

PATRON DE EXPLICACION GENETICA EN EL DESARROLLO DE UN SISTEMA HIDROLOGICAMENTE CERRADO

Gabriela A. Zanor

Centro de Investigaciones Geoquímicas y de Procesos de la Superficie (CIGES). Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Avenida Vélez Sarsfield 1611, X5016GCA, Córdoba, Argentina.
E-mail: gzanor@efn.uncor.edu

***Resumen:** Una explicación científica es aquella por medio de la cual se intenta, ante un enunciado verdadero, dar las razones que llevaron a que se produzca el hecho, descrito por dicho enunciado. Existen diferentes modelos de explicaciones científicas, cada uno de los cuales difiere en la forma en que sus premisas explicatorias se relacionan con el hecho a ser explicado (llamado explicandum). Una forma de explicar la ocurrencia de un sistema hidrológicamente cerrado (lagos salinos o salinas) con determinadas características, sería describir todos los eventos acontecidos por el sistema desde algún tiempo anterior hasta tiempos recientes. Esta explicación exhibe una estructura de explicación genética, ya que señala los cambios secuenciales ocurridos en un sistema determinado durante un periodo de tiempo considerable. La Paleolimnología es la disciplina científica que aporta las herramientas necesarias para estudiar la evolución paleoambiental de un ambiente lacustre cerrado y por ende, contribuye a alcanzar tal explicación genética. Los elementos componentes de la explicación genética en la temática analizada son las premisas y la conclusión. Las primeras se componen de enunciados singulares -que afirman las condiciones de datos y eventos- y de generalizaciones. Las afirmaciones generales afirman la ocurrencia de los eventos y enuncian las relaciones de dependencia entre los mismos. Por su parte, la conclusión se refiere al hecho que se pretende explicar. Se han distinguido distintos órdenes jerárquicos de eventos, reconstruidos por inferencias. Resulta de vital importancia contar con un contexto temático interdisciplinario y espacial bien definido, para encasillar la explicación brindada. También es importante contar con un marco teórico que permita reconocer las conexiones de los eventos mencionados. Se concluye mediante el análisis de todos los aspectos abordados, que el sistema explicatorio genético resulta satisfactorio para alcanzar una respuesta admisible a la problemática tratada.*

Palabras clave: Explicación científica, Explicación genética, premisas explicatorias, Paleolimnología, evolución paleoambiental, sistema hidrológicamente cerrado.

1 INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos de la actividad científica es el de proveer explicaciones sistemáticas construidas responsablemente. Las ciencias difieren en el énfasis que emplean en obtener explicaciones sistemáticas y también, en el grado de éxito alcanzado en el desarrollo de tales sistemas explicatorios. Según Klimovsky (1995) una explicación científica proporciona razones para que aquello que parecía intrigante, una vez explicado, deje de serlo y se transforme en un hecho natural que debió haber ocurrido así, y no de otra manera. Las disciplinas científicas ofrecen explicaciones diferentes para responder de manera más admisible los casos y problemas que en ellas se generan. Son las siguientes: Deductivas, Probabilísticas, Funcionales o Teleológicas y Genéticas (Nagel, 1968).

La disciplina científica Paleolimnología, -definida como el estudio del registro sedimentario de los lagos- tiene como uno de sus objetivos explicar la evolución paleoambiental de estos sistemas naturales. En consecuencia, podríamos considerar que esta área científica utiliza el modelo de explicación genética ya que está comprometida en brindar una explicación que mencione los cambios secuenciales ocurridos durante un período de tiempo, y considera relatos de eventos extendidos temporalmente.

En la actualidad el estudio del registro paleolimnológico de los sistemas hidrológicamente cerrados (lagos salinos o salares) se ha convertido en una herramienta clave para reconstruir la historia ambiental de los mismos y establecer patrones de cambio climático. Las influencias climáticas que actúan sobre las cuencas cerradas son extremadamente complejas e incluyen una gran diversidad de efectos directos e indirectos sobre las mismas (Fritz, 1996). Tales impactos quedan registrados en los sedimentos, los que constituyen un archivo detallado de las variaciones climáticas, hidrológicas, sedimentológicas, geoquímicas y biológicas (Eugster et al, 1983). Para inferir en forma consistente condiciones ambientales pasadas a partir de registros paleolimnológicos, se deben seguir dos líneas fundamentales de análisis, que se detallan a continuación.

1. Los registros paleolimnológicos deben ser de extensa duración temporal para poder establecer tendencias de variabilidad climática natural de altos períodos. Si tomamos como referencia la información climática histórica e instrumental obtenida en tiempos modernos seguramente ésta estará afectada por la intervención humana. Según Fritz (1996) los archivos paleolimnológicos son una herramienta fundamental para descifrar los patrones ambientales anteriores al impacto antropogénico proveyendo de una completa información de estados del sistema climático.
2. Se deben realizar estimaciones del estado ambiental durante tiempos del pasado a través del uso de diversos indicadores climáticos o variables *proxies* (Kump et al, 1991). Una variable *proxie* es una medida indirecta de un parámetro determinado (e.g., un nivel de sal representa fases de evaporación). El estudio que abarque un análisis múltiple de variables *proxies* será la mejor aproximación que permita reconstruir la historia paleoambiental y paleodepositacional del sistema.

