

LA EVAPORACIÓN EN CUERPOS DE AGUA

VALENTINA ESCUDERO

RODRIGO OJEDA

Resumen

La siguiente indagación científica busca dar una mirada general al proceso del ciclo del agua, tomando como referencia una de sus fases principales, la evaporación. El objetivo es responder a una interrogante conceptual en la que se introducen las variables que inciden en este proceso: la radiación solar y las características del cuerpo de agua. El desarrollo de la investigación se llevó a cabo mediante una metodología basada en un experimento práctico que permitió demostrar y explicar la influencia de las variables anteriormente nombradas en el ciclo hidrológico, diseñando una puesta en práctica simple y eficaz para aquel fin.

Palabras clave: ciclo del agua, evaporación, temperatura.

1. Introducción

La labor indagatoria se pregunta y diagnostica el área de estudio en la que se identifica la disciplina geográfica. Para esto, se utilizará el análisis de Dollfus sobre la perspectiva de la geografía, es decir, sobre la ciencia que estudia esencialmente el espacio mediante los

fenómenos o hechos que tienen lugar sobre la superficie terrestre y la biosfera que le rodea (Dollfus, 1978). Asimismo, este análisis estudia la distribución de los elementos que pertenecen al espacio, a través de una dualidad que busca tanto describir cómo explicar. Por consiguiente, el espacio, en específico el geográfico, tiene una variedad de significados que cambian según la disciplina a la que se adscribe, pudiendo así describirse, en el caso de esta investigación, como una porción específica y concreta de la superficie terrestre (Higuera, 2003). Por tanto, cada fenómeno que se estudia tiene asiento en el espacio, por lo que debemos hacer siempre referencia a este.

Una vez establecidos los márgenes en los que se desarrolla la indagación, es pertinente describir el problema científico y continuar con una aproximación conceptual equivalente a una explicación.

En específico, esta indagación se centrará en el fenómeno de la evaporación, en cómo ocurre y por qué ocurre, y su variabilidad según los cuerpos de agua en los que sucede, prestando atención al grado de radiación solar. Tomando en cuenta este fenómeno natural con presencia mundial, se puede observar el principio de coordinación, también llamado el principio de analogía (Hurtado, 1985), que básicamente afirma que fenómenos similares ocurren en lugares apartados de la superficie del planeta Tierra. De igual forma, como se verá más adelante, si bien existen fenómenos similares, también los hay sin relación aparente, pese a estar en condiciones semejantes. O al revés, existen dos situaciones geográficas con

elementos similares y resultados variados.

Una vez presentada la interrogante que guiará la investigación, se procede a conceptualizar teóricamente para comprender y manejar una serie de conceptos previos referentes al medio natural.

Uno de los conceptos clave, la evaporación, entendida como “el proceso mediante el cual un líquido se transforma en vapor” (Wisler y Brater, 1969). Siguiendo a estos autores, en este proceso de transformación de la materia, el agua, como todo cuerpo compuesto por un gran número de moléculas que interactúan entre sí, es regulada por las leyes de la termodinámica, pues, al fin y al cabo, la temperatura rige el comportamiento de las moléculas.

En este sentido, se evidencia la importancia de la radiación solar, ya que es energía calórica y afecta la temperatura de los cuerpos expuestos en la superficie de la Tierra y la atmósfera. Otra de las principales variables dentro del fenómeno de la evaporación lo constituye la presión, ya que hay una delgada capa de aire encima de ésta que presenta la misma temperatura que las moléculas que están en la superficie acuática. Por eso, la evaporación sólo puede ocurrir cuando la presión que está encima de esta capa de aire es menor, permitiendo así el paso del vapor de agua recién formado, ya que el aire asciende por la diferencia de temperatura o por diferencias de presión.

Toda esta confluencia de factores es explicada y formulada por Dalton, obteniendo una tasa de evaporación. Para resumir, el factor temperatura es el

más importante, pero hay muchos otros que inciden en este proceso.

La evaporación es un fenómeno global que ocurre en todos los cuerpos de agua, es decir, en toda masa de moléculas que están unidos dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, siendo transformada la sustancia líquida en una gaseosa. Pero, aun así, este proceso no es aislado, sino que es parte de uno de mayor envergadura, el llamado ciclo del agua, de vital importancia para toda la vida.

