

Tiempo y

Cuestión de muchos, responsabilidad de todos

Entrevista a la Dra. Madeleine Renom Molina

Gabriela Salsamendi | Gina Pérez | Maestras.

Madeleine Renom¹ es docente e investigadora en la Facultad de Ciencias. En la entrevista que mantuvimos con ella nos encontramos con una mujer que hace ciencia, cuya imagen no tiene nada que ver con la que todos tenemos de un científico. Sonrisa, mirada de frente, pelo arreglado, imagen que transmite confianza, simpatía, y sobre todo pasión y entrega total a lo que hace.

Madeleine ha dedicado sus estudios a temáticas de las ciencias de la atmósfera y principalmente al clima. En este momento, su principal línea de investigación se orienta hacia el estudio de eventos climáticos extremos, comprender qué los puede provocar para intentar establecer cierta predictibilidad, y valorar sus impactos sociales y económicos. Esta información resulta importantísima al momento de elaborar políticas ambientales referidas al agro y a la energía, políticas sociales, comités de emergencia, etcétera.

En la entrevista conversamos sobre el *Congreso sobre Estudios Climáticos para Latinoamérica y el Caribe*, organizado por la Unidad de Ciencias de la Atmósfera de la Facultad de Ciencias y el World Climate Research Programme. El objetivo principal de este Congreso fue identificar los vacíos y las formas de superar las limitaciones en la cadena de conocimientos que va desde la ciencia básica hasta la ciencia climática aplicada, e informar sobre las políticas y decisiones que son particularmente relevantes. Para lograr estos objetivos es necesario crear capacidad interdisciplinaria, fomentar la participación en la toma de decisiones de los responsables políticos, los científicos climatólogos, los científicos sociales y las instituciones intermediarias clave.

¹ Doctora en Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Licenciada en Meteorología. Es profesora adjunta Grado 3 de la Unidad de Ciencias de la Atmósfera, Investigadora Activa del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII). Investigadora Grado 3 de PEDECIBA-GEOCIENCIAS y se desempeña en el Instituto de Física de la Facultad de Ciencias. Realizó una tesis doctoral sobre eventos extremos de temperatura en el Uruguay.

clima

QUEHACER EDUCATIVO: –¿Cuándo fue el evento?

Madeleine Renom: –Fue entre el 17 y el 21 de marzo en el LATU.

Q.E.: –Contanos quiénes participaron en él.

M.R.: –Participaron los principales investigadores del mundo en temas de clima. Asistieron doscientos veinte científicos de las distintas áreas de todos los continentes, incluso de África vino un representante relacionado en el área de la salud.

Q.E.: –¿Cómo se organizó el evento? Tengo entendido que se organizó en mesas distintas, por ejes temáticos.

M.R.: –Es así. Se distribuyó en cinco áreas: Salud y clima; Agua y energía; Agro y ecosistemas; Zonas costeras; Monitoreo y predicción de clima.

Q.E.: –¿Podrías describirnos algo de lo que se trabajó en alguna de estas áreas?

M.R.: –Por ejemplo, en el área de Salud y clima se trabajó todo lo vinculado a vectores de propagación de enfermedades condicionadas al medio ambiente, todo lo relacionado a mortalidad o morbilidad en relación con olas de calor o frío. En cuanto a los temas de salud hubo intervenciones de científicos que no eran climatólogos, que hablaron sobre las variables de clima que deberíamos identificar, ya que nos ayudarían a nosotros como usuarios.

En la estación de Agua y energía se abordaron temas de energía, principalmente energías renovables, hidroeléctrica, eólica, etcétera.

En la mesa de Agro y ecosistemas, la pregunta que surgió era qué información se precisa del clima o cómo este afecta a otros usuarios.

La mesa de Zonas costeras abordó aspectos que

aplican a la región, pero es un tema en el que todavía se está construyendo el conocimiento y es una escala más chica para nosotros desde el punto de vista del clima.

La última mesa fue más de clima, monitoreo y predictibilidad, eventos extremos, etcétera.

Q.E.: –¿El Niño estuvo presente?

M.R.: –Se habló muy poco de lo que es El Niño, porque hay muchas cosas que nos dejan duda acerca de cuál es su influencia sobre el clima.

Variabilidad climática y cambio climático

La variabilidad climática es lo que hace, por ejemplo, que un año sea distinto a otro, siempre la hemos tenido, basta recordar años de grandes sequías, de precipitaciones abundantes y grandes inundaciones. En general lo que la sociedad uruguaya percibe más es la variabilidad climática.

Cuando hablamos de cambio climático, hablamos de cambios o tendencias en largos períodos de tiempo (por lo menos cuarenta años). No es que en nuestro país no haya cambio climático, sino que hay señales de cambios ocurridos en ciertas variables como en la temperatura y en la precipitación fundamentalmente.

Por ejemplo, en los últimos cuarenta o cincuenta años, la media de precipitación ha aumentado entre un diez y un veinte por ciento, principalmente en verano.