Ante las consideraciones mencionadas, la propuesta de este trabajo es analizar como la Paleolimnología utiliza el modelo de explicación genética para alcanzar una respuesta admisible al paso evolutivo de un sistema natural topográficamente cerrado. El objetivo es estudiar la construcción de una explicación genética que aborde este caso particular, haciendo hincapié en los elementos componentes de la estructura de esta explicación. Además, es intención enfatizar en las funciones que desempeña el tipo de explicación consignada en el tratamiento de esta temática.

Finalmente, este trabajo plantea el análisis de distintas publicaciones referidas al tema planteado, identificando el patrón de explicación genética utilizado e interpretando sus aspectos más relevantes.

2 BREVE RESEÑA DE LOS DISTINTOS MODELOS DE EXPLICACIONES

Si bien los diferentes tipos de explicaciones buscan dar una respuesta a la pregunta “¿por qué...?” las distintas clases de preguntas introducidas por un ¿por qué? no son todas del mismo tipo ni son respondidas de la misma forma. Las ciencias suministran explicaciones a tales preguntas y las explicaciones difieren en la forma en que las premisas explicatorias están relacionadas con su *explicacanda* (*).

A continuación se resumen las principales características de los distintos patrones de explicaciones (Nagel, 1968).

Deductivas: un tipo de explicación con el que comúnmente tropiezan las ciencias naturales, aunque no exclusivamente estas disciplinas, poseen la estructura formal de un argumento deductivo, en el que el *explicandum* es una consecuencia lógicamente necesaria de las premisas explicatorias. En efecto, en este tipo de explicaciones las premisas enuncian una condición suficiente (y a veces, aunque no siempre, una necesaria) para la verdad del *explicandum*.

Existen variaciones con respecto al modelo deductivo que ilustran el grado diverso del mismo. El *explicandum* puede estar referido a un hecho histórico, a un evento individual o a un fenómeno estadístico y en otros casos, son leyes estadísticas o leyes estrictamente universales. En las leyes universales, estas generalizaciones pueden afirmar una asociación de determinados principios o leyes, entonces las premisas explicatorias en si mismas son enunciados de leyes universales. Sin embargo, en muchos casos las premisas son afirmaciones generales que hacen uso de nociones “teóricas”, lo cual diferencia a otros casos en que las premisas incluyen afirmaciones que se asocian con procedimientos experimentales que miden propiedades físicas. Es así como, las premisas explicatorias pueden incluir enunciados teóricos o estar representadas por nociones de leyes experimentales. Resta mencionar que, si el *explicandum* es una ley estadística, la premisa explicatoria contiene afirmaciones de contenido estadístico.

(*) *Explicanda*: el hecho a ser explicado.

Probabilísticas: prácticamente en todas las disciplinas científicas las explicaciones no se siguen de una forma deductiva ya que sus premisas explicatorias no implican formalmente su *explicanda*. Ciertamente las premisas son lógicamente insuficientes para asegurar la verdad del *explicandum*, convirtiéndolo a este último en “probable”. Usualmente las explicaciones probabilísticas toman lugar cuando las premisas explicatorias contienen una afirmación estadística acerca de alguna clase de elementos, mientras que el *explicandum* es un enunciado singular acerca de un miembro individual de esa clase.

Se ha sostenido en varias oportunidades que las explicaciones probabilísticas son solo situaciones temporarias intermedias en la búsqueda de algún ideal de patrón deductivo, por lo tanto no constituirían un tipo diferente del mismo. En este sentido, lo único que se debería hacer es reemplazar en las explicaciones probabilísticas las afirmaciones estadísticas incluidas en las premisas por enunciados estrictamente universales. En muchas áreas de estudio es extremadamente difícil poseer leyes universales estrictas. A veces lo único que puede ser establecido con alguna garantía es una regularidad de tipo estadística.

Por lo tanto, las explicaciones probabilísticas no deben ser excluidas del tema de discusión ya que son muy utilizadas en distintas áreas de investigación.

La distinción entre deductivas y probabilísticas se basa en diferencias patentes en la forma en que las premisas y el *explicanda* están relacionadas una con la otra, y no en cualquier diferencia en el conocimiento de las premisas.

Funcionales o Teleológicas: en muchos contextos de investigación -especialmente, aunque no exclusivamente, en Biología y en el estudio de las relaciones humanas- las explicaciones se dedican a indicar una o más funciones (o disfunciones) que una unidad ejecuta para poseer ciertas propiedades de un sistema a la que la unidad pertenece, o a enunciar el rol que una acción ejecuta en lograr algún objetivo.

Es característico de las explicaciones funcionales que empleen ciertas frases típicas, tales como: “a fin de”, “en razón de” y otras semejantes.

