York City Public Schools*.
15. Raghubar, Kimberly P., Marcia A. Barnes, and Steven A. Hecht (2010) *Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches*. Learning and individual differences, 20(2), 110-122.
16. Romer, Paul M. (1986) *Increasing returns and long-run growth*. Journal of political economy, 94(5), 1002-1037.



## **Apéndice 1: Encuesta sobre Aire Acondicionado y Ventiladores en los Colegios**

Para esta investigación se realizó una encuesta telefónica a los colegios que fueron sede PSU en el proceso de admisión 2009. La encuesta consistió en las siguientes preguntas:

1. ¿El colegio tiene Aire Acondicionado en las salas de clases? (Sí / No)
2. ¿El colegio tiene Ventiladores en las salas de clases? (Sí / No)

Si es que ambas respuestas son "No", se termina la encuesta. Si una de las respuestas es "Sí", se sigue con el resto de la encuesta según corresponda.

3. ¿En cuántas salas tiene Aire Acondicionado / Ventiladores? (Todas / Casi Todas / Algunas / Pocas)
4. ¿Desde qué año el colegio tiene Aire Acondicionado / Ventiladores? (Año / No Sabe)
5. Hace 5 años (2013), tenía Aire Acondicionado / Ventiladores? (Sí / No)
6. Hace 10 años (2008), tenía Aire Acondicionado / Ventiladores? (Sí / No)
7. Hace 15 años (2003), tenía Aire Acondicionado / Ventiladores? (Sí / No)
8. Los estudiantes que dan la PSU en el colegio, ¿Dan la prueba en salas con Aire Acondicionado / Ventiladores? (Sí / No)
9. Cuando están dando la PSU, ¿Ocupan el Aire Acondicionado / Ventiladores? (Sí / No)

## **Apéndice 2: Decisión de asignación de Temperatura según horarios a PSU**

En esta sección se procede a justificar la elección de asignación de temperaturas para cada prueba del Proceso de Admisión, es decir, que a las pruebas de Ciencias e Historia se les asigna la temperatura máxima del día correspondiente y a las pruebas de Lenguaje y Matemáticas se les asigna la temperatura promedio del día correspondiente.

Recordando que en la PSU, tal como se dijo en la sección de Datos, las pruebas de Ciencias e Historia siempre son durante la tarde (aproximadamente entre las 14:00 y 17:00 horas) y las pruebas de Lenguaje y Matemáticas siempre son durante la mañana (aproximadamente entre las 8:30 y 11:30 horas), se tiene el problema de que los datos de temperatura disponibles no poseen en sus registros la temperatura por hora, sólo poseen la temperatura máxima, promedio y mínimo para cada día. Es por esto que para la decisión de qué temperatura asignar se usan los datos de Weather Underground, que poseen registros de la temperatura por hora para distintas comunas y ciudades del país.<sup>41</sup>

La principal ventaja que tienen los datos de Weather Underground es poder visualizar a través de gráficos la evolución de la temperatura a lo largo del día, las principales desventajas es que los datos disponibles están en mayor medida para fechas muy próximas (por lo cual muchos datos para el periodo 2003-2012 no existen) y que sólo se tienen datos para algunas comunas y ciudades del país (las más pobladas generalmente), por lo cual para muchas de las comunas simplemente no hay datos. Es por esto que los datos de Weather Underground son usados solo para asignar las temperaturas de la base de datos de Berkeley Earth, y no son usados directamente en las regresiones.

Ocupando una pequeña muestra de ciudades y fechas, se puede ver que la temperatura media constantemente se da entre 9:00 y 11:00 horas mientras que la temperatura máxima casi siempre se da entre 14:00 y 17:00 hrs, siendo muchas veces la temperatura entre estas últimas horas no tan variada.

---

<sup>41</sup>Estos datos están disponibles de manera pública en su página web, <https://www.wunderground.com/>

Como ejemplos para este apéndice se tienen: (i) la comuna de Valdivia el 3 de Diciembre de 2017, cuya temperatura máxima es de 24 grados y su temperatura media es de 14 grados, (ii) la comuna de La Serena el 3 de Diciembre de 2016, cuya temperatura máxima es de 20 grados y su temperatura media es de 17 grados y (iii) la comuna de Punta Arenas el 8 de Diciembre de 2008, cuya temperatura máxima es de 14 grados y su temperatura media es de 10 grados. La temperatura por hora para estas ciudades puede verse en las Figuras 14, 15 y 16 respectivamente. Es directo ver a partir del contraste con las figuras para cada ciudad que se respalda lo dicho anteriormente, la temperatura media se da entre las 9:00 y 11:00 horas mientras que la temperatura máxima se da entre las 14:00 y 17:00 horas.

Es por esto, y debido a la imposibilidad de ver la temperatura horaria por comuna para todas las comunas y para todos los años de la muestra, que se decide que es un supuesto razonable asignar la temperatura máxima como la temperatura relevante para las pruebas de Ciencias e Historia y la temperatura media como la temperatura relevante para las pruebas de Lenguaje y Matemáticas.

## Anexo

Cuadro 1: Estadística Descriptiva de Temperatura relacionada a cada prueba

	Promedio	Desv. Estándar Intra Comuna ( <i>Within</i> )
1.- PSU		
Temperatura Promedio del día - Lenguaje	14,64	1,96
Temperatura Promedio del día - Matemáticas	14,53	2,06
Temperatura Máxima del día - Ciencias	23,27	2,20
Temperatura Máxima del día - Historia	22,85	2,37
2.- SIMCE de Octavo Básico		
Temperatura Promedio de los dos días	12,59	1,41
3.- SIMCE de Cuarto Básico		
Temperatura Promedio de los dos días	12,04	1,70

Notas: Este Cuadro presenta estadística descriptiva de la temperatura al momento de cada prueba ocupando la muestra inicial disponible para cada prueba, es decir, 2.414.250 personas para la PSU correspondientes a los Procesos de Admisión 2004-2013, 1.053.960 personas para el SIMCE de octavo básico para las pruebas 2007, 2009, 2011 y 2013; y 2.294.335 personas para el SIMCE de cuarto básico para el periodo 2005-2013.

Cuadro 2: Estadística Descriptiva de base de datos de aire acondicionado y ventilador respecto a los que sí responden la encuesta

Aspecto	Número	Porcentaje de los establecimientos que responden
Total de Establecimientos Sede PSU Proceso 2009 (PSU 2008)	455	-
Establecimientos contactados	440	-
Establecimientos que responden	351	100 %
Tasa de Respuesta	-	79,8 %
Establecimientos con algún tipo de aire acondicionado	14	4,0 %
Establecimientos con algún tipo de ventilador	37	10,5 %
Establecimientos con aire acondicionado o ventilador en "Todas" o "Casi todas" las salas	13	3,7 %
Establecimientos con aire acondicionado o ventilador en "Algunas" o "Pocas" salas	30	8,5 %

Notas: Este Cuadro presenta estadística descriptiva de la base de datos de la encuesta de aire acondicionado y ventilador respecto a aquellos establecimientos que sí respondieron la encuesta; esta encuesta fue elaborada específicamente para esta investigación llevándose a cabo entre Marzo y Mayo de 2018 y usando como base los establecimientos educacionales que fueron sede PSU para el Proceso de Admisión 2009.

Cuadro 3: Estadística Descriptiva de base de datos de aire acondicionado y ventilador respecto a los que no responden la encuesta

Aspecto	Número	Porcentaje de los establecimientos que responden
Total de Establecimientos Sede PSU Proceso 2009 (PSU 2008)	455	-
Establecimientos contactados	440	-
Establecimientos que no responden	89	100 %
Tasa de No Respuesta	-	20,2 %
Teléfono malo	38	42,7 %
No contestan	35	39,3 %
Llamar en otro momento	7	7,9 %
No quiere responder	8	9,0 %

Notas: Este Cuadro presenta estadística descriptiva de la base de datos de la encuesta de aire acondicionado y ventilador respecto a aquellos establecimientos que no respondieron la encuesta; esta encuesta fue elaborada específicamente para esta investigación llevándose a cabo entre Marzo y Mayo de 2018 y usando como base los establecimientos educacionales que fueron sede PSU para el Proceso de Admisión 2009.