Para comenzar, sin agua en estado líquido no hay vida, pero la cuestión es que para mantenerla en este estado debe haber una serie de factores referentes a la temperatura y la presión propicios, que en la Tierra se dan, una muy gran especialidad del universo conocido por el humano. Este ciclo permite mantener proporciones constantes de agua en estado líquido, ya que se necesita una fluctuación de entre 1° Celsius y 30° Celsius como temperatura promedio global, pasando por los tres estados de la materia: líquida, gaseosa y sólida.

El ciclo del agua es el proceso mediante el cual el agua se transforma continuamente entre los distintos estados de la materia. El paso del agua en estado líquido al gaseoso se llama evaporación (explicado anteriormente), en él, el agua evaporada pasa por el proceso de condensación, formando nubes, las que posteriormente, al enfriarse, provocan la precipitación, devolviendo al agua a su estado líquido, devolviendo las reservas hídricas tanto al suelo, como a las plantas, animales, superficie y a los cuerpos de agua, independiente de su tamaño, sean ríos,

lagos, salares o mares (Berner y Berner, 1987).

El segundo proceso de importancia de este ciclo es la condensación, que involucra el paso del vapor de agua que se encuentra en el aire, es decir, en la atmósfera, en agua líquida. Por último, el agua luego de condensarse y haberse acumulado en torno a algún punto sólido, como impurezas del aire, por ejemplo, ésta, vuelve al estado líquido y cae hasta la superficie terrestre. Su forma varía según su estado, como lluvia, granizo y nieve y al caer estos, pueden aterrizar tanto en los continentes como en los océanos.

En el continente, parte del agua que cae humedece la superficie y rápidamente vuelve a la atmósfera al evaporarse, la otra situación posible es que esta se infiltre en el suelo y retribuya a la masa oceánica, a través de la desembocadura de ríos o manantiales. Lo anterior, mediante la escorrentía superficial y subterránea respectivamente. Otra forma de mantención de este compuesto vital en la superficie continental sucede cuando el agua se encuentra retenida en la cima de altas montañas, cerros de menor altitud o en los lagos, se puede aislar en las capas freáticas del interior (Aguilera et al., 2016).

De todo lo revisado anteriormente se puede concluir que existen dos factores primordiales para el fenómeno de la evaporación en el ciclo del agua: el primero, responde al volumen del cuerpo de agua y asegura la retroalimentación del agua, mientras que la segunda responde al componente calórico, es decir, la temperatura, pero ¿Qué es? Y ¿Qué significa esto?. El calor es un tipo de energía, y la temperatura es su

consecuencia. Al querer elevar la temperatura de una sustancia se eleva de igual forma el calor de exposición al propio cuerpo, de esta forma, se consigue elevar en un grado la temperatura de un gramo de sustancia, esto se denomina calor específico y el del agua es cinco veces mayor que el del aire, es decir, la misma cantidad de calor elevaría la temperatura del aire cinco veces más que la del agua, influyendo en el clima, por lo que mares y océanos acumulan calor y lo pierden lentamente, suavizando el clima de la tierra próxima (Aguilera et al., 2016).

Una vez conceptualizados esta serie de fenómenos y términos que se usarán frecuentemente a lo largo de la investigación, se nombran actividades similares con la utilización de las mismas bases teóricas.

En primer lugar, se nombra una actividad propuesta para una sesión escolar, en la que se realizan los siguientes ejercicios: llenar dos recipientes con la misma cantidad de agua, cerrar con tapa uno y observar cada día, marcando con un palo de madera el nivel de agua (lo anterior demostraría el efecto y la existencia de la evaporación). A continuación, el ejercicio sería agregar sal a los recipientes con agua, viendo que luego de evaporarse, la sal queda, demostrando que tanto el agua dulce, como los lagos, como el agua salada (mar) se evaporan (Aquarius, 2017). Esta actividad tiene relevancia al poder entregar una manera sencilla de poder explicar y observar la evaporación, obteniendo datos cuantificables sobre la tasa de evaporación.

