

Ciencias del clima en la escuela secundaria: resultados de una encuesta sobre el uso de aplicaciones de predicción meteorológica

Climate science in secondary school: results of a survey on the use of weather forecasting applications

M. Eugenia Seoane¹, Irene Arriasecq^{1,2}, Ileana M. Greca³ y Agustín Adúriz-Bravo^{2,4}

¹ECienTec-CIC-Departamento de Formación Docente. Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

²CONICET

³Universidad de Burgos, España.

⁴CeFIEC-Instituto de Investigaciones Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

*E-mail: mseoane@exa.unicen.edu.ar

Resumen

Este trabajo forma parte de una investigación doctoral cuyo objetivo es discutir aspectos de la naturaleza de la ciencia en el contexto del estudio de fenómenos climáticos severos con el propósito de promover alfabetización científica. Se examinan resultados obtenidos mediante una encuesta implementada en una escuela secundaria pública en torno a cuál es la información más relevante cuando se consultan aplicaciones de pronóstico del tiempo. Se proponen preguntas sobre la confiabilidad de la información, los modelos climáticos que proveen la información en las aplicaciones meteorológicas, etc. Los resultados de la encuesta respondida por estudiantes, padres y docentes muestran que las personas confían en determinados aspectos del pronóstico del tiempo, como la previsión a 5 días, pero no confían en la previsión a una hora, no tienen ideas científicamente sólidas sobre las simulaciones computacionales, y desconocen la procedencia y naturaleza de la información que reciben diariamente. Consideramos que resulta necesario, en secundaria, profundizar en estos aspectos para que los estudiantes, al ejercer ciudadanía, puedan tomar decisiones fundamentadas en previsiones y eviten exponerse a riesgos.

Palabras clave: ciencias del clima, escuela secundaria, aplicaciones para el pronóstico del tiempo, alfabetización científica

Abstract

This work is part of a doctoral research whose objective is to discuss aspects of the nature of science in the context of the study of severe climatic phenomena with the purpose of promoting scientific literacy. Results obtained through a survey implemented in a public secondary school are examined regarding what is the most relevant information when consulting weather forecast applications. Questions are proposed about the reliability of the information, the climate models that provide the information in meteorological applications, etc. The results of the survey answered by students, parents and teachers show that people trust certain aspects of the weather forecast, such as the 5-day forecast, but do not trust the one-hour forecast, they do not have scientifically sound ideas about the simulations computational, and they do not know the origin and nature of the information they receive

daily. We consider that it is necessary, in high school, to deepen these aspects so that students, when exercising citizenship, can make decisions based on forecasts and avoid exposing themselves to risks.

Keywords: climate science, high school, weather forecast apps, scientific literacy

I. INTRODUCCIÓN

En la ciencia del clima, y más específicamente en el estudio de los fenómenos climáticos severos, se usan supercomputadoras sofisticadas. La simulación de fenómenos climáticos es un trabajo complejo, dado que son muchas las variables involucradas; las ecuaciones que modelan estos fenómenos (muchas de ellas altamente aproximadas) son difíciles de resolver de forma analítica. Además, en el estudio de estas problemáticas de magnitud global se requiere, simultáneamente, de respuestas locales y de otras más generales que forman parte de cuestiones complejas como el desarrollo económico, el crecimiento demográfico, entre otros. Sin embargo, estos aspectos no son discutidos en los diseños curriculares para la enseñanza de las ciencias en los distintos niveles educativos. Tampoco se aborda la actividad que realizan los científicos para comprender los fenómenos climáticos a partir del uso de las simulaciones computacionales, qué conocimiento es producido, cuál es su validez y cuáles las implicancias de los resultados tanto para la ciencia como para la sociedad, así como la forma en que los resultados llegan a las discusiones de la agenda política.

La discusión de problemáticas que consideren fenómenos climáticos severos, tanto regionales como locales, estudiados por la comunidad científica debería formar parte de un trabajo más amplio en la escuela secundaria. En ese nivel, el abordaje de fenómenos climáticos severos no debería reducirse a la mera comprensión de conceptos y fenómenos aislados, sino que se tendría que apuntar a que los estudiantes puedan integrar conocimientos de distintas disciplinas para comprenderlos y para poder tomar decisiones fundamentadas. Esto constituye un aspecto central de la alfabetización científica y su desarrollo es crucial.