Cuadro 4: Efecto de la temperatura del momento en la PSU, análisis por rango de temperatura

	$\beta$ Matemáticas	$\beta$ Lenguaje	$\beta$ Ciencias	$\beta$ Historia
<9	-4,595*** (0,748)	3,820** (1,662)	-3,536 (2,370)	2,895 (2,681)
9-11	-1,897* (1,023)	2,258** (1,086)	-1,369 (1,943)	-1,187 (3,878)
11-13	0,180 (0,456)	2,244*** (0,515)	-0,648 (2,002)	-0,791 (1,166)
13-15	0 (.)	0 (.)	0 (.)	0 (.)
15-17	-0,927* (0,514)	0,719* (0,400)	-2,269** (1,090)	-0,145 (1,108)
17-19	-0,254 (0,431)	0,415 (0,615)	-0,140 (1,205)	-0,926 (1,166)
19-21	-0,840 (0,637)	0,282 (0,665)	-0,560 (1,086)	-2,299** (1,162)
21-23	-3,407 (2,677)	2,192 (2,108)	-2,084* (1,145)	-1,686 (1,128)
23-25			-1,603 (1,250)	-0,409 (1,232)
25-27			-2,453** (1,207)	-2,439** (1,216)
27-29			-1,961 (1,296)	-3,157** (1,318)
29-31			-5,890*** (1,881)	
Observaciones	1211705	1217945	664359	787458

Notas: Este Cuadro presenta el efecto que tiene la temperatura del momento en el rendimiento en cada prueba de la PSU a partir del análisis por rangos de temperatura cada dos grados. Errores estándares agrupados por grupos de comunas entre paréntesis (\* $p < 0,10$  \*\* $p < 0,05$  \*\*\* $p < 0,01$ ). Todas las regresiones controlan por la edad del alumno, distintos aspectos de su situación socioeconómica y notas de enseñanza media normalizadas a nivel de colegio de egreso y tipo de colegio de egreso, además de controlar por efectos fijos de escuela y año.

Cuadro 5: Efecto de la temperatura del momento en cada prueba, forma funcional lineal

	$\beta$ Matemáticas	$\beta$ Lenguaje	$\beta$ Ciencias	$\beta$ Historia
<b>1.- PSU</b>				
Pendiente para T° menor a 14 grados	0,566*** (0,178)	-0,596** (0,238)	0,470 (0,313)	-0,0839 (0,404)
Pendiente para T° mayor a 14 grados	-0,161* (0,0968)	-0,0298 (0,133)	-0,219*** (0,0749)	-0,124 (0,110)
<b>2.- SIMCE Octavo Básico</b>				
Pendiente para T° menor a 10 grados	0,215 (0,668)	0,836 (0,947)	0,404 (0,681)	1,061*** (0,373)
Pendiente para T° mayor a 10 grados	-0,553*** (0,184)	0,289 (0,321)	-0,412* (0,225)	-0,333 (0,214)
<b>3.- SIMCE Cuarto Básico</b>				
Pendiente para T° menor a 14 grados	0,162 (0,132)	0,121 (0,147)	0,400** (0,159)	0,887*** (0,266)
Pendiente para T° mayor a 14 grados	-1,276*** (0,301)	-1,065*** (0,285)	-0,588 (0,498)	-0,892* (0,465)

Notas: Este Cuadro presenta el efecto que tiene la temperatura del momento en el rendimiento en cada prueba de la PSU, SIMCE de octavo básico y SIMCE de cuarto básico, a partir del análisis lineal ocupando los grados de diferencia respecto a la temperatura óptima encontrada para cada prueba. Errores estándares agrupados por grupos de comunas entre paréntesis (\*p<0,10 \*\*p<0,05 \*\*\*p<0,01). Todas las regresiones controlan por la edad del alumno, distintos aspectos de su situación socioeconómica y notas de enseñanza media normalizadas a nivel de colegio y tipo de colegio, además de controlar por efectos fijos de escuela y año.



Cuadro 6: Efecto de la temperatura del momento en la asistencia a la prueba

	$\beta$ Matemáticas	$\beta$ Lenguaje	$\beta$ Ciencias	$\beta$ Historia
<b>1.- PSU</b>				
Pendiente para T° menor a 14 grados	-0,000346 (0,000440)	-0,000641 (0,000511)	-0,00150 (0,00107)	-0,000623 (0,00243)
Pendiente para T° mayor a 14 grados	0,0000549 (0,000504)	-0,000902* (0,000464)	0,000448 (0,000428)	-0,000201 (0,000636)
<b>2.- SIMCE Octavo Básico</b>				
Pendiente para T° menor a 10 grados	-0,00149 (0,000946)	0,000426 (0,00143)	-0,00146 (0,00128)	-0,00183 (0,00118)
Pendiente para T° mayor a 10 grados	-0,00357*** (0,000687)	-0,00499*** (0,000682)	-0,00462*** (0,000648)	-0,000931 (0,000986)
<b>3.- SIMCE Cuarto Básico</b>				
Pendiente para T° menor a 14 grados	0,00164*** (0,000335)	0,00197*** (0,000379)	0,00539*** (0,000885)	-0,000420 (0,000796)
Pendiente para T° mayor a 14 grados	0,00320*** (0,00109)	0,00344*** (0,00110)	0,00921** (0,00441)	-0,000196 (0,000910)

Notas: Este Cuadro presenta el efecto que tiene la temperatura del momento en la asistencia a cada prueba de la PSU, SIMCE de octavo básico y SIMCE de cuarto básico, a partir del análisis lineal ocupando los grados de diferencia respecto a la temperatura óptima encontrada para cada prueba. Errores estándares agrupados por grupos de comunas entre paréntesis (\*p<0,10 \*\*p<0,05 \*\*\*p<0,01). Todas las regresiones controlan por la edad del alumno, distintos aspectos de su situación socioeconómica y notas de enseñanza media normalizadas a nivel de colegio y tipo de colegio, además de controlar por efectos fijos de escuela y año.

Cuadro 7: Efecto de la temperatura del momento en SIMCE de Octavo Básico, análisis por rango de temperatura

	$\beta$ Matemáticas	$\beta$ Lenguaje	$\beta$ Ciencias	$\beta$ Historia
<7	2,418 (1,742)	1,525 (2,157)	1,681 (1,535)	-3,407** (1,613)
7-9	-0,327 (0,795)	-2,857** (1,141)	-0,496 (0,995)	-0,520 (0,606)
9-11	0 (.)	0 (.)	0 (.)	0 (.)
11-13	-0,501 (0,336)	0,0581 (0,573)	-0,512 (0,396)	0,0268 (0,540)
13-15	-1,311** (0,626)	1,675 (1,292)	-1,051 (0,758)	-1,136* (0,644)
15-17	-1,572 (1,079)	2,497 (2,042)	-1,431 (1,201)	-1,439 (1,156)
17-19	-1,779 (2,453)	1,329 (3,238)	-4,071* (2,129)	-1,148 (1,758)
Observaciones	730874	726792	727989	560542

Notas: Este Cuadro presenta el efecto que tiene la temperatura del momento en el rendimiento en cada prueba del SIMCE de octavo básico a partir del análisis por rangos de temperatura cada dos grados. Errores estándares agrupados por grupos de comunas entre paréntesis (\* $p < 0,10$  \*\* $p < 0,05$  \*\*\* $p < 0,01$ ). Todas las regresiones controlan por la edad del alumno, distintos aspectos de su situación socioeconómica y notas de enseñanza media normalizadas a nivel de colegio y tipo de colegio, además de controlar por efectos fijos de escuela y año.

Cuadro 8: Efecto de la temperatura del momento en SIMCE de Cuarto Básico, análisis por rango de temperatura

	$\beta$ Matemáticas	$\beta$ Lenguaje	$\beta$ Ciencias	$\beta$ Historia
<7	-2,498** (0,973)	-1,345 (0,926)	-2,107 (1,511)	-2,463 (2,137)
7-9	-1,033 (0,838)	-0,292 (0,828)	-1,615 (1,374)	-1,422 (2,114)
9-11	-0,670 (0,580)	-0,428 (0,521)	-0,886 (1,108)	-1,165 (1,450)
11-13	-0,0133 (0,393)	0,202 (0,312)	-0,550 (0,711)	0,840 (1,497)
13-15	0 (.)	0 (.)	0 (.)	0 (.)
15-17	-1,389*** (0,431)	-1,160*** (0,392)	-1,113* (0,615)	-0,334 (0,749)
17-19	-2,825 (2,464)	-2,566 (2,461)	-4,057 (2,748)	-2,544 (1,577)
19-21	-4,866* (2,570)	-4,747** (2,040)	-9,207 (6,129)	
Observaciones	1700433	1694913	693060	568756

Notas: Este Cuadro presenta el efecto que tiene la temperatura del momento en el rendimiento en cada prueba del SIMCE de cuarto básico a partir del análisis por rangos de temperatura cada dos grados. Errores estándares agrupados por grupos de comunas entre paréntesis (\* $p < 0,10$  \*\* $p < 0,05$  \*\*\* $p < 0,01$ ). Todas las regresiones controlan por la edad del alumno, distintos aspectos de su situación socioeconómica y notas de enseñanza media normalizadas a nivel de colegio y tipo de colegio, además de controlar por efectos fijos de escuela y año.