En cuanto a la temperatura, en verano las máximas no son tan altas. En los años treinta fácilmente alcanzaban los 42 °C o 43 °C en Carrasco mientras que en los últimos diez o quince años no superaron los 35 °C o 36 °C. En verano estaríamos teniendo menos eventos extremos de calor, mientras que el invierno se estaría calentando porque ya no hay temperaturas mínimas tan frías, por lo menos en los últimos cincuenta años. Hay además una tendencia a la disminución de número de noches frías y al aumento de número de noches cálidas, así como menor frecuencia de días con heladas meteorológicas.

Otoño es la estación que presenta cambios significativos en todos los índices analizados, y el resultado más significativo es el calentamiento nocturno. Primavera presenta un comportamiento dispar en las tendencias de los índices.

Fuente: Entrevista de Joel Rosenberg y Ricardo Leiva a Madeleine Renom y Marcelo Barreiro, emitida en *No toquen nada* (Océano FM).

Q.E.: –¿Presentaste alguna ponencia en esta última mesa?

M.R.: –Presentamos un trabajo que analiza de forma estadística los eventos de las heladas entre 1950 y 2009, en las once estaciones meteorológicas de Uruguay. Lo que encontramos es que ha cambiado el período de heladas (período de helada se define considerando las fechas de la primera y de la última helada en el año), observando que en general ha disminuido. Ahora están comenzando en junio y finalizando en setiembre. Por otro lado, solamente dos estaciones mostraron una disminución en la frecuencia de heladas: Paysandú y Rocha, y una sola de las estaciones mostró un incremento. Las restantes no mostraron cambios en la tendencia sobre esos cincuenta y nueve años. Pudimos concluir que, en general, existe la misma cantidad de eventos de helada, pero concentrados en un período de tiempo más corto.

Q.E.: –¿Cómo llevar esa información u otra a los usuarios?

M.R.: –Justamente también estuvo presente, no como área propiamente dicha, pero sí como algo transversal a todas las áreas, el tema de comunicación. Vemos que entre el científico de clima y el científico de salud o de agro o de lo que sea, falta un vínculo, es decir, una especialización que haga el vínculo, que use la información del climatólogo y la lleve al usuario. Pero esa especialización no existe, al menos por ahora.

Ciclones extratropicales

Han ocurrido siempre en nuestra región y van a seguir ocurriendo. No hay nada de extraño en ese sentido. De hecho, la costa de Uruguay es una de las zonas con mayor número de este tipo de ciclones a nivel de Sudamérica. Estamos dentro de lo esperable. [...] Estos eventos han existido siempre. Está bien, es un evento muy fuerte porque tiene lluvias muy intensas, vientos muy intensos [...] Estos fenómenos tienden a ocurrir durante todo el año, fundamentalmente en invierno-primavera. En cuanto a la frecuencia, hay estudios a nivel mundial [...] y lo que se ha observado es que por lo menos a nivel global no hay ninguna indicación de que haya cambiado su frecuencia ni la ocurrencia de este tipo de eventos. Es más, si hay algo que se tiende a pensar, basado en modelos matemáticos de simulación del clima, es que el número de este tipo de eventos va a tender a disminuir y quizás correrse un poco hacia el sur. Entonces, como evento es un evento muy intenso, pero no hay nada que al día de hoy indique que haya aumentado en los últimos años.

Fuente: <http://www.universidad.edu.uy/prensa/renderItem/itemId/31947/refererPagelD/12>

Tiempo:

Estado de la atmósfera en un cierto instante. Implica las precipitaciones, humedad, vientos, temperatura, presión. Manifiesta la manera en que la naturaleza equilibra las fuerzas.

Fuente: Cambio climático – Dra. Madeleine Renom. En línea: <http://www.ute.com.uy/pags/JNE/RETEMA2010/UTE-Retema-Renom2010.pdf>

Q.E.: –Estoy pensando en una persona común que ve informativos, suelen confundir clima con el pronóstico del tiempo.

M.R.: Sí, a veces dicen clima cuando se debería decir pronóstico del tiempo y eso confunde a la población. Hoy algunos informativos han ido cambiando este aspecto, aunque eso no nos ayuda demasiado, la gente sigue pensando lo mismo. Es más difícil destruir un mal concepto que construir de cero. En ese sentido, faltó también representación de los comunicadores. De hecho, por lo menos acá en Uruguay no hay un periodismo científico. El periodismo científico debería ser el nexo entre el científico y la población. Un articulador capaz de dialogar, “bajar a tierra” expresiones demasiado técnicas, pero sin dar una mala información.

Q.E.: –¿Qué otro aspecto identificaron como una carencia?