Para el segundo caso revisado, es preciso introducir un concepto

recurrente: la salinidad. Esta se define como la cantidad de iones salinos que posee un cuerpo de agua, siendo los más comunes el Yeso, la Calcita y moléculas de cloruro. El caso trata sobre el mar muerto (Bubis, 1998), el cuerpo de agua más salino del mundo. Pese a esto, su cauce ha descendido por el cambio de curso de sus afluentes de agua dulce. Asimismo, las altas temperaturas también influenciarían el nivel de salinidad del agua, aumentando finalmente la tasa de evaporación. Evidentemente es un caso excepcional a nivel global y, a pesar de ser local, puede ayudar a comprender otros fenómenos a escala global, en específico, a introducir otra variable en la indagación científica.

2. Metodología

Una vez comprendido que la evaporación es el fenómeno central de la investigación, se procederá con una actividad práctica para comparar la tasa de evaporación en función de la radiación solar recibida por los cuerpos de agua. La temperatura se considera una variable crucial para la evaporación, por lo que se compararán distintos cuerpos de agua a temperaturas de 10° C y 30° C. Además, se medirá la salinidad del cuerpo de agua como otra variable relevante.

2.1. Materiales

Para el desarrollo de esta indagación se utilizaron los siguientes materiales y herramientas:

- Seis recipientes.
- Seis recipientes pequeños.
- Papel film.

- Jeringa medidora.
- Taza medidora.
- Cinta adhesiva.
- Agua.
- Sal.
- Peso (para este caso específico, se utilizaron limones).
- Hervidor.

Antes de abordar el contenido y explicación del experimento, se detallarán los primeros pasos, es decir, se explicará cómo preparar un recipiente genérico.

Para comenzar, se rellenó un recipiente de vidrio con 150 mililitros de agua, medidos con una taza, y se colocó un recipiente más pequeño dentro de este. Se aseguró que el agua no se desbordara ni ingresara por los costados del recipiente pequeño. Luego, ambos recipientes se sellaron completamente con papel film, fijándolos con cinta adhesiva, y se colocó un limón encima para agregar peso. Posteriormente, se expuso el conjunto al sol, permitiendo que la energía calórica facilitara la evaporación del agua contenida. Al estar sellado, el vapor no pudo escapar a la atmósfera. Esto permitió medir la cantidad de agua evaporada: utilizando una jeringa, se determinó cuánta agua permaneció en el fondo del recipiente mayor, siendo la diferencia la cantidad evaporada. Además, se calculó la tasa de condensación midiendo el agua que se acumuló en el recipiente menor.

Se realizaron dos experimentos: uno con agua dulce y otro con agua salada. En cada experimento, se compararon dos pares de recipientes: dos que representaban cuerpos de agua salada y dos de agua dulce. El agua salada se preparó de acuerdo con el promedio de

salinidad marina, disolviendo 5 gramos de sal en 150 mililitros de agua (equivalente a 35 gramos de sal por litro). En ambos experimentos, se mantuvieron cuerpos de agua a temperaturas iniciales de 10° y 30° Celsius, respectivamente, expuestos al sol, ya que bajo la sombra la evaporación es mínima y difícil de medir. Los recipientes fueron revisados cada tres horas para medir la tasa de evaporación, y cada experimento se repitió tres veces para asegurar la validez de los datos.

Imagen 1. Experimento que mide la evaporación.



Fuente: Elaboración propia.

En los recipientes de agua salada, las tasas de evaporación oscilaron entre 39.5ml , 35 ml y 41 ml, mientras que las tasas de condensación entre los 7 ml, 6 ml y 7 ml respectivamente, todos estos datos corresponden al contenedor de agua a 30° C. En el caso de los de agua fría, se presentaron tasas de evaporación de 24 ml , 21 ml y 25 ml, mientras que las de condensación fueron de 5 ml, 4 ml y 5.5 ml respectivamente.

Para el experimento dos (con el agua tibia) se obtuvieron los siguientes valores: una tasa de evaporación de 40 ml, 38 ml y 39 ml, mientras que de condensación una tasa de 6 ml, 4 ml y 5,5 ml respectivamente. En cuanto a los valores con el agua fría, se tiene una

evaporación, de 20 ml, 23 ml y 22 ml, y una condensación de 3.5 ml, 4 ml y 4 ml.

3. Resultados

Tabla 1. Resultados cuerpo de agua salino N°1.

Tasa de Evaporación		
Cuerpo de agua	Salado	
Temperatura (C°)	30°	10°
Repetición 1	39,5 ml	24 ml
Repetición 2	35 ml	21 ml
Repetición 3	41 ml	25 ml
Promedio	38,50	23,33

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Resultados cuerpo de agua salino N°2.