Cuadro 9: Efecto de la temperatura del momento en cada prueba, forma funcional lineal para mayores temperaturas para Especificación Alternativa y comparación con Especificación Tradicional

	$\beta$ Especificación Alternativa	$\beta$ Especificación Tradicional	Relación Alternativa / Tradicional
<b>1.- PSU</b>			
Matemáticas	-0,722** (0,313)	-0,161* (0,0968)	4,48
Lenguaje	-0,140 (0,157)	-0,0298 (0,133)	4,70
Ciencias	-0,102 (0,102)	-0,219*** (0,0749)	0,47
Historia	-0,446** (0,185)	-0,124 (0,110)	3,60
<b>2.- SIMCE Octavo Básico</b>			
Matemáticas	-1,207*** (0,238)	-0,553*** (0,184)	2,18
Lenguaje	-0,124 (0,311)	0,289 (0,321)	-0,43
Ciencias	-0,958*** (0,259)	-0,412* (0,225)	2,33
Historia	-0,416 (0,302)	-0,333 (0,214)	1,25
<b>3.- SIMCE Cuarto Básico</b>			
Matemáticas	-0,103 (0,147)	-1,276*** (0,301)	0,08
Lenguaje	-0,108 (0,164)	-1,065*** (0,285)	0,10
Ciencias	0,479 (0,291)	-0,588 (0,498)	-0,81
Historia	0,485 (0,432)	-0,892* (0,465)	-0,54

Notas: Este Cuadro presenta el efecto que tiene la temperatura del momento en el rendimiento en cada prueba de la PSU, SIMCE de octavo básico y SIMCE de cuarto básico, a partir del análisis lineal ocupando los grados de diferencia respecto a la temperatura promedio bajo la cual se rinde cada prueba para cada comuna; además de presentar y comparar con los resultados obtenidos anteriormente de los efectos lineales de mayores temperaturas respecto al óptimo para cada prueba. Errores estándares agrupados por grupos de comunas entre paréntesis (\* $p < 0,10$  \*\* $p < 0,05$  \*\*\* $p < 0,01$ ). Todas las regresiones controlan por la edad del alumno, distintos aspectos de su situación socioeconómica y notas de enseñanza media normalizadas a nivel de colegio y tipo de colegio, además de controlar por efectos fijos de escuela y año.

Cuadro 10: Evaluación de Efecto Mitigador en SIMCE de Octavo Básico

	$\beta$ Matemáticas	$\beta$ Lenguaje	$\beta$ Ciencias
Pendiente para T° mayor a 10 grados	-0,399 (0,714)	-0,620 (0,436)	-0,495 (0,370)
Interacción con <i>Dummy</i> de si tiene Aire Acondicionado o Ventilador	0,0890 (2,732)	1,586 (3,338)	0,819 (1,981)
Observaciones	55270	55018	55021

Notas: Este Cuadro presenta la evaluación del efecto mitigador que tiene la posesión de aire acondicionado y/o ventiladores en los colegios en el efecto de la temperatura del momento en el rendimiento en las pruebas de Matemáticas, Lenguaje y Ciencias del SIMCE de octavo básico. Errores estándares agrupados por grupos de comunas entre paréntesis (\*p<0,10 \*\*p<0,05 \*\*\*p<0,01). Todas las regresiones controlan por la edad del alumno, distintos aspectos de su situación socioeconómica y notas de enseñanza media normalizadas a nivel de colegio y tipo de colegio, además de controlar por efectos fijos de escuela y año.

Cuadro 11: Efecto de 1 día más de T° en cada PSU

	$\beta$ Matemáticas	$\beta$ Lenguaje	$\beta$ Ciencias	$\beta$ Historia
<9	-0,0492** (0,0222)	-0,0472** (0,0238)	-0,000184 (0,0196)	-0,0582** (0,0270)
9-11	-0,0427* (0,0237)	-0,0795*** (0,0250)	-0,0218 (0,0213)	-0,0817** (0,0324)
11-13	0 (.)	0 (.)	0 (.)	0 (.)
13-15	-0,0524** (0,0209)	-0,0506** (0,0241)	-0,00625 (0,0258)	-0,0839*** (0,0276)
15-17	-0,0519* (0,0292)	-0,0990*** (0,0320)	-0,0220 (0,0265)	-0,0638** (0,0248)
17-19	-0,0190 (0,0264)	-0,0358 (0,0282)	-0,0115 (0,0398)	-0,0731** (0,0297)
>19	-0,112** (0,0520)	-0,0886* (0,0480)	-0,0633* (0,0352)	-0,0400 (0,0589)
Observaciones	1491197	1499627	811984	973457

Notas: Este Cuadro presenta el efecto de largo plazo que tiene un día más con temperatura en rangos de dos grados en el rendimiento en cada prueba de la PSU. Errores estándares agrupados por grupos de comunas entre paréntesis (\* $p < 0,10$  \*\* $p < 0,05$  \*\*\* $p < 0,01$ ). Todas las regresiones controlan por la edad del alumno y efectos fijos de escuela y año.

Cuadro 12: Efecto de 1 día más de T° en SIMCE de Octavo Básico

	$\beta$ Matemáticas	$\beta$ Lenguaje	$\beta$ Ciencias	$\beta$ Historia
<9	-0,0151 (0,0309)	-0,144** (0,0665)	-0,0473 (0,0382)	-0,00155 (0,0253)
9-11	0,0250 (0,0163)	-0,0291 (0,0424)	0,0261 (0,0203)	0,0546** (0,0232)
11-13	-0,0399* (0,0226)	-0,0694* (0,0354)	-0,0606** (0,0286)	-0,0182 (0,0153)
13-15	0 (.)	0 (.)	0 (.)	0 (.)
15-17	-0,0994*** (0,0350)	-0,109* (0,0574)	-0,113*** (0,0353)	-0,0222 (0,0196)
17-19	-0,0667 (0,0453)	-0,0695 (0,0549)	-0,0781 (0,0515)	-0,0249 (0,0287)
>19	-0,148*** (0,0560)	-0,155** (0,0706)	-0,134** (0,0673)	0,0185 (0,0381)
Observaciones	799706	795355	796606	614530

Notas: Este Cuadro presenta el efecto de largo plazo que tiene un día más con temperatura en rangos de dos grados en el rendimiento en cada prueba del SIMCE de octavo básico. Errores estándares agrupados por grupos de comunas entre paréntesis (\* $p < 0,10$  \*\* $p < 0,05$  \*\*\* $p < 0,01$ ). Todas las regresiones controlan por la edad del alumno y efectos fijos de escuela y año.

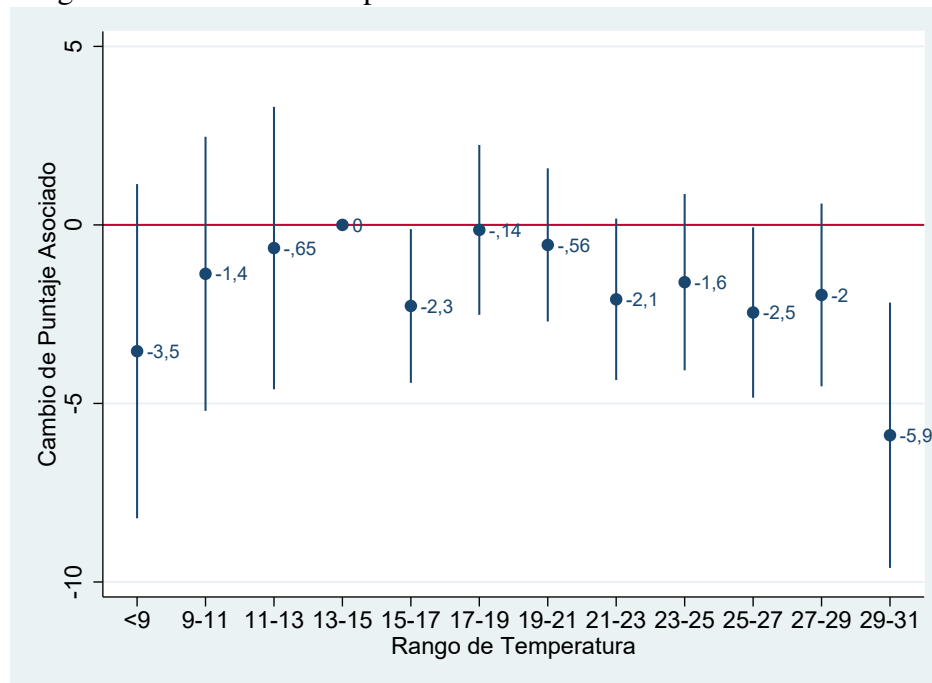
Cuadro 13: Efecto de 1 día más de T° en SIMCE de Cuarto Básico