Las simulaciones computacionales ocupan un lugar fundamental en las ciencias del clima, ya sea porque son usadas como una herramienta para el desarrollo de las teorías o como una nueva forma de producir conocimiento empírico. El cambio provocado en la actividad científica por el uso de las computadoras estaba en un principio relacionado con la implementación más rápida y efectiva de la pesada tarea de cálculo. Sin embargo, la complejidad alcanzada hoy en día en el desarrollo de las simulaciones computacionales y la gran variedad de técnicas asociadas a ellas ponen de manifiesto que es demasiado simplificado hablar de simulaciones computacionales como cálculos para obtener resultados de las ecuaciones que modelan un fenómeno. Los modelos meteorológicos que utilizan simulaciones computacionales contribuyen en la generación de predicciones necesarias para informar a la población y alimentar la discusión política para la toma de decisiones. Los modelos construidos para el estudio de fenómenos climáticos severos a partir del uso de simulaciones computacionales han proporcionado un medio clave para la interacción entre comunidades científicas, con diferentes conjuntos de datos y métodos que sirven como guías heurísticas tanto para investigadores como para responsables políticos.

Actualmente las tecnologías de la comunicación permiten que los ciudadanos tengan acceso a dispositivos móviles y, por medio de estos, a aplicaciones para el pronóstico del tiempo. Las aplicaciones diseñadas para el pronóstico del tiempo utilizan datos de diversos modelos computacionales meteorológicos. Los resultados que arrojan estos modelos proporcionan información que es utilizada en dichas aplicaciones. Por lo tanto, las personas consideran relevante conocer la información que prestan las aplicaciones meteorológicas para poder planificar en consecuencia.

En el presente estudio se muestran los resultados de la implementación de una encuesta elaborada con el objetivo de analizar el uso que dan personas de diferentes edades y nivel de estudios alcanzado a las aplicaciones para el pronóstico del tiempo. En este análisis se contempló el tipo de información más buscado de manera rutinaria, las fuentes que se utilizan para la búsqueda y los usos que se da a lo que se obtiene. También se focalizó en cuestiones de confiabilidad, en cómo y para qué se construyen los modelos climáticos cuyos resultados forman parte de la información que se trasmite en las aplicaciones para el pronóstico del tiempo, entre otros aspectos.

Los resultados obtenidos en esta encuesta serán considerados, a futuro, para el diseño, implementación y evaluación de una propuesta didáctica que permita discutir en clase aspectos de la naturaleza de la ciencia evidenciados en el estudio de los fenómenos climáticos severos a partir de las simulaciones computacionales. El objetivo de tal propuesta sería el de analizar críticamente las aplicaciones informáticas con el objetivo de contribuir a la formación de ciudadanos científicamente alfabetizados.

II. LAS APLICACIONES SOBRE EL TIEMPO METEOROLÓGICO COMO MEDIADORAS ENTRE LA SIMULACIÓN COMPUTACIONAL Y LA INFORMACIÓN QUE MANEJAN LOS CIUDADANOS

Las simulaciones computacionales permiten la investigación científica y la experimentación con sistemas complejos. Los científicos experimentan con sistemas terrestres modelados para comprender cómo las actividades humanas pueden alterar el clima global, así como sus procesos naturales y sociales asociados (Lahnsen, 2005). Los modelos climáticos computacionales se están utilizando no solo para comprender el sistema terrestre, sino también para proporcionar información para las decisiones políticas. Las decisiones políticas y económicas de un país dependen parcialmente de las opciones elegidas en función de los resultados de estos modelos (Gettelman y Rood, 2016).

Esto nos lleva a la necesidad de diferenciar los conceptos de “tiempo” y “clima”. En la actualidad se utilizan las palabras “tiempo” y “clima” para referirse a un pronóstico diario o a las condiciones meteorológicas presentes, a pesar de que su significado es muy distinto. Se define el *tiempo* como las condiciones meteorológicas en un momento y lugar determinado. Es decir, nuestro conocimiento de las condiciones atmosféricas (temperatura, humedad, presión, nubosidad, etc.) en un determinado momento. El tiempo atmosférico cambia rápidamente al variar estos parámetros. Así pues, el tiempo traduce algo que es instantáneo, cambiante y, en cierto modo, irreplicable. En general, los pronósticos meteorológicos que se comunican en la televisión, en internet o en la radio son del tiempo, no del clima. El clima, en cambio, supone una información enfocada a un período de tiempo más extenso, de unas tres décadas como mínimo. Por ejemplo, “el clima de la región es subtropical, tiene muchas precipitaciones durante la temporada de verano”.

Actualmente hay una amplia gama de aplicaciones meteorológicas disponibles para dispositivos móviles. Esto ha producido un crecimiento significativo en la cantidad de personas que descargan estas aplicaciones y acceden a las previsiones meteorológicas de esta manera (Zabini, 2016). La mayoría de las aplicaciones meteorológicas muestran la información del pronóstico del tiempo de una manera “multimodal”. El pronóstico se muestra a partir de diferentes tipos de representación, como tablas, símbolos, mapas, diagramas y texto escrito, donde cada información es complementaria (Zabini, 2016). Los teléfonos inteligentes modernos poseen una capacidad computacional sustancial y la mayoría realiza un seguimiento de su ubicación, ya sea utilizando la triangulación de la torre celular o el Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Dicha información de posición permite que los teléfonos inteligentes puedan descargar y mostrar la información meteorológica relevante para su entorno, incluidas las advertencias o alertas, además de pronósticos específicos para determinada ubicación.