M.R.: –También se vio que falta poder trabajar la estadística, lo que son las probabilidades; el manejo del riesgo. Es decir, el riesgo tiene una certidumbre y una incertidumbre, trabajar con la incertidumbre y conocer algunos aspectos desde las limitaciones. La predicción climática se basa en datos probabilísticos. Hay aspectos que se pueden mejorar hasta un determinado umbral de predictibilidad. Y en las latitudes medias, como la nuestra, la predictibilidad baja mucho más que en las zonas tropicales. Como toda investigación científica hay que plantear la pregunta, por ejemplo: ¿puedo mejorar la predictibilidad a quince días? Y en esa pregunta tiene para trabajar mucha gente, no es “mi pregunta”. O desde lo observado, desde la parte más dinámica o física, ver cómo funciona y después la gente que trabaja los modelos dirá si es útil o no es útil. Ver metodologías y también distintas realidades.

Q.E.: –¿Quedaron con alguna agenda de trabajo?

M.R.: –La idea ahora es ir más a los impactos, desarrollar cuestiones relacionadas con impactos para que sea utilizable la información. Lo que pasa es que después, para conformar el servicio climático en sí, se precisan otras decisiones, más de carácter político.

Q.E.: –¿Qué están haciendo en el área ahora?

M.R.: –En Clima seguimos haciendo divulgación, formación e investigación.

Q.E.: –¿Y cambio climático?

M.R.: –Es todo un tema, cambio climático. Tiene muchas implicancias políticas. Hace mucho tiempo que desde la ciencia se habla del tema. Sin embargo hay muchas confusiones, es difícil de entender y de explicar sin caer en reduccionismos.

Clima:

Es el estado del medio ambiente habitable, descrito estadísticamente, que resulta de la interacción de las componentes del sistema climático consideradas en un período no menor a treinta años (OMM). Esa interacción establece un conjunto de atributos importantes que lo caracterizan en un tiempo particular.

Como en todo sistema, las componentes funcionan como un todo complejo, se encuentran relacionadas permitiendo un flujo de información, de energía y materia a través de las superficies que las limitan. Ellas son:

- ▶ **Atmósfera**, es la componente de más rápida variación. Es en sí misma un sistema que evoluciona, varía infinitamente y tiene una estructura compleja en todas las escalas de espacio y tiempo.
- ▶ **Océanos**, interactúan con la atmósfera baja en períodos de meses a años, a través de sus capas superficiales, mientras que las capas más profundas solo responden a cualquier estímulo en períodos de décadas a siglos.
- ▶ **Criosfera**, comprende las capas de hielo continentales y marinas, sobre y por debajo de la superficie terrestre, así como todos los depósitos de nieve del mundo.
- ▶ **Continentes**, no solo incluyen las masas terrestres continentales, sino también los lagos, ríos y depósitos de agua subterránea.
- ▶ **Biosfera**, comprende la vida vegetal y animal del planeta, incluyendo la vida humana.

Toda variación en una de ellas repercute en las otras y cada una reacciona a su propio ritmo.

Fuente: Cambio climático – Dra. Madeleine Renom. En línea: <http://www.ute.com.uy/pags/JNE/RETEMA2010/UTE-Retema-Renom2010.pdf>

Eventos extremos

En la academia, al hablar de evento extremo nos referimos a la variable: si fue con temperaturas demasiado altas o las presiones muy bajas o los vientos muy fuertes, y no con respecto a los impactos. ¿Por qué? Porque en los impactos no solo entra la variable climática, sino la gestión, las políticas, el ordenamiento territorial. Si yo ubico gente donde hay derivación inundable de un río, no es que haya más inundación, hay más evacuados; si tengo más gente ahí ubicada el impacto es mayor pero el evento tal vez no fue extremo.

Los eventos extremos son aquellos que se encuentran en las colas de la distribución estadística de una serie lo suficientemente larga.

Fuente: Entrevista de Joel Rosenberg y Ricardo Leiva a Madeleine Renom y Marcelo Barreiro, emitida en *No toquen nada* (Océano FM).

Q.E.: –En los temas científicos hay que ser cuidadosos. En el caso de la educación aún más, porque además hay que saber cómo trabajar estas temáticas en las aulas. A propósito, ¿conoces el Programa Escolar?

M.R.: –Tuve la oportunidad de verlo en un proyecto de ANII en el que participaba una maestra. Fue la primera vez que lo veía y la verdad es que precisas cinco o seis Premios Nobel en tu poder para poder dar el curso (risas). Hay contenidos rígidos, que no tiene sentido dárselos a un niño, no es necesario que aprenda eso. A mí me parece que el maestro debería enseñar a preguntar, es decir, incentivar la curiosidad, es más pedagógico que el conocimiento en sí. Lo que importa es el concepto, no el nombre de cada cosa. Hay que buscar la explicación al mundo cercano. Nosotros presentamos un proyecto que consistía en hacer una página que ayude a los maestros, que acerque el programa al docente. Un científico como yo no puede decir cómo enseñar, eso lo sabe el maestro. Puedo aconsejar qué y de qué manera llevar determinados temas a la clase. El maestro tiene una “masa para modelar”, todo un potencial. Tendría que trabajarse más desde las explicaciones del mundo. Por ejemplo, la Física surge de las explicaciones del mundo cotidiano, surge de la explicación de cómo corro una silla. Además hay que buscar la visión transversal de la ciencia y también interdisciplinar de la ciencia. La ciencia debe intentar explicar el mundo cotidiano, debe responder a las preguntas que se generan en el alumno. Es la mejor manera de entrar y que les guste la ciencia. Es bueno que los alumnos sepan cómo surgen las construcciones científicas, que piensen que la ciencia es una construcción colectiva. Hay que naturalizar la ciencia, no debe salir de la escuela pensando que la ciencia es inalcanzable para él. □