	$\beta$ Matemáticas	$\beta$ Lenguaje	$\beta$ Ciencias	$\beta$ Historia
<9	-0,0140 (0,0247)	-0,00321 (0,0215)	-0,0410 (0,0417)	-0,111** (0,0489)
9-11	-0,0143 (0,0170)	-0,0381*** (0,0106)	0,0253 (0,0326)	0,0473 (0,0354)
11-13	-0,0431** (0,0178)	-0,0416*** (0,0137)	-0,0423* (0,0231)	0,00627 (0,0337)
13-15	0 (.)	0 (.)	0 (.)	0 (.)
15-17	-0,0302 (0,0323)	-0,0345* (0,0205)	-0,0182 (0,0433)	-0,00682 (0,0641)
17-19	-0,0741* (0,0423)	-0,0651** (0,0265)	-0,0141 (0,0505)	0,0187 (0,0396)
>19	0,0564 (0,0554)	0,0224 (0,0541)	-0,0935* (0,0539)	0,163 (0,103)
Observaciones	1803597	1797939	737855	605162

Notas: Este Cuadro presenta el efecto de largo plazo que tiene un día más con temperatura en rangos de dos grados en el rendimiento en cada prueba del SIMCE de cuarto básico. Errores estándares agrupados por grupos de comunas entre paréntesis (\* $p < 0,10$  \*\* $p < 0,05$  \*\*\* $p < 0,01$ ). Todas las regresiones controlan por la edad del alumno y efectos fijos de escuela y año.

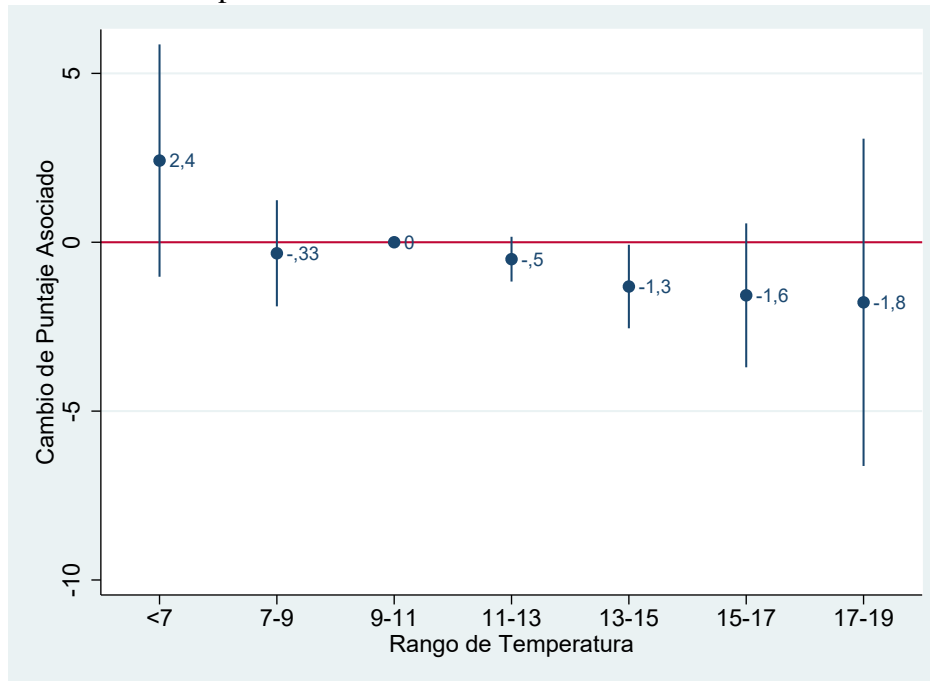


Figura 1: Efecto de la temperatura del momento en la PSU de Ciencias



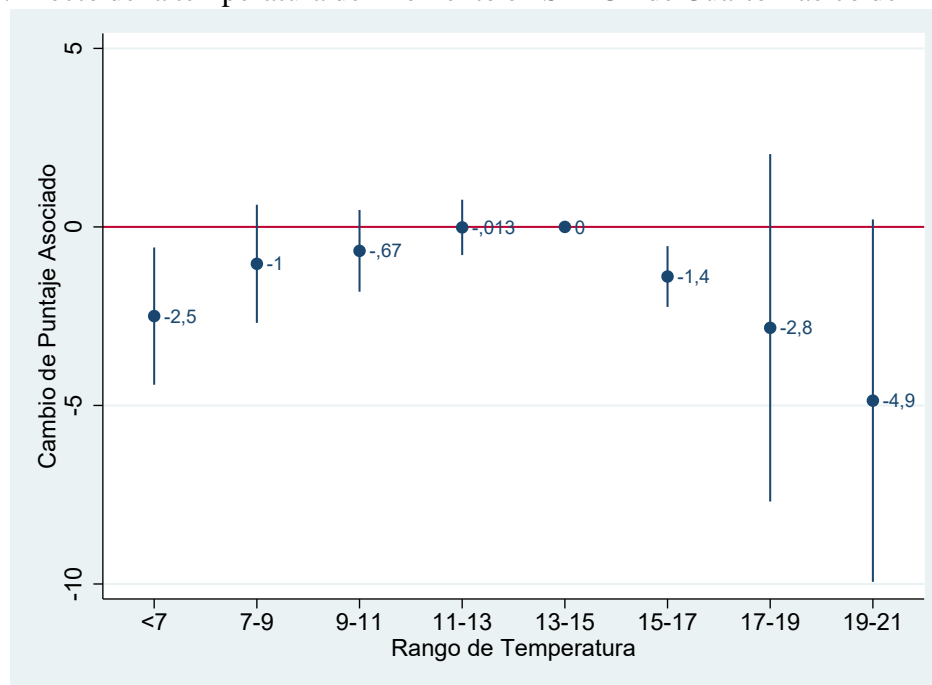
Notas: Esta Figura presenta el efecto que tiene la temperatura del momento en el rendimiento de la prueba PSU de Ciencias a partir del análisis por rangos de temperatura cada dos grados con intervalos de confianza al 95 por ciento. Errores estándares agrupados por grupos de comunas. La regresión controla por la edad del alumno, distintos aspectos de su situación socioeconómica y notas de enseñanza media normalizadas a nivel de colegio de egreso y tipo de colegio de egreso, además de controlar por efectos fijos de escuela y año.

Figura 2: Efecto de la temperatura del momento en SIMCE de Octavo Básico de Matemáticas