Al igual que tiempo y clima hacen referencia a diferentes conceptos, los pronósticos de estos también son diferentes. Los *pronósticos climáticos* realizan previsiones sobre las condiciones medias esperadas para un período extenso, y no contemplan los eventos singulares, como son las olas de calor o frío, las precipitaciones extremas en pocas horas, la intensidad de sistemas frontales o las variaciones de corta duración en las temperaturas. Cuando se lee sobre un pronóstico climático, la información que se brinda es el comportamiento de las variables respecto de los promedios climáticos. Por ejemplo, se espera que una primavera sea más o menos lluviosa que lo “normal”. Lo “normal” son los promedios de los grandes períodos de tiempo, o sea, lo que define el clima de una región. En el pronóstico del tiempo, por su parte, se necesita conocer el estado actual del sistema y tener un modelo para proyectarlo hacia adelante (Gettelman y Rood, 2016).

Uno de los aspectos que los ciudadanos deberían tener en cuenta para tomar decisiones fundamentadas es comprender cómo se elabora un pronóstico del tiempo. Para Carolina Vera¹:

En la elaboración del pronóstico del tiempo se parte del conocimiento del estado vigente de la atmósfera en la región, pero también en el globo, porque la atmósfera no tiene fronteras. Lo que se hace es recolectar información a partir de datos que arrojan los distintos sistemas de medición, estaciones meteorológicas, satélites, aviones, barcos, globos y boyas. Esta información se incluye en el sistema de telecomunicaciones global y los centros que realizan los pronósticos capturan dicha información. Aquí se produce el primer problema matemático, que es determinar cómo se va integrar toda esa información. Para esto se utilizan métodos matemáticos que permiten discretizar la atmósfera en tres dimensiones. De esta manera, se puede pensar la atmósfera de forma tridimensional, donde se la divide en “cubitos”. Los vértices de cada uno de los cubitos tendrán los datos de todas las variables meteorológicas (temperatura, viento, presión, humedad). Por lo tanto, estos métodos matemáticos van a generar información de dichas variables meteorológicas en todos esos puntos. Este trabajo permite considerar el estado inicial de la atmósfera que proveerá de información a un modelo numérico de pronóstico. El modelo numérico de pronóstico esencialmente es un conjunto de programas computacionales que van a resolver las ecuaciones físicas que rigen la atmósfera. Los resultados que arrojan estos modelos tienen forma de “cubitos” y, con esto, se generan mapas que se analizan físicamente.

¹ Como parte de una investigación más amplia que la reportada en este trabajo, se realizaron entrevistas a investigadoras de reconocido prestigio en ciencias de la atmósfera. Carolina Susana Vera es una meteoróloga argentina. Es Investigadora Principal del CONICET y Profesora Titular de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires.

La automatización en la generación de iconos que la población observa para cada punto y cada localidad surge de un sistema que tiene el Servicio Meteorológico Nacional denominado *Meteofactory*². Este sistema está formado por modelos computacionales que analizan la información. Después de este proceso, el pronosticador humano observará la información que arroja *Meteofactory*, analizará físicamente lo que ocurre y decidirá si tiene sentido o no para cada localidad. (Comunicación personal, 27 de febrero del 2020)

El objetivo de la mayoría de las comunicaciones de pronósticos del tiempo es proporcionar información que las personas puedan interpretar y utilizar en su propio beneficio y en el de la comunidad. Por lo tanto, comunicar pronósticos de manera efectiva requiere comprender cómo el público interpreta y usa la información provista. A medida que la capacidad de estimar la incertidumbre en los pronósticos del tiempo ha aumentado, las comunidades de meteorólogos y climatólogos se han interesado particularmente en la comunicación que contempla la incertidumbre (Morss, Lazo y Demuth, 2010).

Durante los últimos 20 años, gracias a las mejoras en la resolución del modelado computacional, la disponibilidad de datos y los recursos informáticos, la asimilación de datos a mesoescala y el modelado a corto plazo se han vuelto cada vez más útiles para la predicción inmediata (Mass, 2012). El notable aumento de los datos de superficie disponibles, los aviones y los datos de teledetección ahora proporcionan una descripción en tiempo real de las condiciones atmosféricas desde escalas regionales a globales (Mass, 2012).