Interacción océano-atmósfera

El Niño Oscilación Sur (ENOS)

Madeline Renom | Licenciada en Meteorología. Doctora en Ciencias de la Atmósfera y los Océanos.

Marcelo Barreiro | Magíster en Física con PhD en Oceanografía.
Dpto. de Ciencias de la Atmósfera – Facultad de Ciencias – UdelaR.

Los océanos influyen el clima terrestre a través de su intercambio con la atmósfera de grandes cantidades de calor, humedad y gases como el dióxido de carbono. Fluctuaciones en la magnitud de estos intercambios juegan un rol importante en determinar si el próximo invierno será excepcionalmente frío, el verano siguiente inusualmente cálido, o si se dará un evento El Niño.

El océano es una capa muy fina de agua salada, tiene 4 km de profundidad en promedio sobre la superficie de nuestro planeta. Una de sus características más importantes es el gran contraste de la capa superficial cálida de unos 100 m de profundidad, donde la luz es abundante y donde existe la mayor parte de la vida marina, con el frío y oscuro océano profundo. La zona de transición entre la capa cálida y la fría se denomina *termoclina*.

La figura 1 muestra la Temperatura media de la superficie del mar (1971-2000).

El ecuador está caracterizado por la existencia de una lengua fría de aguas superficiales en el lado este de los océanos (Figura 1). Esta lengua aparece pues los vientos alisios causan una divergencia en superficie: parcelas de agua que son llevadas hacia el oeste por los vientos experimentan una fuerza hacia la derecha al norte y hacia la izquierda al sur del ecuador. Esta divergencia causa el afloramiento de aguas frías y con nutrientes, proveniente de las capas más profundas. Así, estas lenguas frías son zonas de gran productividad biológica. Ocurre a lo largo de ciertas costas, como las de Ecuador y Perú.

El Niño, La Niña y la Oscilación Sur

Los eventos El Niño son un claro ejemplo de interacción del océano con la atmósfera. Este evento ocurre en el Océano Pacífico ecuatorial y cuenta con dos fases: fase cálida o El Niño, y fase fría o La Niña. La Figura 2 muestra como son las condiciones de temperatura de superficie del mar durante las dos fases, lo que demuestra claramente la región donde se produce el evento.