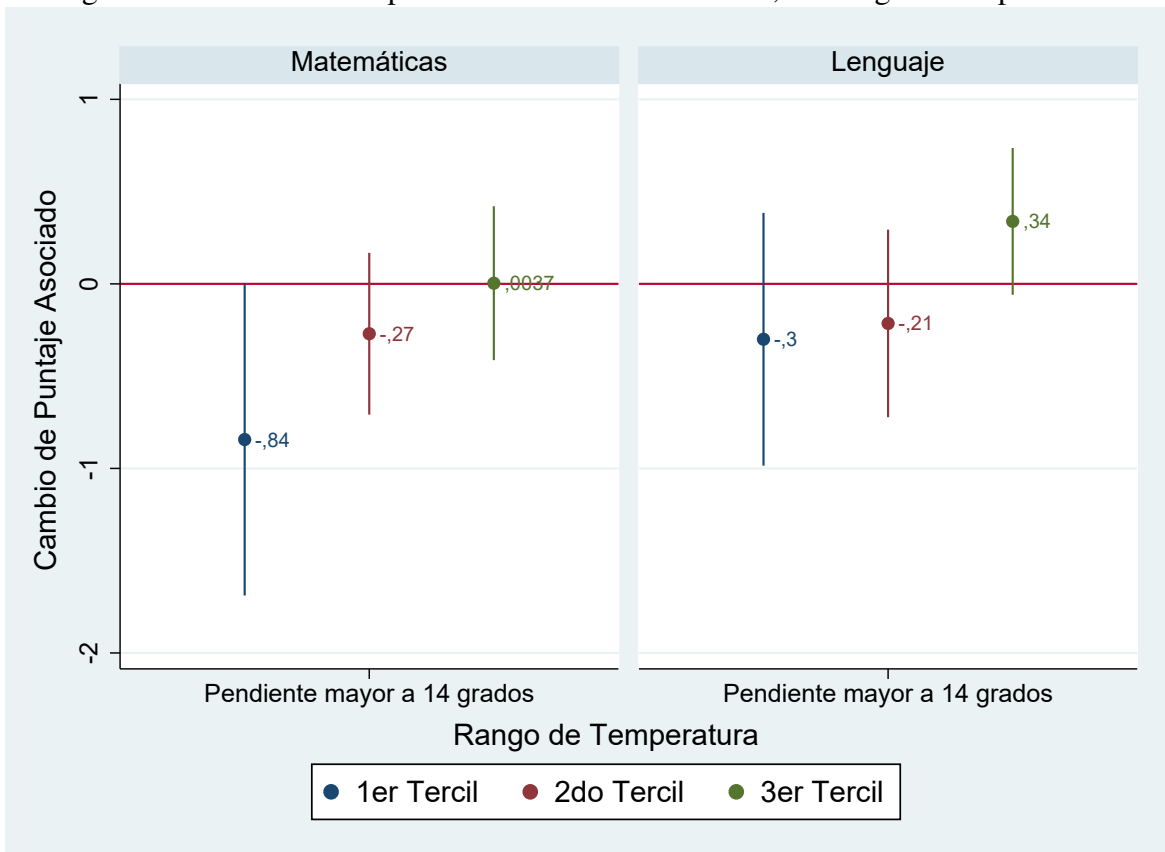
Notas: Esta Figura presenta el efecto que tiene la temperatura del momento en el rendimiento de la prueba SIMCE de octavo básico de Matemáticas a partir del análisis por rangos de temperatura cada dos grados con intervalos de confianza al 95 por ciento. Errores estándares agrupados por grupos de comunas. La regresión controla por la edad del alumno, distintos aspectos de su situación socioeconómica y notas de enseñanza media normalizadas a nivel de colegio de egreso y tipo de colegio de egreso, además de controlar por efectos fijos de escuela y año.

Figura 3: Efecto de la temperatura del momento en SIMCE de Cuarto Básico de Matemáticas



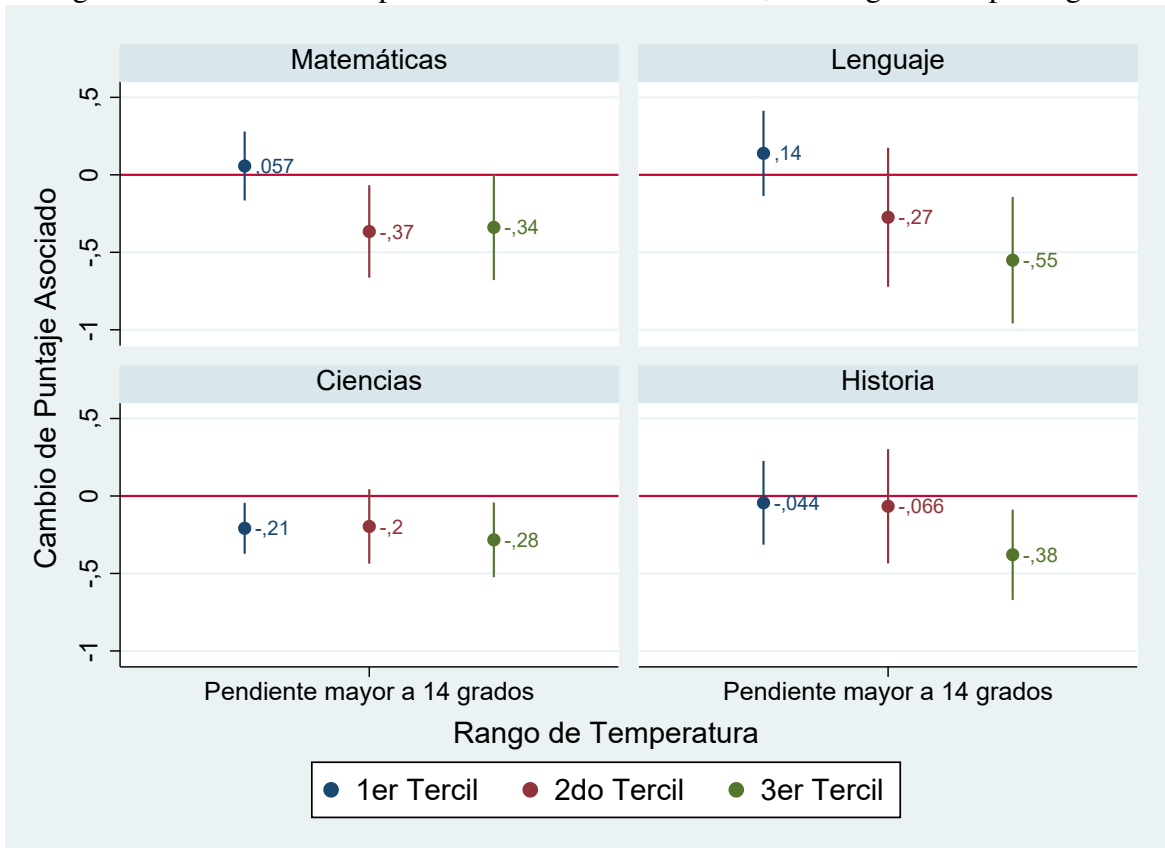
Notas: Esta Figura presenta el efecto que tiene la temperatura del momento en el rendimiento de la prueba SIMCE de cuarto básico de Matemáticas a partir del análisis por rangos de temperatura cada dos grados con intervalos de confianza al 95 por ciento. Errores estándares agrupados por grupos de comunas. La regresión controla por la edad del alumno, distintos aspectos de su situación socioeconómica y notas de enseñanza media normalizadas a nivel de colegio de egreso y tipo de colegio de egreso, además de controlar por efectos fijos de escuela y año.

Figura 4: Efecto de la temperatura del momento en PSU, Heterogeneidad por Clima



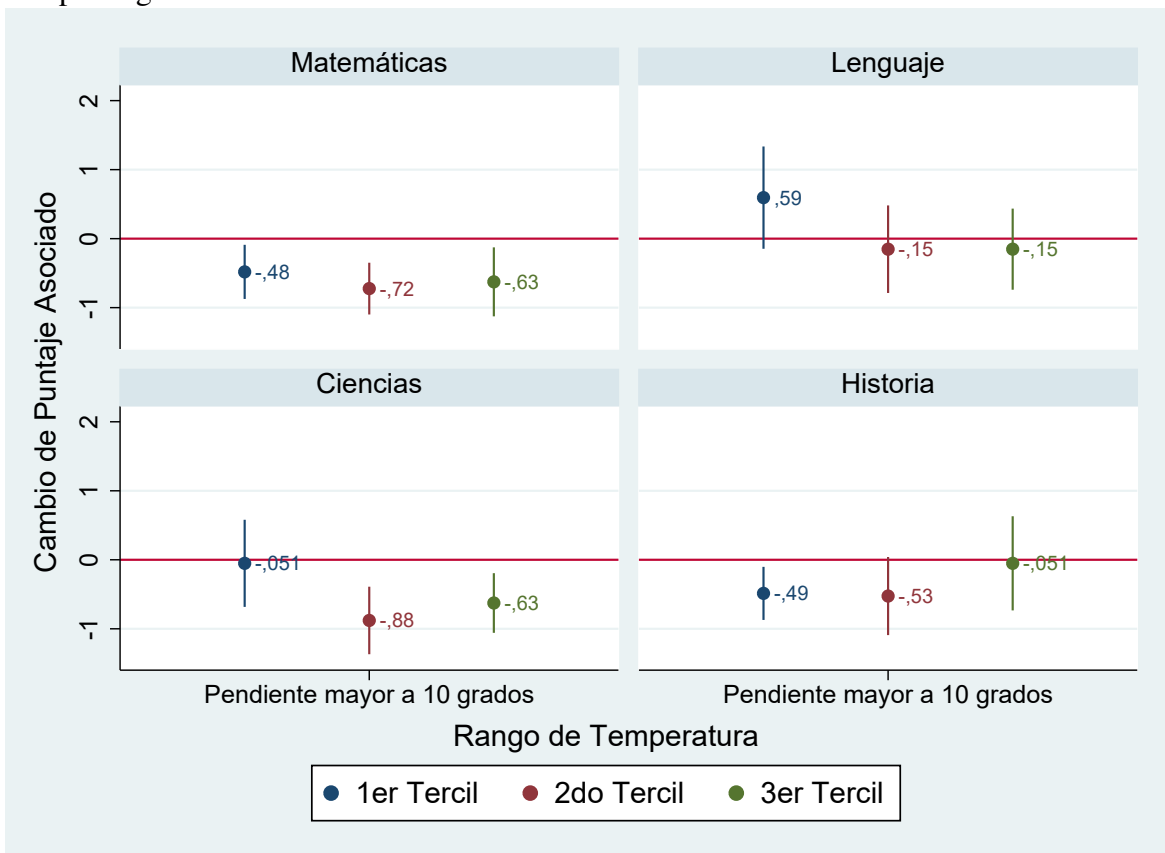
Notas: Esta Figura presenta el efecto que tiene una mayor temperatura del momento en el rendimiento en las pruebas PSU de Matemáticas y de Lenguaje a partir del análisis lineal por sobre los 14 grados diferenciando el efecto por climas. Se presentan intervalos de confianza al 95 por ciento. Errores estándares agrupados por grupos de comunas. La regresión controla por la edad del alumno, distintos aspectos de su situación socioeconómica y notas de enseñanza media normalizadas a nivel de colegio de egreso y tipo de colegio de egreso, además de controlar por efectos fijos de escuela y año.