Tasa de Condensación		
Cuerpo de agua	Salado	
Temperatura (C°)	30°	10°
Repetición 1	7 ml	5 ml
Repetición 2	6 ml	4 ml
Repetición 3	7 ml	5,5 ml
Promedio	6,66 ml	4,83 ml

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Resultados cuerpo de agua dulce N°1.

Tasa de Evaporación		
Cuerpo de agua	Dulce	
Temperatura (C°)	30°	10°
Repetición 1	40 ml	20 ml
Repetición 2	38 ml	23 ml
Repetición 3	39 ml	22 ml
Promedio	39 ml	21,66 ml

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Resultados cuerpo de agua dulce N°2.

Tasa de Condensación		
Cuerpo de agua	Dulce	
Temperatura (C°)	30°	10°
Repetición 1	6 ml	3,5 ml
Repetición 2	4 ml	4 ml
Repetición 3	5,5 ml	4 ml
Promedio	5,16 ml	3,83 ml

Fuente: Elaboración propia.

Las tablas representan y cuantifican el experimento diseñado para medir el principal factor que influye en el ciclo del agua, especialmente en la evaporación. La medición de las tasas se realizó en binomios, considerando las variables del tipo de cuerpo de agua (dulce y salada) y su temperatura inicial, seleccionando entre 10° y 30° Celsius, respectivamente.

En las tablas se observa que el valor máximo se obtuvo en la repetición número 3 del agua salada, con una temperatura inicial de 30°C, registrando un total de 41 ml. En el caso del agua dulce, el máximo fue de 40 ml en la repetición 1, también a una temperatura de 30°C. Por otro lado, las tasas de condensación, en primera instancia, no resultan relevantes debido a la naturaleza de la metodología empleada para cuantificar numéricamente la cantidad de agua evaporada. Además, la condensación responde a múltiples variables difíciles de medir en las condiciones de este experimento. No obstante, decidimos medirla de todas formas, ya que este dato podría contribuir a un entendimiento más completo del proceso de evaporación.

Volviendo con la idea anterior, en lo referente a la tasa de evaporación, se observa que los datos mínimos en la sección de los cuerpos de agua que tuvieron una temperatura inicial de 30° C fueron de 35 ml y 38 ml para agua salada y dulce respectivamente, en ambos casos en la repetición 2, habiendo entre estos valores un mayor rango que para el caso de los máximos, los cuales a su vez fueron en repeticiones distintas. Para el caso de los cuerpos de agua con una temperatura inicial de 10°C, los valores máximos fueron de 25 ml para el agua salada en la repetición 3, y de 23 ml para

el agua dulce en la repetición 2. Estos valores son claramente inferiores a los registrados en las pruebas con una temperatura inicial de 30°C. Además, al observar los valores máximos, se puede evidenciar una correlación entre los resultados mínimos dentro de esta categoría. Para el agua salada, el valor mínimo fue de 21 ml en la repetición 2, mientras que, curiosamente, esta repetición presentó el valor máximo para el agua dulce, lo que muestra una notable diferencia. El valor mínimo para el agua dulce se encontró en la repetición 1, con un registro de 20 ml.

En lo referente a la tasa de condensación, se tomaron los datos agrupados por característica del cuerpo de agua y la temperatura, obteniendo finalmente 7 ml de agua, el valor máximo en una temperatura inicial de 30° C. En la repetición uno y tres fue de 7 ml, dato presentado tanto en la repetición uno como en la tres, mientras que para el agua dulce se tiene un valor de 6 ml en la repetición 1. Los valores mínimos en esta categoría fueron recabados de la repetición 2, siendo de 6 ml y 4 ml para el agua salada y la dulce respectivamente.