Investigaciones anteriores han establecido una base para explorar cómo las personas obtienen información sobre el pronóstico del tiempo, para qué la utilizan y cómo interpretan esta información. En el estudio de Duc Phan (2017), los encuestados (estudiantes universitarios de Estados Unidos) mostraron interés en conocer sobre la precipitación y la temperatura. Sin embargo, se postula allí que las personas necesitan conocer todos los aspectos de la precipitación (probabilidad, tiempo, ubicación y tipo) para poder actuar en consecuencia (Duc Phan, 2017). Este estudio no profundiza en aspectos tales como cómo se elabora un pronóstico del tiempo, cuál es la procedencia de los datos que comunican las aplicaciones meteorológicas, qué rol cumplen las simulaciones computacionales en la comunicación de estos pronósticos, etc.

El presente estudio pretende analizar cuál es la información más relevante que consultan las personas, de diferentes edades y nivel académico, cuando acceden a una aplicación meteorológica. Además, se proponen preguntas relacionadas con la confiabilidad que otorgan a la información que reciben sobre el pronóstico del tiempo. También se les preguntó cómo y para qué se construyen los modelos climáticos cuyos resultados forman parte de la información que se encuentra disponible en las aplicaciones meteorológicas. Creemos que es necesario que la sociedad, además de comprender la información que recibe de forma diaria mediante las aplicaciones meteorológicas, conozca el origen y fiabilidad de esta información para tomar decisiones fundamentadas.

III. METODOLOGÍA DE TRABAJO

En esta sección se describen los modos de obtención y análisis de datos de investigación que se recopilaron en 2019 como parte de una encuesta implementada en una escuela pública de la ciudad de Tandil, provincia de Buenos Aires, Argentina.

A. Elaboración de la encuesta

La elaboración de esta encuesta se realizó con base en un estudio anterior sobre fuentes de información meteorológica (Duc Phan, 2017), donde se empleaban preguntas similares. La encuesta comienza con preguntas sobre información demográfica, incluyendo edad, género y nivel de estudios alcanzado de quienes respondían. También se les solicitó seleccionar las respuestas que mejor describieran sus hábitos diarios y dar razones de por qué consultan el pronóstico del tiempo.

Después de esto se les preguntó a los participantes sobre el pronóstico del tiempo, específicamente sobre dónde obtienen la información del pronóstico, la importancia de los diferentes elementos o aspectos de un pronóstico del tiempo y su nivel de confianza. Las mismas preguntas se aplicaron a la utilización de aplicaciones meteorológicas; se les preguntó cuál es el sistema operativo de sus dispositivos, las preferencias en la elección de aplicaciones meteorológicas y su percepción y confianza en características específicas del pronóstico. Para los propósitos de este estudio, la expresión “características del pronóstico del tiempo” refiere a elementos específicos de un pronóstico como pronóstico por hora, previsión a 5 días, a 10 días, alerta por lluvia, alerta por granizo, alerta por rayos, alerta de fenómeno

² *METEFACTORY*[®] permite suministrar alertas y pronósticos personalizados en función del tipo de usuario objetivo. Ver: “Implementación del sistema *Meteofactory* en el Servicio Meteorológico Nacional” (Saucedo, M.) <http://repositorio.smn.gob.ar/handle/20.500.12160/872>

climático severo, etc. Si bien no es posible realizar una comparación directa entre los estudios (la investigación mencionada anteriormente fue implementada con estudiantes universitarios), el uso de preguntas similares sirvió para conocer aspectos que las personas consultan en relación con el pronóstico del tiempo y que son relevantes para nuestra investigación.

En la elaboración de la encuesta también se agregaron preguntas nuevas:

- ¿Qué se entiende por simulación computacional? Esta pregunta fue propuesta porque los datos que proporcionan las aplicaciones meteorológicas provienen, en última instancia, de resultados arrojados por modelos computacionales.

- ¿En qué se basan las aplicaciones para la previsión del tiempo? Esta pregunta pretende indagar qué datos y variables creen los encuestados que son utilizadas para la elaboración del pronóstico del tiempo.

- ¿Cómo consideran que se estudian diversos fenómenos climáticos severos? Esta pregunta es relevante porque los estudiantes deberían conocer algo de cómo se desarrolla y estudia un fenómeno climático severo para poder informarse mejor acerca de su peligrosidad, para tomar decisiones y para participar como ciudadanos formados en discusiones de la sociedad (estos aspectos actualmente no se discuten en la escuela secundaria).

- ¿Para qué fueron diseñados y para qué se utilizan los modelos computacionales climáticos? Los modelos se utilizan para el estudio de fenómenos climáticos severos y es necesario que las personas tengan un mínimo conocimiento de qué son, para qué se emplean, quiénes lo elaboran, cómo son interpretados, etc.

- ¿Consideran que el estudio sobre fenómenos climáticos severos mejorará en el futuro? En caso afirmativo, ¿por qué? ¿La ocurrencia de determinados fenómenos es más variable ahora que hace unos años? Actualmente se discuten en los medios de comunicación estos fenómenos, pero no todas las personas tienen conocimiento sobre cómo se estudian, qué se utiliza para su estudio y cómo se ha modificado este estudio a lo largo de los últimos años.