Figura 5: Efecto de la temperatura del momento en PSU, Heterogeneidad por Ingreso



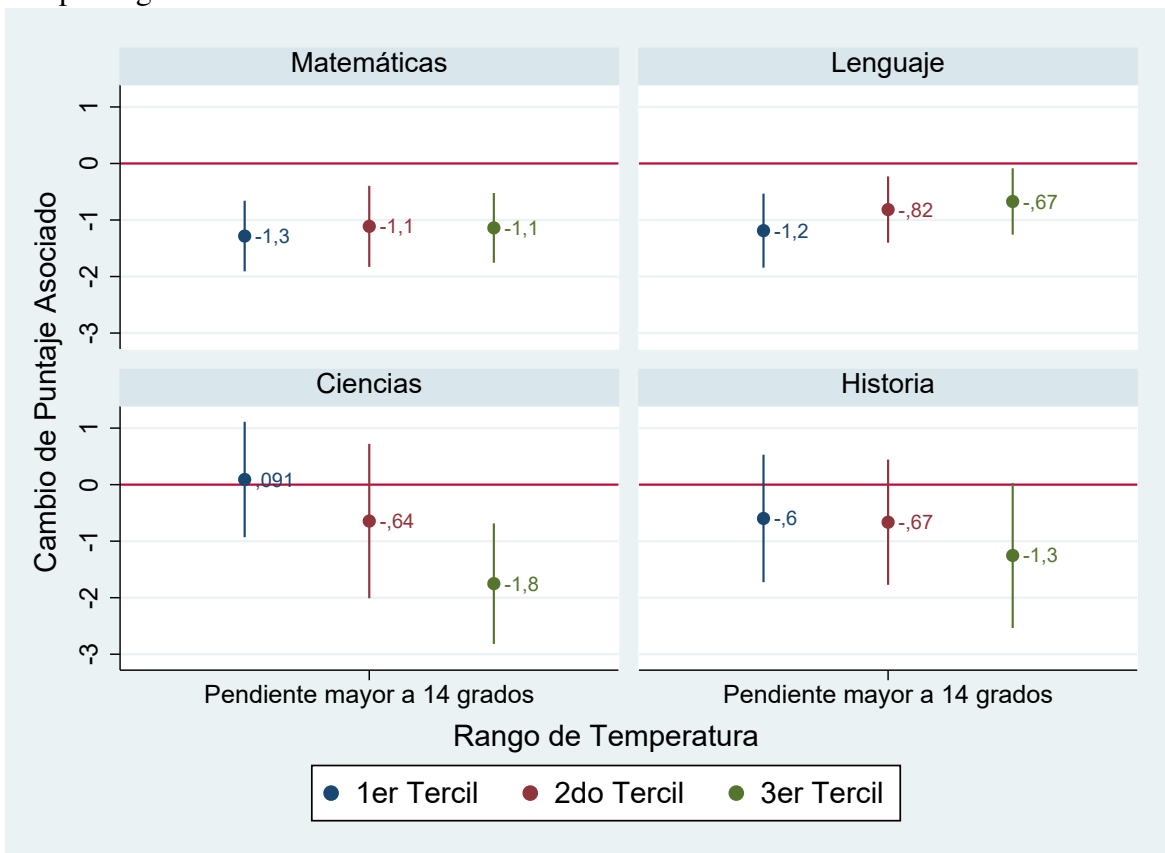
Notas: Esta Figura presenta el efecto que tiene una mayor temperatura del momento en el rendimiento en las pruebas PSU a partir del análisis lineal por sobre los 14 grados diferenciando el efecto por ingreso familiar. Se presentan intervalos de confianza al 95 por ciento. Errores estándares agrupados por grupos de comunas. La regresión controla por la edad del alumno, distintos aspectos de su situación socioeconómica y notas de enseñanza media normalizadas a nivel de colegio de egreso y tipo de colegio de egreso, además de controlar por efectos fijos de escuela y año.

Figura 6: Efecto de la temperatura del momento en SIMCE de Octavo Básico, Heterogeneidad por Ingreso



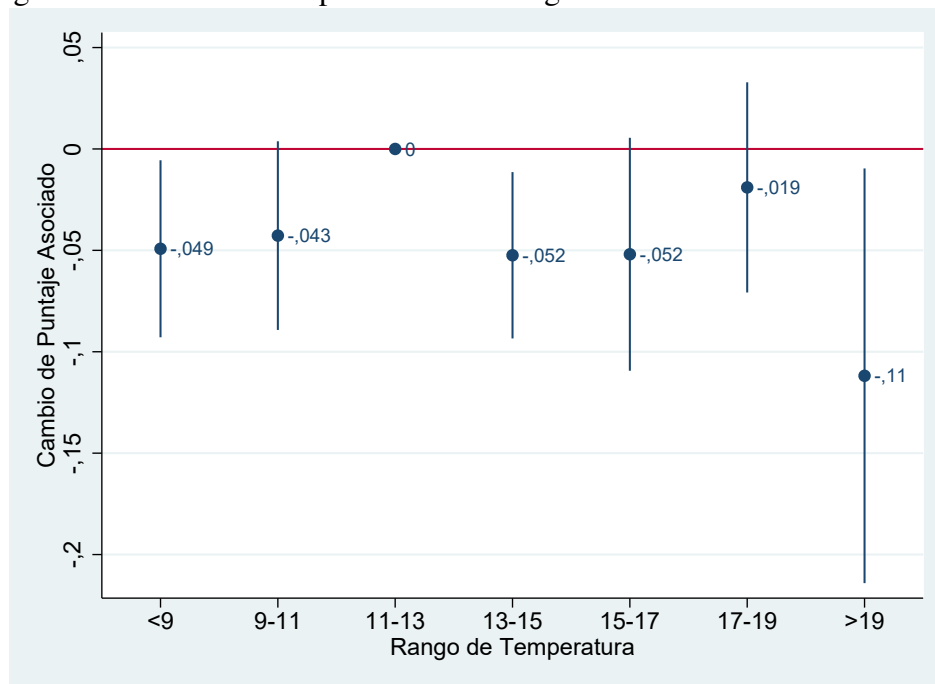
Notas: Esta Figura presenta el efecto que tiene una mayor temperatura del momento en el rendimiento en las pruebas SIMCE de octavo básico a partir del análisis lineal por sobre los 10 grados diferenciando el efecto por ingreso familiar. Se presentan intervalos de confianza al 95 por ciento. Errores estándares agrupados por grupos de comunas. La regresión controla por la edad del alumno, distintos aspectos de su situación socioeconómica y notas de enseñanza media normalizadas a nivel de colegio de egreso y tipo de colegio de egreso, además de controlar por efectos fijos de escuela y año.

Figura 7: Efecto de la temperatura del momento en SIMCE de Cuarto Básico, Heterogeneidad por Ingreso



Notas: Esta Figura presenta el efecto que tiene una mayor temperatura del momento en el rendimiento en las pruebas SIMCE de cuarto básico a partir del análisis lineal por sobre los 14 grados diferenciando el efecto por ingreso familiar. Se presentan intervalos de confianza al 95 por ciento. Errores estándares agrupados por grupos de comunas. La regresión controla por la edad del alumno, distintos aspectos de su situación socioeconómica y notas de enseñanza media normalizadas a nivel de colegio de egreso y tipo de colegio de egreso, además de controlar por efectos fijos de escuela y año.