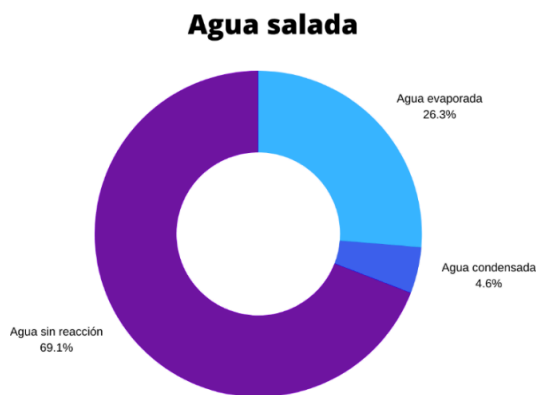
Cambiando de categoría, pero siguiendo en la tasa de condensación, la sección de cuerpos de agua puestos en observación a 10° C tuvo un valor máximo para nuestro cuerpo de agua salado de 5,5 ml en la repetición tres, mientras que en su similar pero dulce, en la repetición dos y tres, hubo una condensación de 4 ml. Por último, los valores mínimos se presentaron en la repetición 2 para el agua salada, con una tasa de 4 ml, y con el agua dulce se presentó en la repetición 1 con una tasa de 3,5 ml.

Finalmente, es importante presentar los promedios derivados de cada columna para todas las clasificaciones, ya que estos resultan especialmente relevantes al interpretar los resultados obtenidos. Como menciona Santos (2000), en la disciplina geográfica no es posible separar la descripción de la explicación, pues ambas están intrínsecamente ligadas.

4. Discusión

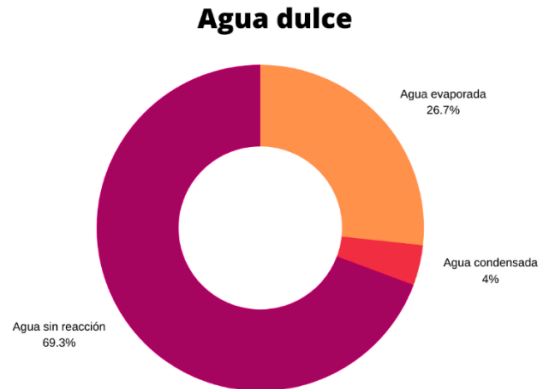
Inicialmente, y como parte del trabajo de inferencia basado en la experiencia del Mar Muerto (Bubis, 1998), se planteó que la tasa de evaporación sería significativamente mayor en cuerpos de agua con alta salinidad. Sin embargo, los datos obtenidos en el experimento no evidencian esta premisa; por lo tanto, la hipótesis no sólo no se comprueba, sino que es desestimada. De acuerdo con los gráficos, específicamente las imágenes seis y siete, se observan diferencias mínimas e incluso una mayor tasa de evaporación en el cuerpo de agua dulce.

Gráfico 1. Repetición N°1 con temperatura inicial de 30° Celsius.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 2. Repetición N°1 con temperatura inicial de 30° Celsius.



Fuente: Elaboración propia.

Lo anterior es de suma importancia para esta investigación, ya que la pregunta que guió el estudio se centra en las dos variables medidas: la característica del cuerpo de agua y el grado de radiación solar. Esto sugiere que la salinidad del agua podría tener un impacto menor en la tasa de evaporación, al menos en el contexto de este experimento. Los resultados obtenidos con 150 ml de agua indican que, en el entorno evaluado, la salinidad no afecta significativamente la evaporación, o su efecto no es observable en esta escala, por lo que su relevancia es limitada.

Cabe destacar que esta situación se defiende y se ejemplifica mediante la creación de gráficos que compararon el agua dulce y el agua salada a 30°, con el motivo de desestimar la característica del cuerpo de agua como variable importante. Si se mide la tasa de condensación en vez de la tasa de evaporación ocurre lo mismo, tanto en agua dulce como en agua salada, obviamente comparando las versiones que fueron puestas a la misma temperatura inicial, puesto que carecería

de sentido el comparar las muestras colocadas a 30° C con las de 10° C, por algo que se explicará prontamente.

El hecho de que el nivel de salinidad del cuerpo de agua objetivo no sea una variable determinante causó un impacto en lo que concierne a este trabajo, ya que pese a que no se encontró evidencia en estudios similares que apoyen esta tesis, se puede rescatar para estudios posteriores.

La información recabada determinó que la salinidad no es una variabilidad considerable en el proceso del ciclo del agua, aun cuando se puedan encontrar otros ejemplos en los que sí está presente, más no se puede afirmar que la salinidad sea la consecuencia de que exista un alto índice o tasa de evaporación en distintos cuerpos de agua. Por ejemplo, el caso del Salar de Lllamar, una cuenca cerrada formada por sedimentos con altas concentraciones salinas, y, producto de la evaporación, presenta un incremento de concentraciones salinas que van creciendo debido al déficit de agua (López, 1999). Este caso tiene directa relación con lo presentado, ya que la tasa de evaporación en los salares es altísima. Para agregar más material a la discusión se puede nombrar la existencia de varios estudios generales sobre salares en el norte de Chile, los cuáles comparten una serie de características, más allá de estudios diferenciados, sobre todo los enfocados en microorganismos, los cuáles no son prioridad para lo que pretende demostrar.