B. Implementación de la encuesta y población encuestada

La encuesta fue implementada en la Escuela Nacional Ernesto Sábato de la ciudad de Tandil, provincia de Buenos Aires, mediante un formulario de Google. Se trata de una escuela pública nacional preuniversitaria dependiente de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Esta institución es de nivel secundario y tiene cuatro modalidades: Ciencias Sociales, Ciencias de la Naturaleza, Economía y Gestión de las Organizaciones, y Arte. Los estudiantes realizan la elección de cada una de las modalidades en quinto año de secundaria. El ingreso a dicha institución es mediante un sorteo. El objetivo de esta modalidad de sorteo es garantizar la igualdad de posibilidades a todos los ciudadanos, cualquiera sea su pertenencia socioeconómica, trayectoria educativa previa y otras variables que históricamente marcaron las diferentes ofertas educativas y, en consecuencia, las diferentes posibilidades de desarrollo en el marco de la diversidad social. Estos aspectos son razones relevantes para la selección de este establecimiento dada la heterogeneidad de la población.

La institución utiliza un sistema de gestión (la “libreta electrónica”) para enviar notificaciones a la comunidad educativa. Mediante la libreta se informa a las familias sobre actividades de interés institucional, calificaciones del estudiantado, comunicaciones del cuerpo docente, etc.; ella permite acceder a distintos actores institucionales, como padres, profesorado y alumnos, a través del envío de mails. Se solicitó a los directivos de la institución permiso para usar este medio y, además, el aval correspondiente para acceder a la base de datos (mails de docentes, padres y alumnos), y se informó a todos los involucrados sobre los objetivos de la encuesta, indicando que forma parte de un proyecto de tesis doctoral.

Se recibieron 204 respuestas sobre un total aproximado de 750 personas, las cuales corresponden a estudiantes, padres y/o tutores de los estudiantes, así como docentes de la institución.

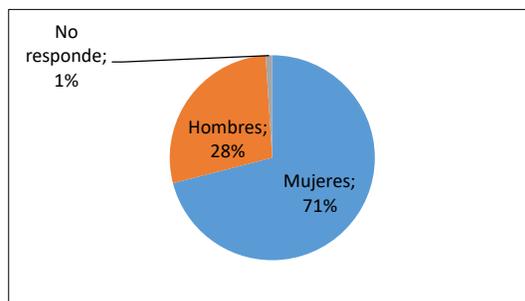


Figura 1. Porcentaje de respuestas clasificadas según el género.

Del total de las personas que respondieron a la encuesta se detalla, a continuación, el género (figura 1) y la edad de las personas divididas en categorías (figura 2). Actualmente es común dividir las edades de las personas en “generaciones” que permiten diferenciar comportamientos o hábitos caracterizadores. La clasificación generacional evidencia vivencias, experiencias y características de cada generación que las diferencia de las otras; puede resultar particularmente relevante en relación con las nuevas tecnologías. En este trabajo se usa la siguiente clasificación: Generación *Baby Boom* (personas entre 52 a 71 años), Generación X (personas entre 40 y 51 años), Generación Y o *Millenials* (personas entre 27 y 39 años) y Generación Z (personas entre 10 y 26 años).

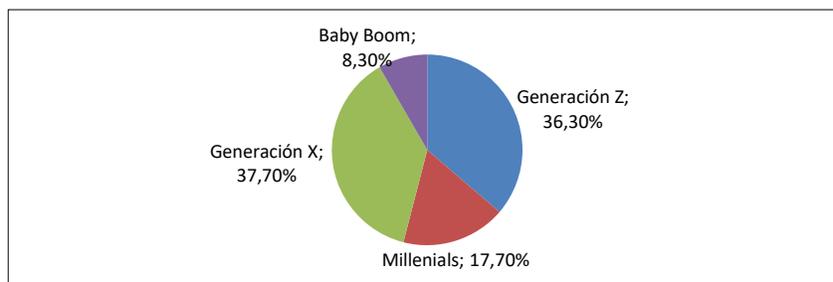


Figura 2. Porcentaje de respuestas clasificadas según la edad.

C. Técnicas de análisis

Se utilizaron técnicas analíticas cuantitativas y cualitativas para analizar las respuestas a la encuesta. Se emplearon métodos estadísticos descriptivos para analizar datos y sacar conclusiones. En la encuesta se usaron preguntas de escala Likert, que se modelaron como variables continuas (por ejemplo, “no es confiable”, “poco confiable”, “neutral”, “confiable”, “muy confiable”) (Willits *et al.* 2016). Así, esas respuestas se clasificaron sobre una escala numérica para facilitar el análisis (tabla 1 y tabla 2). El proceso de recodificación se hizo de forma creciente, tomando como base lo más cercano a lo esperado para nuestra investigación.