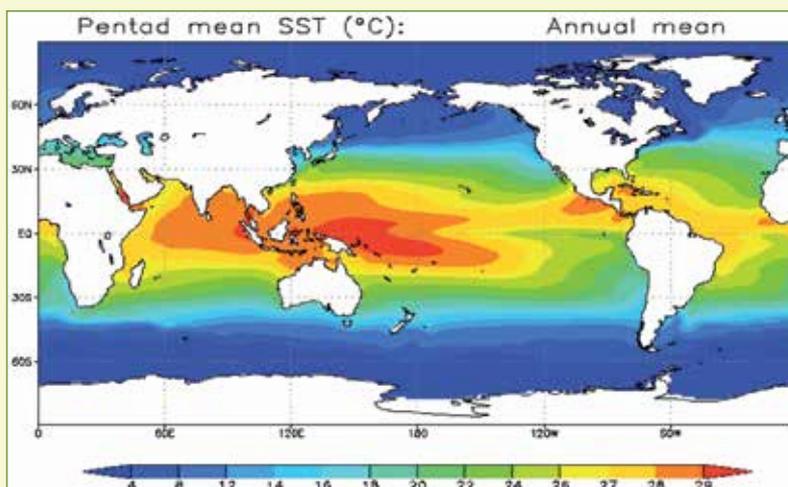


Figura 1. Fuente: CPC-NCEP-NOAA-USA

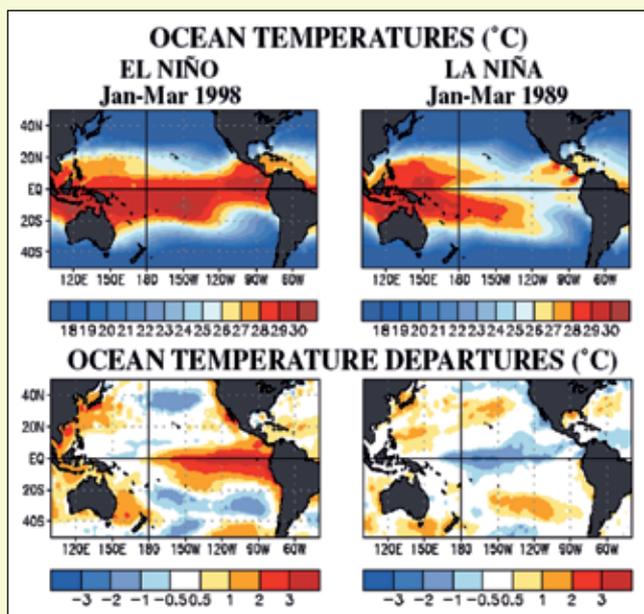


Figura 2

El ENOS presenta una cierta periodicidad de entre tres y cuatro años.

Los fenómenos de El Niño más intensos generan usualmente grandes inundaciones en Ecuador y Perú, donde el calentamiento de las aguas de superficie en el Pacífico este está asociado con la desaparición de los peces costeros. También generan sequías desastrosas en el continente marítimo del sudeste de Asia y norte de Australia, así como patrones de circulación atmosférica anómala en América del Norte y del Sur, monzones débiles y precipitaciones por debajo de lo normal en el sudeste africano. Estos cambios pueden reducir significativamente la cosecha de coco en las Filipinas y de anchovetas en Perú, causando así un aumento en los precios de los jabones y detergentes que usan aceite de coco como ingrediente, en la comida hecha con proteína de pescado para los pollos y de la soja que puede usarse como sustituto de ración para pollos. La gran cobertura noticiosa de los eventos Niño de las últimas décadas deja clara su importancia.

En un principio, el nombre de El Niño le fue dado a una corriente cálida estacional que ocurre todos los años en las costas del Perú cerca de Navidad, moderando así las bajas temperaturas del Pacífico tropical este. Cada tantos años, esta corriente es más intensa que lo normal, penetrando más hacia el sur y trayendo abundantes lluvias a las áridas zonas costeras de Perú y Ecuador.

Estas ocurrencias se denominaban “años de abundancia”. Hoy el término El Niño describe estos “años de abundancia”, y no a la corriente veraniega estacional. Hasta la década del cincuenta se pensaba que la ocurrencia de una corriente más intensa que lo normal en las costas del Perú era un fenómeno local. No fue sino hasta el año 1957, Año Internacional de la Geofísica, cuando se organizaron mediciones del océano global en que se determinó que el fenómeno de las costas del Perú tenía una escala que incluía todo el Pacífico tropical (por azar, un evento Niño ocurrió ese año).

Los datos obtenidos mostraron que al mismo tiempo, los vientos alisios estaban debilitados. Jacob Bjerknes, de la Universidad de California, propuso que el cambio en los vientos causó el cambio en las temperaturas de superficie del mar. Pero ¿por qué estaban debilitados los vientos? A comienzos del siglo xx, Sir Gilbert Walker, trabajando en el problema de los monzones de la India, descubrió la existencia de la Oscilación Sur, una fluctuación interanual, coherente, en las condiciones atmosféricas que corresponde a un dipolo de presiones en el Pacífico: cuando la presión es alta en Tahití (Pacífico sur oriental), la presión es baja en Darwin (norte de Australia) como se muestra en la Figura 3.

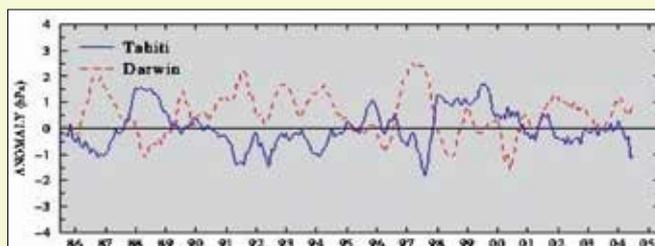


Figura 3. Series temporales de anomalías de presión de superficie en Tahití y Darwin

¿Cuál es la dinámica?

Los vientos alisios acumulan aguas cálidas en el Pacífico tropical oeste y exponen aguas frías en el este. Así, el nivel del mar en el oeste es 50 cm mayor que en el este. Durante El Niño, los alisios se debilitan y las aguas cálidas se mueven hacia el este; durante La Niña, los alisios se intensifican y apilan más aguas cálidas en el oeste. De esta forma, las variaciones interanuales en la temperatura de superficie del mar están asociadas con una redistribución



horizontal de las aguas cálidas en las capas superficiales del océano en respuesta a los vientos. Debido al transporte inusual de aguas cálidas del oeste al este durante El Niño, las aguas frías ricas en nutrientes ya no logran llegar a la superficie en el este. Este cambio en las condiciones oceánicas es la razón para la desaparición de especies de peces de aguas frías a lo largo de las costas de Ecuador y Perú. Los peces tienden a moverse al sur, de tal forma que Chile se beneficia de los eventos Niño.