Entre estos estudios se presenta la investigación de Ericksen y Stoertz, en la que se hace uso de la geología

principalmente (1974), pero es pertinente nombrarlos ya que se considera que, en toda la zona norte de Chile, en la cual se encuentran los salares, hay una tasa de evaporación muy alta, otorgando una característica esencial a estas cuencas. Tal y como ocurre con el experimento, ya que las sales, sean cloruro de sodio, o yeso principalmente para el caso de los salares, no se evaporan, quedando en altas concentraciones y perdiendo agua, pero manteniendo sus minerales.

Siguiendo con el concepto de los salares, la salinidad no es la variable que determina o afecta en mayor medida al proceso de evaporación, pues este debate es sobre la variable más influyente en la evaporación, siendo finalmente la temperatura o el grado de radiación solar que recibe el cuerpo de agua. Esto se abordará mediante otra comparación, entre dos cuerpos de agua salinos, el océano Pacífico y el salar de Bellavista.

Estos lugares presentan tasas de evaporación distintas, lo que concuerda con los resultados del experimento. Aunque tanto el salar (ubicado a 20°45'S) como la costa chilena están a una distancia similar del ecuador y reciben una cantidad comparable de radiación solar, el índice de evaporación en el salar es superior al del mar. Esta diferencia se debe a que la temperatura de los cuerpos de agua varía entre estos dos ambientes.

El salar ha sido estudiado décadas atrás, y desde el año 1986 se decidió medir el promedio anual de precipitaciones durante 20 años, obteniendo una cifra de 1 mm/año, mientras que la tasa de evaporación de un tanque presentó una cifra promedio de 6 mm/año. Esto

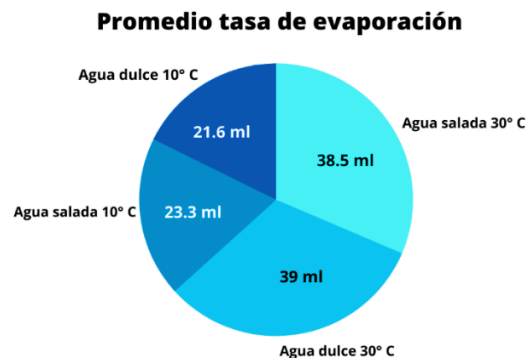
expresa que hay un déficit de agua, ya que se evapora mucho más rápido de lo que recibe agua (Grilli et al., 1989). Por otro lado, cerca de la costa, la temperatura del agua en el océano puede ser hasta 10°C más fría que en el resto del océano Pacífico. Esto se debe a la influencia de la corriente de Humboldt, que se origina en el sur de Chile y fluye de sur a norte, arrastrando aguas frías provenientes del océano Antártico. Esta corriente proporciona características distintivas al océano en esta región, diferenciándolo de otros océanos.

Al haber menor temperatura, se necesita de más energía para que el agua pase de estado líquido al gaseoso, por lo que el proceso de evaporación será más dificultoso, por tanto, presentará una tasa menor, sobre todo comparando la zona del mar frente a la costa chilena, a unos mil kilómetros de distancia (Fuenzalida et al., 2007) y los 20° latitud sur con el salar Bellavista que presenta una mayor tasa de evaporación (Juliá et al., 2009).

Una vez hecho este análisis, se puede afirmar, tanto por estos estudios similares, como por el trabajo de investigación, que el principal factor o variable que incide en el proceso de evaporación es la temperatura, siendo el más importante, ya que es este fenómeno el que otorga de energía calórica para poder romper los enlaces del agua y permitir su transformación a un estado gaseoso (Berner y Berner, 1987). Es así, que tal y como se graficó (ver Gráfico 3), se tiene una tesis final en la que los datos son concluyentes. La característica del cuerpo de agua, sea salino o no, es una variable menor e incluso irrelevante, ya que, la principal causa que permite el proceso de

evaporación es la temperatura. Lo importante entonces es la energía calórica que recibe la masa de agua, la que por regla general recibirá por la radiación solar. Así, observando el gráfico, se ven cuatro secciones en las que dos son similares a otras dos, siendo comparables dada la temperatura inicial de las muestras y semejantes a las observaciones hechas a los cuerpos de agua a 30° y a los cuerpos puestos a 10° C, siendo su salinidad irrelevante para la evaporación.