Tabla I. Grado de confianza que las personas tienen en la precisión de la información que reciben de las aplicaciones meteorológicas

No es confiable	Poco confiable	Neutral	Confiable	Muy confiable
1	2	3	4	5

Tabla II. Grado de importancia para determinados fenómenos climáticos severos.

Muy bajo	Bajo	Neutral	Alto	Muy alto
1	2	3	4	5

Las respuestas a algunas preguntas se consolidaron y recodificaron en SPSS para analizar las tablas cruzadas obtenidas. Para comprender mejor la asociación entre diferentes preguntas se aplicó el coeficiente de Pearson. Este coeficiente se utilizó para analizar la existencia de relaciones entre algunas de las preguntas de la encuesta que consideramos relevantes para nuestra investigación. El análisis de la fiabilidad fue realizado a partir del cálculo del alfa de Cronbach, obteniéndose un valor de 0,7. Dicho valor es considerado razonable en el área de las ciencias sociales (Milton, 2010).

IV. RESULTADOS DE LA ENCUESTA

La figura 3 muestra el total de personas en cada nivel de estudios alcanzado. Las siglas en la figura 3 representan: P.I (primario incompleto), P.C (primario completo), S.I (secundario incompleto), S.C (secundario completo), T.I (terciario incompleto), T.C (terciario completo), U.I (universitario incompleto), U.C (universitario completo), P.I (posgrado incompleto), P.C (posgrado completo).

El grado de importancia que las personas (de las distintas generaciones) dan a diferentes fenómenos climáticos severos está organizado en una escala del 1 al 5 (tabla 2). Para los fenómenos inundaciones y temporales, la media alcanzada es de 4, mientras que, para fenómenos como tornados, huracanes y tormentas eléctricas, la media alcanzada es de 3. Para los fenómenos que alcanzaron un valor de 4 en la escala, las personas consideran que estos son

relevantes porque pueden producir daños a la población. Es interesante remarcar este aspecto dado que en nuestro país suelen ocurrir fenómenos como inundaciones y temporales.

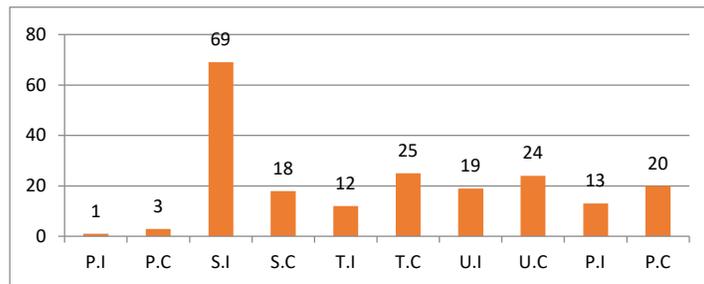


Figura 3. Nivel de estudios alcanzado.

La mayoría de las generaciones coinciden en que la fuente de información más consultada para acceder al pronóstico del tiempo es el dispositivo móvil. El 89,2% de los encuestados tiene en su Smartphone el sistema operativo Android, mientras que el 9,3% tiene IOS y 1,5% eligen otros sistemas operativos como Blackberry o Windows Phone.

Las personas respondieron que consultan, en promedio, una aplicación para conocer el pronóstico del tiempo. El grado de confianza que le dan a esta aplicación es "confiable" (tabla 1).

Las personas buscan información sobre el tiempo para tomar la decisión de realizar actividades diarias como trabajo o estudio (59,9%) y para decidir sobre cómo vestirse (59,3%). En esta pregunta los encuestados podían seleccionar más de una opción entre las respuestas dadas.

Otra de las preguntas realizadas fue por qué consultan más de una aplicación para informarse sobre el pronóstico del tiempo. La generación Z respondió que selecciona más de una aplicación porque son fáciles de entender; la generación *Millennials* contestó que utilizan la que está predeterminada en su dispositivo móvil; la generación X consulta más de una aplicación porque tiene mayor nivel de detalle en la información, mientras que la generación *Baby Boom* utiliza más de una aplicación porque eligen cuál es más fácil de usar y tiene mayor nivel de detalle en la información. Además, la generación Z respondió que consultan más de una aplicación para "asegurarse al 100%", mientras que las generaciones *Millennials*, X y *Baby Boom* respondieron que algunas aplicaciones son mejores que otras para determinados aspectos del tiempo.

Las aplicaciones "favoritas" (más frecuentemente consultadas por los encuestados) son: *Accuweather*, *Apple Weather*, *Windguru*, el Servicio Meteorológico Nacional y *Weather Channel*. En esta pregunta los encuestados podían seleccionar más de una opción entre las respuestas dadas. También podían elegir como opción "otras", pero el porcentaje de respuestas en esta categoría no es representativo.