Desde un punto de vista atmosférico, los cambios en los patrones de lluvias, vientos y presiones en superficie asociados a la Oscilación Sur son causados por cambios en las temperaturas de superficie. Desde un punto de vista oceánico, esos cambios en la temperatura de superficie son consecuencia de cambios en los vientos. Este argumento circular implica una interacción entre el océano y la atmósfera. Inicialmente, vientos alisios inusualmente débiles aparecen en el Pacífico oeste, y causan una expansión al este de la piscina cálida la cual, a su vez, mueve la convección hacia el este. Por su parte, la respuesta oceánica acelera el proceso, pues causa un debilitamiento mayor de los alisios que permite que las aguas cálidas se muevan un poco más hacia el este y así sucesivamente. Al final, a través de este intercambio, las aguas cálidas llegan hasta las costas del Perú, y se establece el evento Niño.

Una vez que El Niño se desarrolló, existe la posibilidad de que ocurra una Niña como consecuencia de un ligero aumento de los alisios. El proceso involucra la misma interacción océano-atmósfera, pero induce anomalías contrarias a El Niño en los dos medios.

La danza entre el océano y la atmósfera genera una alternancia (irregular) entre Niños y Niñas. Pero ¿quién guía? ¿Quién inicia el desplazamiento hacia el este de las aguas cálidas que termina un evento Niña y da lugar a un Niño? A pesar de que están íntimamente acoplados, el océano y la atmósfera no son una pareja simétrica. Mientras que la atmósfera es ágil y responde rápidamente a cambios en el océano, este último es lento y se toma el tiempo para responder a cambios en los vientos. La atmósfera responde a cambios en los patrones de temperatura de superficie del mar en cuestión de días o semanas; el océano tiene mucha más inercia y le lleva tiempo lograr un nuevo equilibrio.

El estado del océano para un tiempo en particular no está simplemente determinado por los vientos en ese momento, pues el océano está todavía ajustándose y tiene memoria de vientos anteriores, una memoria en forma de ondas que se propagan por debajo de la superficie. Estas ondas se propagan en la termoclina, elevándola en algunos lugares y profundizándola en otros. [\[4\]](#)

Volver sobre la enseñanza

Sylvia Ithurralde | Maestra.

Si transponemos la divulgación científica que este artículo plantea, parece imprescindible adecuar y enriquecer las prácticas habituales con las que enseñamos el tiempo atmosférico.

Comencemos por poner en primer plano la importancia del contenido. Los seres humanos tomamos decisiones y actuamos en función del tiempo atmosférico; desde la simple y diaria resolución al vestirnos a inversiones económicas, desde los materiales y tipo de construcciones al planeamiento de vías de comunicación, de alguna forma todas nuestras actividades lo tienen en cuenta.

Esta cotidianidad dificulta su enseñanza; los niños, en general, están familiarizados con altas y bajas temperaturas, identifican la lluvia, el granizo, el trueno, el relámpago, el viento, las nubes, la humedad; pueden describir el estado del tiempo y calificarlo de bueno o de malo. Pero ¿es eso “saber” el tiempo atmosférico?; buen o mal tiempo, ¿para quién o para qué?

Si la atmósfera se caracteriza por su gran variabilidad, si esa variación es producto de la interacción materia-energía, no podemos comprender su comportamiento observando y describiendo sumativamente sus elementos. Dicho de otra manera, ¿el tiempo resulta del agregado de una cierta temperatura, nubosidad, humedad, precipitaciones, determinada presión y condiciones del viento? ¿O el tiempo es el estado de la atmósfera en un instante, producto de “esa danza” entre la radiación solar y la materia constituyente de la atmósfera que, a su vez, interactúa con la hidrosfera, la geosfera y la biosfera?

¿Cómo hacerlos avanzar desde esos fenómenos atmosféricos que conocen y mucho? ¿Cómo acercarlos a la conceptualización de una atmósfera siempre en movimiento, cambiante, por la interacción constante entre la materia y la energía?

«La atmósfera, junto con los océanos que le aportan agua, no son precisamente una simple capita tranquila sino que conforman un sistema complejo en el que se reparten una y otra vez la energía que la Tierra recibe del Sol.» (Ruiz, 2012:105)

Enseñar tiempo atmosférico implica también hacerlos pensar sobre las relaciones con nuestra salud, con las actividades de la sociedad y con los seres vivos; en suma, analizar sus relaciones con lo individual, lo local, lo social y lo global, incluyendo la responsabilidad de las acciones humanas. Es en sí una temática muy compleja y más aún cuando la enmarcamos en su relación con los ecosistemas y los problemas medioambientales.

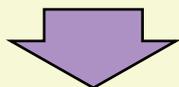
Involucra conocimientos de distintas disciplinas. Necesitamos de la Astronomía, la Física, la Química y la Biología. Entre otros conceptos implicados encontramos: radiación solar, movimientos de la Tierra, inclinación del eje, estados de la materia y sus cambios, gases, mezcla, presión, densidad, respiración, electricidad, ondas, temperatura...