Gráfico 3. Promedios obtenidos.



Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, una vez resuelto el debate, se pueden destacar varias cuestiones que respaldan la metodología seleccionada y utilizada. Aunque el estudio del fenómeno de la evaporación no es nuevo, no ha sido extensamente investigado en tiempos recientes, y ha perdido algo de rigor en los últimos años. Esto se refleja en la bibliografía consultada, que en su mayoría corresponde a la década de 1980. Sin embargo, se han encontrado trabajos más recientes, como el de Juliá (2009), lo que sugiere que esta investigación puede contribuir a revitalizar el estudio del ciclo del agua en una escala más específica.

Lo anterior es mencionado debido a que una de las virtudes del método de trabajo es su simpleza, un experimento que puede replicarse sin la necesidad de tener implementos y herramientas propias de un laboratorio, sino que con elementos que fácilmente se encuentran en cualquier establecimiento escolar, por lo que es replicable para cualquier docente que necesite explicar, y, sobre todo, demostrar el ciclo de agua y cómo funciona.

Se explicita que, sobre la puesta en marcha, existieron dificultades para decidir las variables, ya que al principio se decidió comparar cuerpos de agua que no se exponían al sol, y, al estar en la sombra, presentaron una nula evaporación, por lo que fue una pérdida de tiempo el intentar medirlo. Por último, hay que agregar que, mientras mejor sellado esté la fuente con el agua, el experimento se desarrollará de manera más confiable.

5. Conclusión

Tal y como se vio anteriormente, y con el fin de romper la línea de las dificultades encontradas en el proceso de elaborar esta indagación científica, parece pertinente nombrar las virtudes de esta misma. Entre estas se destaca su sencillez, para ser replicado y profundizado, tanto en un contexto académico, pero principalmente en un contexto escolar, en el que sean estudiantes de nivel secundario quienes realicen el trabajo de poner agua en un recipiente y tapanlo, para poder probar y medir el proceso de evaporación. Asimismo, es una buena herramienta porque permite explicar un fenómeno tan

amplio, general y global como es el ciclo del agua.

Por otro lado, a pesar de que no se logró una profundidad conceptual comparable con la de la academia, se ha demostrado que el uso de diversas disciplinas científicas no solo enriquece el estudio, sino que también unifica diferentes enfoques. En este sentido, la geografía se complementa con aportes de la geología, como los de Ericksen y Stoertz; la hidrología, según Wisler y Brater; y las contribuciones del ingeniero Alejandro Grilli. Cada uno de estos campos aporta contenido y herramientas valiosas, resultando en un producto más completo y refinado. Esta interdisciplinariedad permite que la tesis se presente como un ejemplo de la ciencia contemporánea. Sin embargo, aún se necesita desarrollar una metadisciplina de la geografía que se inspire en la técnica, como lo señala Milton Santos (2000), quien destaca la deficiencia en la participación en debates entre disciplinas.

Dejando un poco de lado el aporte que supondría el revisar y replicar lo presentado en estas líneas escritas, no se puede finalizar sin antes exponer los propios beneficios que han obtenido los autores, tanto en lo conceptual como en lo procedimental.

En lo referente a lo conceptual y los aprendizajes que se lograron, se pueden nombrar el reconocer la importancia del ciclo del agua; diferenciar sus fases importantes y las variables que inciden en él; y finalmente, conocer acerca de la geografía física del territorio que habitamos pudiendo separar y comparar secciones y porciones del espacio, entre tantos otros. De esta forma, se pudo

diferenciar claramente entre las fases o secciones que interactúan en el ciclo del agua, como la evaporación, que guió la indagación, la condensación, y la fusión y precipitación, como las más importantes. Ahora bien, estas fases que componen el ciclo del agua transforman el espacio y los estados de materia, pero manteniéndose siempre constante en cantidad total, ya sea agua líquida, vapor de agua o como hielo (Berner y Berner, 1987).