Se establecieron relaciones entre la aplicación favorita consultada y la confiabilidad en los pronósticos y alertas. Para la generación Z y *Millennials*, la previsión por hora no es confiable. Mientras que para generación X y *Baby Boom* ocurre lo contrario. Para las generaciones Z, *Millennials* y *Baby Boom*, la previsión a 5hs, la alerta por lluvia y la alerta por rayos no son confiables, mientras que para la generación X sí. Todas las generaciones coinciden en que la información de alerta por granizo que brindan las aplicaciones no es confiable.

Respecto a en qué se basan las aplicaciones para la previsión del tiempo, la respuesta es coincidente en todas las generaciones: las aplicaciones se basan en los datos obtenidos por los satélites. Antes de contestar esta pregunta, los encuestados tenían que responder qué es para ellos una simulación computacional. Más del 50% de los encuestados respondió que no tienen una idea formada al respecto.

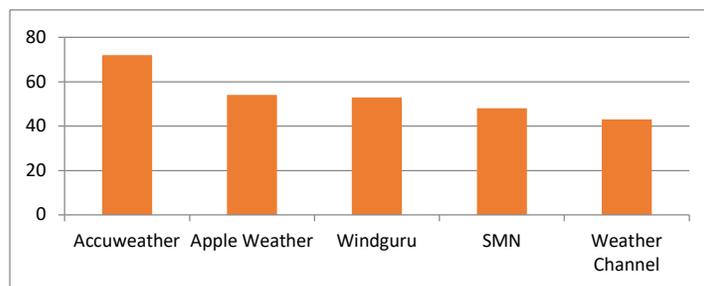


Figura 4. Las aplicaciones para el pronóstico del tiempo más seleccionadas.

El 59,3% de los encuestados acuerdan en que los modelos computacionales climáticos son diseñados para estudiar un fenómeno climático, para explicar y/o caracterizar ese fenómeno y para realizar predicciones. Además, coinciden (en un 63,2%) en que los modelos computacionales climáticos se utilizan para informar a la población sobre un fenómeno climático específico.

A medida que aumenta el nivel de estudios alcanzado, los encuestados coinciden en que los fenómenos climáticos severos son relevantes porque afectan a los seres vivos, pueden producir daños a las personas, producen pérdidas económicas y provocan daños materiales.

Se utilizó el coeficiente de Pearson para relacionar el nivel de estudios alcanzado y la cantidad de aplicaciones que consultan para informarse sobre el pronóstico del tiempo. Se quería analizar si, a medida que aumenta el nivel de estudios alcanzado, aumenta o disminuye la cantidad de aplicaciones que consultan. La relación obtenida no fue significativa (el índice de Pearson es de -0,019 y el "p" valor es de 0,788).

Por otra parte, se analizó si a medida que el nivel de estudios alcanzado aumenta existe una relación con la confiabilidad que los sujetos otorgan a la previsión a 5 días para el pronóstico del tiempo. La relación tampoco fue significativa (el índice de Pearson es de 0,058 y el $p=0,407$). Lo mismo ocurre con la previsión por hora (índice de Pearson es de 0,153 y $p=0,029$). Además, se determinó que es baja la confianza que tienen a las alertas por lluvia y por granizo, dado que la correlación entre las variables es débil.

También se analizó si a medida que aumenta el nivel de estudios alcanzado las personas tienen más conocimiento sobre en qué se basan las aplicaciones para el pronóstico del tiempo. La relación que se obtuvo es más significativa que las anteriores (índice de Pearson 0,292 y $p=0,0001$). La correlación es significativa en el nivel 0,01.

V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En esta investigación se observó que los encuestados consultan el pronóstico del tiempo a partir de las aplicaciones meteorológicas que se descargan en los dispositivos móviles; esto coincide con lo encontrado por Duc Phan (2017). Entre las aplicaciones más consultadas se observa que los encuestados eligen *Accuweather*, y solo en cuarto lugar la aplicación del SMN. Este punto es interesante para remarcar, dado que los especialistas en ciencias de la atmósfera consideran que el SMN es altamente confiable a la hora de comunicar el pronóstico del tiempo local porque tiene mayor precisión de detalle en la información, cosa que no ocurre con aquellas aplicaciones de empresas privadas. Esto coincide con el trabajo desarrollado por Duc Phan (2017), donde aparecen como aplicaciones favoritas *Weather Channel* y *Apple Weather*. Como se dijo, las principales motivaciones que se encuentran para el uso de aplicaciones de pronóstico se vinculan con obtener información sobre el tiempo para tomar la decisión de realizar actividades diarias como trabajo o estudio y para decidir cómo vestirse.