Desde esta perspectiva compleja corresponde leer los contenidos programáticos; debemos buscarlos no solamente en Geología, sino en las otras disciplinas de las Ciencias de la Naturaleza y aún en las Ciencias Sociales.

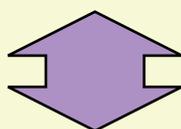
FÍSICA	
Tres años	La sensación térmica.
Tercer grado	La temperatura y su medición.
	Instrumentos de medida.
	Los cambios de temperatura producidos por radiación.
Cuarto grado	La diferencia entre calor, temperatura y sensación térmica.
	La presión en el interior de un fluido.
	El peso y la masa.
Quinto grado	La transferencia de energía por calor. El equilibrio térmico.

QUÍMICA	
La variación de la temperatura y los cambios de estado.	Cinco años
La dilatación térmica en gases.	Tercer grado
La evaporación y la condensación.	Cuarto grado
Las soluciones gaseosas. El aire. La variación de la densidad con la temperatura.	Sexto grado

ASTRONOMÍA	
Tres años	La radiación solar.
Primer grado	La radiación proveniente del Sol: visible, infrarroja y ultravioleta.
	El sistema Tierra – Sol.
Segundo grado	La luz solar.
Tercer grado	Las diferencias térmicas diarias.
	La traslación de la Tierra.
Cuarto grado	La inclinación del eje terrestre.



GEOLOGÍA			
	HIDROSFERA	ATMÓSFERA	GEOSFERA
Tres años	----	----	----
Cuatro años	----	----	----
Cinco años	----	Las variaciones del tiempo atmosférico.	----
Primer grado	----	Los elementos del tiempo atmosférico y su influencia en el relieve.	----
Segundo grado	----	La relación tiempo atmosférico – estaciones.	
Tercer grado	El tiempo y las precipitaciones como agentes erosivos.		
Cuarto grado	----	La influencia de la radiación solar en el tiempo atmosférico.	
Quinto grado	----	La diversidad climática en el sistema tierra y su relación con el relieve y la radiación solar.	
Sexto grado	----	----	----



BIOLOGÍA	
Primer grado	Los cuidados de la piel: radiación UV.
Quinto grado	Las alteraciones actuales de la atmósfera.

GEOGRAFÍA	
El tiempo atmosférico y las actividades humanas.	Cinco años
Las alteraciones de los elementos del tiempo atmosférico. Las inundaciones y las sequías. Las incidencias en las actividades humanas.	Primer grado
La influencia del tiempo atmosférico en las actividades productivas. La intervención humana para prevenir o minimizar sus efectos.	Segundo grado
Los elementos del tiempo atmosférico y sus características en el Uruguay.	Tercer grado
Climas de las Américas. Los factores climáticos y su relación con los biomas.	Quinto grado
La interacción entre el cambio climático y los ecosistemas acuáticos y terrestres.	Sexto grado

La ausencia del contenido “*atmósfera*” en toda la escolaridad y que “*el aire*” figure explícitamente recién en sexto grado parece, a primera vista, un obstáculo importante. Sin embargo no es insalvable, simplemente implica tener presente la concepción cotidiana que del aire tienen los niños y la necesidad de acercarla a otra con la cual sostener la enseñanza del tiempo atmosférico. Proponer actividades que les posibiliten pensar en la existencia del aire no solamente en ambientes exteriores, sino también en interiores; pensar en aire “quieto”; pensar el aire como “algo” que nos rodea, que “se calienta y se enfría”, que se mueve, que sostiene, que se puede “atravesar”...

Si bien el tiempo atmosférico no es el resultado de la suma de los valores o las características de sus elementos, importa que los niños

realicen observaciones, mediciones, registros en diferentes gráficos y que empleen las formas usuales de representación simbólica. Es solo que no podemos quedarnos allí, en la mera descripción, en un enfoque empírico. A partir de las evidencias recogidas se deben construir las primeras variaciones, las primeras regularidades en la variación, y con ellas plantearse las primeras relaciones que a lo largo de la escolaridad se irán haciendo más complejas o modificando.

La radiación solar es el motor inicial de todos los procesos atmosféricos; por eso podemos decir que el elemento central es la temperatura, la medida de la energía cinética de la masa de aire. Al igual que con el aire, empezaremos usando la concepción cotidiana que los niños tienen de la temperatura. ¿Cómo ir más allá de las prácticas