No solo se adquirió conocimiento a partir de la lectura de diversos autores con enfoques variados sobre el mismo tema, sino que también se puso a prueba la responsabilidad, rigurosidad y organización en la investigación. La planificación y ejecución del estudio no se limitaron a seleccionar autores relevantes, sino que también incluyeron un método de prueba tanto teórico como práctico.

Para concluir, después de haber expuesto los beneficios inherentes a esta investigación y los posibles efectos positivos derivados de su análisis, se procederá a resumir los postulados fundamentales y las reflexiones desprendidas.

En conclusión, se demostró que el ciclo del agua es un fenómeno que ocurre en toda todo el espacio terrestre, tanto en un recipiente lleno de agua como en la atmósfera, por lo que el sólo hecho de poder verlo y demostrarlo, permite conocer este fenómeno al alcance de las manos con herramientas tan comunes como recipientes, papel film y cinta adhesiva.

En específico, se logró evidenciar que, en el proceso de evaporación lo que

influye en mayor medida es la temperatura, la cual es la energía necesaria para la producción de este fenómeno, quedando relegado a un plano irrelevante la variable de la salinidad del cuerpo de agua en cuestión. Asimismo, el análisis del salar de Bellavista refuerza el principio de analogía, evidenciando cómo, a pesar de las similitudes en las condiciones, las diferencias presentes alteran el panorama y los resultados obtenidos.

Es crucial reflexionar sobre la valorización del agua, aunque este estudio no permitió profundizar en este aspecto. El debate sobre el uso y manejo del agua es fundamental para evitar su despilfarro inadvertido y promover un uso sustentable. Tal como señala Miracle (2006), la gestión adecuada del agua es esencial para garantizar su disponibilidad y calidad para todos.

6. Bibliografía

- Aguilera, M. J., Borderías, M. P., González, M. P., y Santos, J. M. (2016). *Geografía General I. Geografía Física*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia. pág. 82.
- Aquarius. (2017). Sea surface Salinity from space: http://clace.us/NASA_Resources_Spanish_PDF/Aquarius-Education-Public-Outreach-SPA.pdf
- Berner, R., y Berner, E. K. (1987). *The global water cycle. Geochemistry and environment*. New Haven: Prentice-Hall, Inc.
- Bubis, M. (1998). *El mar muerto. Un mar insólito*. Museo, 23-29.
- Dolfus, O. (1978). *El análisis geográfico*. Barcelona: Oikos-Tau.
- Fuenzalida, W., Núñez, R., Garcés-Vargas, R., Bravo, J., y Figueroa, D. (2007). "Discusión del sistema de la corriente Humboldt y masas de agua en la zona norte y centro de Chile". *Revista ciencia y tecnología del mar*, 30(1), 21-36.
- Grilli, A., Pollastri, A., Ortiz, J., & Aguirre, E. (1989). Evaluación de tasas de evaporación desde salares, utilizando técnicas

- isotópicas–Aplicación en el Salar de Bellavista, Chile. Estudios de Hidrología Isotópica en América Latina, 155.
- Higuera, A. (2003). *Teoría y método de la geografía. Introducción al análisis geográfico regional*. Zaragoza: Prensas de la Universidad de Zaragoza.
- Hurtado, C., (1985). *Introducción a la geografía sistémica I*. Lima: UPSMP.
- Juliá, C., Montecinos, S., y Maldonado, A. (2009). *Características climáticas de la región de Atacama. Libro rojo de la flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación: Región de Atacama*, 25-42.
- López, P. L. (1999). “Características geoquímicas y pautas de evolución de las salmueras superficiales del Salar de Llamara”. *Revista geológica de Chile*, 26 (1), 89-108.
- Miracle, M. (2006). “Consideraciones y casos en torno al ciclo del agua”. *Polis*.
- Ribera, F. (2016). “Salinidad y aguas subterráneas”. *Hidrogeología emergente CIHS*, 1(6).
https://www.researchgate.net/publication/308327108_SALINIDAD_Y_AGUAS_SUBTERRAN EAS
- Santos, M. (2000). “La naturaleza del espacio”. Barcelona: Editorial Ariel, S.A.
- Stoertz, G., & Ericksen, G. (1974). Geology of salars in northern Chile. U.S Geological Survey Professional Paper
- Wisler, C., y Brater, C. (1969). *Hidrología*. La Habana: Instituto del libro.