Las razones por las cuales las distintas generaciones deciden consultar una o más aplicaciones (comprensibilidad, "amigabilidad") nos permiten inferir la necesidad de que los estudiantes discutan en la escuela secundaria cómo se elaboran los pronósticos del tiempo y cómo se comunica esta información en las aplicaciones. Para la mayoría de las generaciones la previsión a 5hs, el alerta por lluvia y el alerta por rayos no son confiables. Todas las generaciones coinciden en que la información de alerta por granizo que brindan las aplicaciones no es confiable. Este aspecto no coincide con el trabajo realizado por Duc Phan (2017), donde los encuestados confían en el pronóstico por hora, con más del 85% de confianza. Para los pronósticos con plazos más largos (pronósticos de 10 días), la disminución de la confianza para los usuarios aumenta (Duc Phan, 2017, p. 37).

Para las distintas generaciones, los resultados que arrojan las aplicaciones, en su mayoría, no son confiables, porque el tiempo cambia rápidamente. Por otra parte, a medida que el nivel de estudios alcanzado es más alto, los encuestados creen que los resultados dados por la aplicación, al ser probabilísticos, no siempre tendrán una correspondencia con el tiempo real.

Finalmente, se podría inferir que las personas, más allá del nivel de estudios alcanzado, no pueden determinar en qué se basan las aplicaciones para la previsión del tiempo. Este aspecto coincide con lo que se mencionó anteriormente acerca de que los encuestados desconocen lo que es una simulación computacional. Sin embargo, existe una idea intuitiva en los encuestados, que coinciden (en más de un 60%) en que el estudio de fenómenos climáticos mejorará en la medida que se tengan mejores computadoras y simulaciones computacionales.

VI. CONCLUSIÓN

El rápido crecimiento de la tecnología en dispositivos móviles les permite a los usuarios obtener la información sobre el pronóstico del tiempo en cada momento del día. Esto posibilita que las personas puedan consultarlo reiteradamente y realizar previsiones a partir de la información obtenida. El objetivo final de las previsiones meteorológicas, de

acuerdo con los especialistas consultados, es proporcionar información útil para la toma de decisiones. Para que la información sea útil en ese sentido, debe ser científicamente sólida, y comunicarse de manera efectiva y fácil de interpretar.

Este estudio muestra que las personas dan importancia a fenómenos climáticos severos como inundaciones y temporales, aspecto a considerarse dado que son fenómenos que suelen desarrollarse con gran intensidad en zonas específicas de nuestro país. Por otra parte, los encuestados parecen desconocer (independientemente del nivel educativo) lo que es una simulación computacional y por lo tanto no tienen una idea acertada de la información que utilizan las aplicaciones meteorológicas para el pronóstico del tiempo.

En la escuela secundaria y en los medios de comunicación no se analizan aspectos teóricos, metodológicos y epistemológicos referidos a la elaboración de los pronósticos meteorológicos. Esta situación conduce a que la población desconozca la naturaleza, validez y procedencia de la información que recibe cotidianamente. Los pronósticos significan diferentes cosas para diferentes personas y la interpretación de las previsiones que el público realiza no siempre coincide con lo que se pretende comunicar con la intención de tomar decisiones fundamentadas. Consideramos por lo tanto relevante que los conceptos y metodologías subyacentes a la elaboración del pronóstico del tiempo, que es accesible mediante las diferentes aplicaciones meteorológicas, se discutan en profundidad en la escuela secundaria. Es necesario examinar, con nuestros estudiantes, el concepto de incertidumbre, propio de los pronósticos del tiempo, en diferentes escenarios, a fin de reflexionar sobre su incidencia en la realización de previsiones y en la toma de decisiones a diferentes plazos.

REFERENCIAS

Duc Phan, M. (2017). *Weather on the go: an assessment of Smartphone mobile weather applications use among college students*. Tesis de Maestría de Geografía. Universidad del Este de Carolina, Estados Unidos.

Gettelman, A. y Rood, R.B. (2016). *Demystifying Climate Models. A User Guide to Earth System Models*. Springer.

Lahsen, M. (2005). Seductive Simulations? Uncertainty Distribution around Climate Models. *Social Studies of Science*, 35/6, 895-922.

Mass, C. (2012). Nowcasting: the promise of new technologies of communication, modeling, and observation. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(6), 797-809.

Milton, Q.V. (2010). Confiabilidad y coeficiente Alpha de Cronbach. *Telos*, 12(2), 248-252.

Morss R.E., Lazo J.K., Demuth J.L. (2010). Examining the use of weather forecasts in decision scenarios: results from a US survey with implications for uncertainty communication. *Meteorological Applications*, 17(2), 149-162.

Willits, F. K., Theodori G. L., y Luloff A. (2016). Another look at Likert scales. *Journal of Rural Social Sciences*, 31(3), 126-139.

Zabini, F. (2016). Mobile weather apps or the illusion of certainty. *Meteorological Applications*, 23, 663-670.