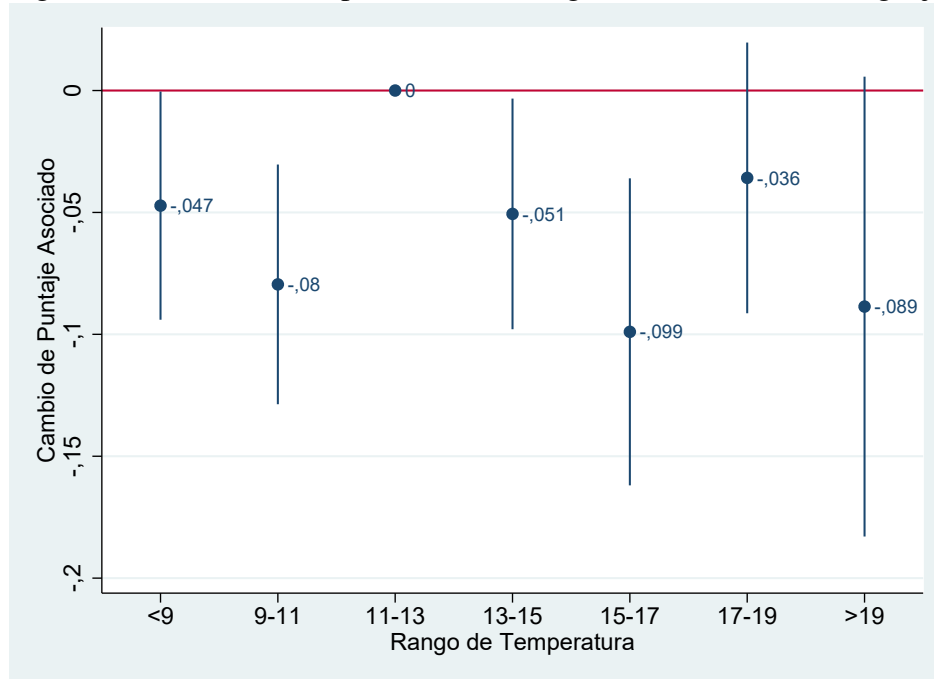
Figura 8: Efecto de la temperatura en el Largo Plazo en PSU de Matemáticas



Notas: Esta Figura presenta el efecto de largo plazo que tiene un día más con temperatura en rangos de dos grados en el rendimiento en la prueba PSU de Matemáticas con intervalos de confianza al 95 por ciento. Errores estándares agrupados por grupos de comunas. La regresión controla por la edad del alumno y efectos fijos de escuela y año.

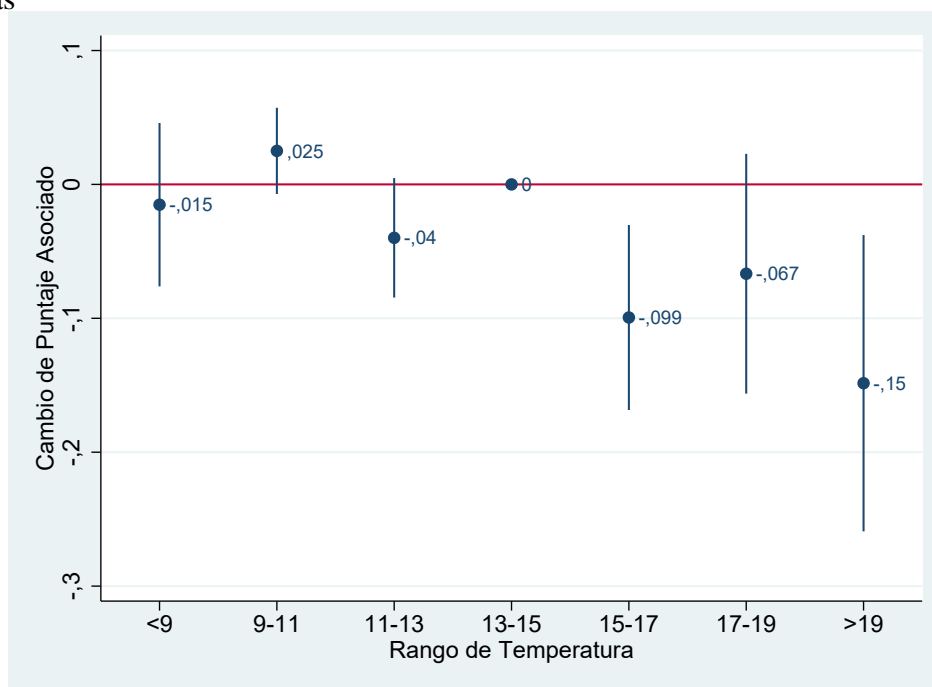


Figura 9: Efecto de la temperatura en el Largo Plazo en PSU de Lenguaje



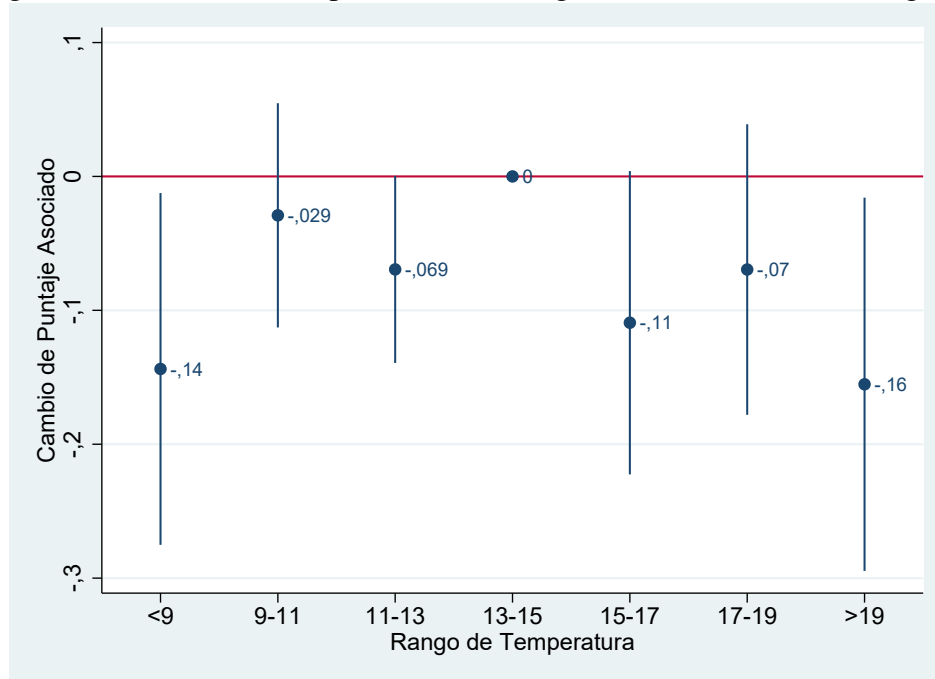
Notas: Esta Figura presenta el efecto de largo plazo que tiene un día más con temperatura en rangos de dos grados en el rendimiento en la prueba PSU de Lenguaje con intervalos de confianza al 95 por ciento. Errores estándares agrupados por grupos de comunas. La regresión controla por la edad del alumno y efectos fijos de escuela y año.