habituales? Podemos estudiar su variación, su regularidad y sus relaciones con los otros elementos del tiempo atmosférico. Empecemos por lo vivencial: la temperatura cambia a lo largo del día. Por eso no alcanza con hacer una única medición, interesa medirla en distintos momentos a lo largo de la jornada. De esta forma, el análisis de los datos permitirá construir una variación: la temperatura del aire es menor en la mañana, aumenta al mediodía y disminuye en la tarde hacia la noche. La lectura de informes meteorológicos permitirá saber que continúa descendiendo hasta el amanecer. Buscar explicaciones a esta variación requiere establecer relaciones con conocimientos astronómicos; en primera instancia, con el movimiento aparente del Sol y la diferente incidencia de la radiación solar a lo largo de las horas día, ya que el niño considera que es el Sol el que calienta el aire. En grados posteriores, la presencia de cumbres nevadas cuestionará esa idea –están “más cerca” del Sol y la temperatura es menor–; en este caso será la Química quien informe sobre las propiedades de los materiales: el aire “deja pasar” la radiación solar, son las superficies terrestre y oceánica las que la absorben a diferente velocidad y transfieren energía, “calientan” ahora sí el aire. Durante la noche, ante la ausencia de la radiación solar, la superficie terrestre emite menos y el aire se “enfriá”. Esta

variación diaria de la temperatura es una regularidad, sucede con mayor o menor amplitud en todos los períodos que tomemos, en todas las estaciones y en distintas regiones.

Pensemos ahora en relacionar la temperatura con los otros elementos del tiempo, por ejemplo, con la presión y el viento. Para eso debemos estudiar el cambio que ocasiona su aumento o disminución en la masa de aire; trabajar con el modelo corpuscular de la materia permitirá comprenderlo, y explicar las variaciones de presión y la formación del viento.

A mayor temperatura, mayor energía cinética, mayor expansión, menor densidad y, por lo tanto, es menor la presión que ejerce esa masa de aire que tiende a subir y es reemplazada por otra masa de aire de menor temperatura, más densa y que ejerce mayor presión. Se originan así los vientos, responsables de mantener el equilibrio al transferir energía horizontal y verticalmente en la atmósfera.

En esta misma línea de trabajo recomendamos el capítulo 2, “Los fenómenos atmosféricos. Cómo organizamos el estudio”, del libro *Inmersos en el aire miramos el cielo*, de García y Martínez (2013). Tiene una interesante propuesta de enseñanza; a partir de una secuencia compleja selecciona preguntas e ideas clave, que concreta en actividades comentadas. 

Bibliografía consultada y recomendada

- CAMILLONI, Inés; VERA, Carolina (2006): *El aire y el agua en nuestro planeta*. Buenos Aires: Eudeba. Colección Ciencia Joven 19.
- GARCÍA BARROS, Susana; MARTÍNEZ LOSADA, Cristina (2013): *Inmersos en el aire miramos el cielo. Los fenómenos atmosféricos y astronómicos*. Barcelona: Editorial Graó. Colección Ciencias en Primaria 3.
- NOUEL-RÉNIER, Juliette (2009): *Cómo descubrió el hombre que el planeta se está calentando*. Barcelona: Ed. Océano Travesía.
- RECALDE, Sandra; MANDÓN, María Josefa; TORRES, Pablo; DIEZ, Marcelo Alejandro (2013): *Cambio climático*. Buenos Aires: Ministerio de Educación de la Nación. Colección Escritura en ciencias 10. En línea: http://cedoc.infed.edu.ar/upload/10Cambio_climatico.pdf
- RUIZ, Diego Manuel (2012): *Ciencia en el aire. Presión, calentamiento, lluvias, vientos, rayos y centellas! en la atmósfera terrestre*. Buenos Aires: Siglo XXI editores. Colección Ciencia que ladra... Volumen doble.
- SEED (Schlumberger Excellence in Education Development) (2014): “La energía y el cambio climático mundial”. En línea: <http://www.planetseed.com/es/sciencearticle/la-energia-y-el-cambio-climatico-mundial>

Simulaciones

“Un Niño ‘malo’: el fenómeno del ENSO”. En línea: [http://www.juntadeandalucia.es/averroes/manuales/sistemas_externos/Tierranimac01_archivos/elnino\[1\].swf](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/manuales/sistemas_externos/Tierranimac01_archivos/elnino[1].swf).

Videos

- “La atmósfera terrestre y su estudio”. En línea: <https://www.youtube.com/watch?v=GbW1iJQoevs>
- “Meteorología sencilla para niños”. En línea: <https://www.youtube.com/watch?v=YVGLWeqgI9c>
- “¿Qué es el cambio climático?”. En línea: www.youtube.com/watch?v=p-CUUVW3fY
- “¿Qué es la variabilidad y el cambio climático?”. En línea: <http://www.pedeciba.edu.uy/QueEs/cambioclimatico.html>

Sitios web

- Instituto Uruguayo de Meteorología. En línea: <http://meteorologia.gub.uy/>
- La atmósfera. En línea: <http://www.cte.edu.uy/ctel/teorico/2/Atmosfera1-Renom.pdf>
- The Weather Channel – Mapoteca. En línea: <http://espanol.weather.com/mapRoom/mapRoom?lat=53.81&lon=-5&lev=5&from=home&type=euro-rad&title=Radar>