Figura 10: Efecto de la temperatura en el Largo Plazo en SIMCE de Octavo Básico de Matemáticas



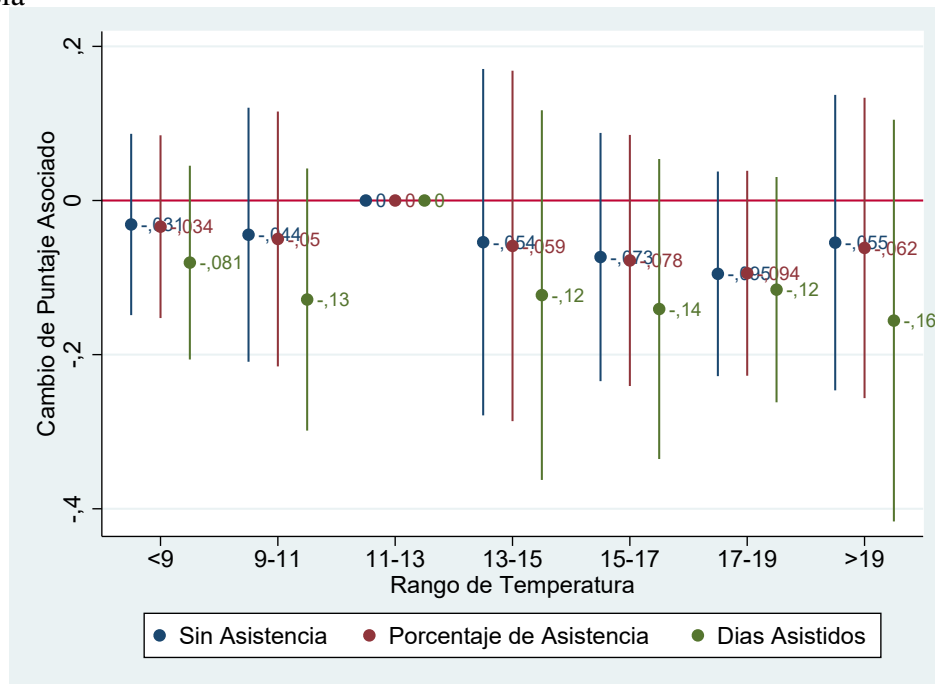
Notas: Esta Figura presenta el efecto de largo plazo que tiene un día más con temperatura en rangos de dos grados en el rendimiento en la prueba SIMCE de octavo básico de Matemáticas con intervalos de confianza al 95 por ciento. Errores estándares agrupados por grupos de comunas. La regresión controla por la edad del alumno y efectos fijos de escuela y año.

Figura 11: Efecto de la temperatura en el Largo Plazo en SIMCE de Lenguaje



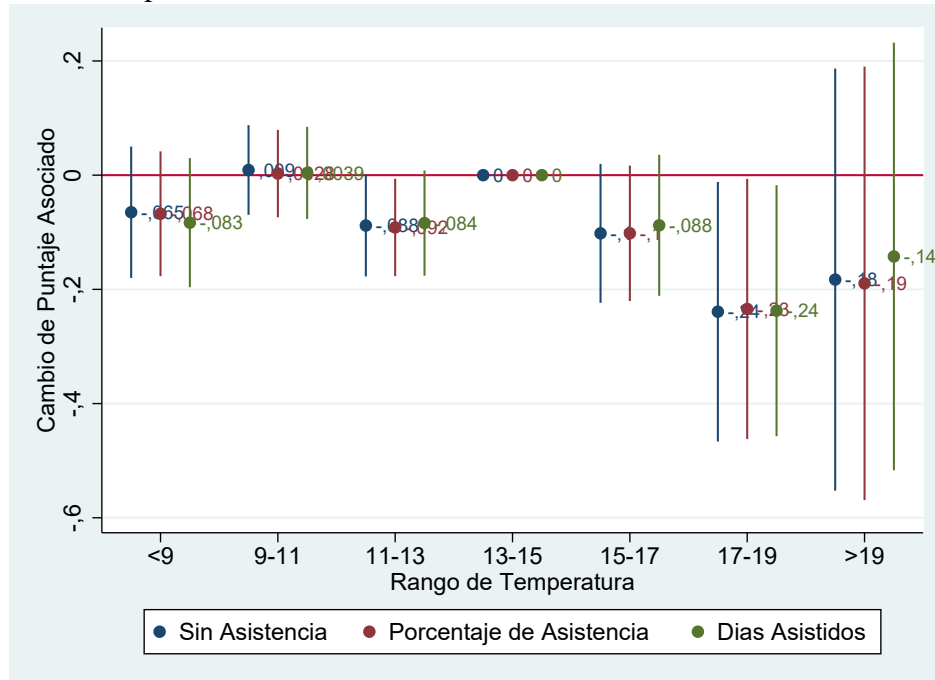
Notas: Esta Figura presenta el efecto de largo plazo que tiene un día más con temperatura en rangos de dos grados en el rendimiento en la prueba SIMCE de octavo básico de Lenguaje con intervalos de confianza al 95 por ciento. Errores estándares agrupados por grupos de comunas. La regresión controla por la edad del alumno y efectos fijos de escuela y año.

Figura 12: Efecto de la temperatura en el Largo Plazo en PSU de Lenguaje, Controlando por Asistencia



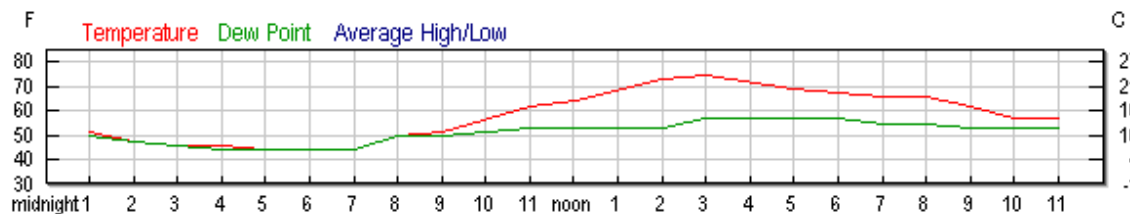
Notas: Esta Figura presenta el efecto de largo plazo que tiene un día más con temperatura en rangos de dos grados en el rendimiento en la prueba PSU de Lenguaje ocupando tres formas funcionales: la primera presenta resultados sin controlar por asistencia, la segunda controla por el porcentaje de asistencia anual y la tercera controla por el total de días asistidos del alumno. Se presentan intervalos de confianza al 95 por ciento. Errores estándares agrupados por grupos de comunas. Todas las regresiones controlan por la edad del alumno y tienen efectos fijos de escuela y año.

Figura 13: Efecto de la temperatura en el Largo Plazo en SIMCE de Octavo Básico de Lenguaje, Controlando por Asistencia



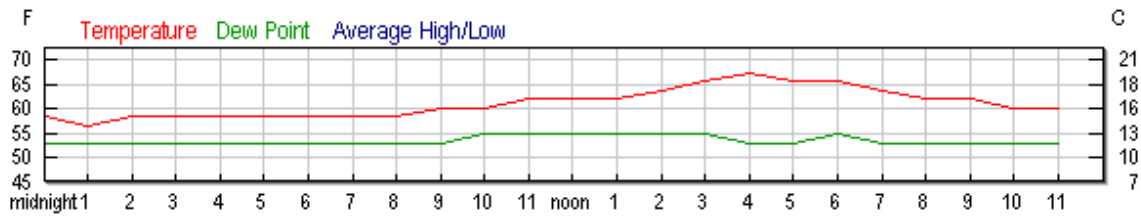
Notas: Esta Figura presenta el efecto de largo plazo que tiene un día más con temperatura en rangos de dos grados en el rendimiento en la prueba SIMCE de octavo básico de Lenguaje ocupando tres formas funcionales: la primera presenta resultados sin controlar por asistencia, la segunda controla por el porcentaje de asistencia anual y la tercera controla por el total de días asistidos del alumno. Se presentan intervalos de confianza al 95 por ciento. Errores estándares agrupados por grupos de comunas. Todas las regresiones controlan por la edad del alumno y tienen efectos fijos de escuela y año.

Figura 14: Temperatura por hora - Valdivia



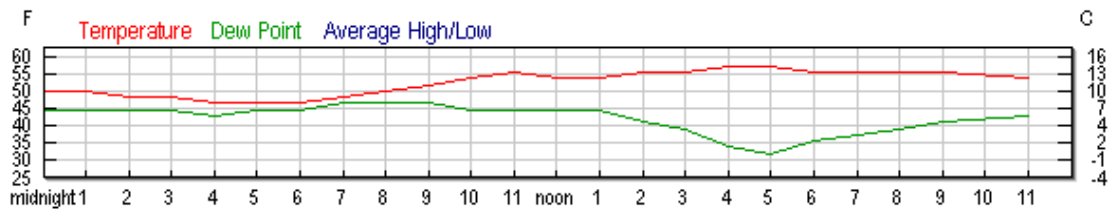
Notas: Esta Figura presenta la temperatura por hora para la ciudad de Valdivia para el día 3 de Diciembre de 2017. Fuente: <https://www.wunderground.com/>

Figura 15: Temperatura por hora - La Serena



Notas: Esta Figura presenta la temperatura por hora para la ciudad de La Serena para el día 3 de Diciembre de 2016. Fuente: <https://www.wunderground.com/>

Figura 16: Temperatura por hora - Punta Arenas



Notas: Esta Figura presenta la temperatura por hora para la ciudad de Punta Arenas para el día 3 de Diciembre de 2008. Fuente: <https://www.wunderground.com/>