Se deben distinguir dos casos en las explicaciones funcionales:

- una explicación funcional puede ser considerada para un acto, estado o cosa particular ocurriendo en un tiempo dado.
- o alternativamente, una explicación funcional podría tomar partido explicando un rasgo que está presente en todos los sistemas de una cierta clase, en cualquier tiempo que existan tales sistemas.

Debido a que las explicaciones teleológicas contienen referencias sobre el futuro en el relato de una situación actual sería un error considerar que tales explicaciones deben tácitamente asumir que el futuro actúa como causa o permite la existencia de algo que se refiere al tiempo presente.

3 LAS EXPLICACIONES GENÉTICAS: SU PATRON DE EXPLICACIÓN

A menudo muchas ciencias tratan de explicar porque un objeto de estudio dado presenta ciertas características, describiendo para ello cómo el objeto ha evolucionado a partir de alguna forma anterior. Estas explicaciones se denominan genéticas, y pueden ser utilizadas para explicar casos individuales o eventos colectivos.

Las explicaciones genéticas hacen uso de premisas explicatorias, que necesariamente contienen un gran número de enunciados singulares acerca de los eventos del pasado del caso estudiado. Adicionalmente, las premisas incluyen generalizaciones, tanto explícitas como implícitas, acerca de las dependencias causales de varias clases de eventos. Estas afirmaciones generales pueden ser leyes precisas o en otros casos pueden ser generalizaciones más vagas, o estadísticas en contenido, e incluso podrían contener ninguna referencia a alguno de los rasgos específicos del objeto de estudio.

Cabe mencionar que en muchos casos las premisas explicatorias no enuncian las condiciones suficientes para la ocurrencia del hecho que requiere el *explicandum*; las premisas más bien enuncian solo algunas de las condiciones necesarias para la ocurrencia del hecho. En consecuencia, se suele decir que las explicaciones genéticas son en algún sentido, probabilísticas.

4 CONTEXTO GEOLOGICO

El Clima Global ha ido cambiando a través de los años, a lo largo de toda la historia de la Tierra. Cualquier análisis de cambio climático global puede ser abordado tomando dos diferentes escalas de tiempo, en las que operan dichos cambios: Cambios Climáticos Globales a escalas temporales cortas y Cambios Climáticos Globales a larga escala. Los primeros se refieren a los cambios en escala de cientos a miles de años, mientras que los segundos aluden al tiempo transcurrido desde la formación misma del planeta Tierra hasta el presente.

Las causas que gobiernan estas variaciones se encuadran dentro de fuerzas naturales externas e internas, entre otras: cambios en la luminosidad solar, patrones de circulación en los océanos, actividad volcánica, cambios en la órbita terrestre, cambio en la posición de los continentes, etc. Algunos de estos procesos operan dentro de largos períodos de tiempo y de manera muy lenta, en contraposición con otros factores que producen variaciones más pequeñas y también más frecuentes en el clima.

Bajo estas condiciones de cambio, todos los componentes del sistema Tierra (Hidrosfera, Biósfera, Geósfera y Atmósfera) han ido experimentando variaciones e interactuando en respuesta a las diferentes influencias climáticas.

Resulta evidente que en los períodos modernos (últimos 100 años) existen cambios ambientales que pueden ser atribuidos al accionar humano (calentamiento global,

deforestación, adelgazamiento de la capa de ozono). Sin embargo, en la actualidad, no hay un acuerdo generalizado acerca si la intervención humana desempeña un factor dominante en dicho cambio climático, o si las consecuencias de su accionar son amplificadas por los cambios globales.

El análisis de los diferentes datos como indicadores climáticos resulta de interés primordial para lograr un entendimiento de la historia climática acontecida en nuestro planeta, a cualquier escala de estudio. Existen distintos tipos de técnicas que permiten realizar mediciones del cambio del sistema climático. Para estudiar las fluctuaciones climáticas en los periodos recientes (últimos 100 años) se usan los registros históricos, que incluyen los datos de variables meteorológicas y datos arqueológicos e históricos. Para poder estudiar los paleoclimas (climas pasados) se utilizan distintos tipos de evidencias geológicas. Estos datos son denominados *proxy*, ya que no pueden ser obtenidos por mediciones directas pero pueden ser inferidos a partir de otra evidencia: isótopos estables, geoquímica, fósiles, mineralogía, facies sedimentarias, palinología, dendrocronología (Kump et al., 1999). Es así como, la composición química, la estructura física de los materiales sedimentarios y su contenido fósil, proveen de señales de las condiciones ambientales reinantes en el momento de depositación de estos sedimentos.

Ante tales consideraciones, el análisis del registro sedimentario de cuencas cerradas – sensibles a los cambios ambientales- permite la reconstrucción paleoclimática de las mismas y aporta nuevas claves para el entendimiento de las fluctuaciones climáticas a escala global. En este punto es fundamental el establecimiento de las variables *proxies* más sensibles a los cambios y la determinación de un marco cronológico preciso a través de las dataciones de los sedimentos. Además, resulta de importancia vital, poder realizar calibraciones de los datos del pasado a través del conocimiento del estado funcional del sistema en periodos modernos, para los cuales se cuenta con resultados de mediciones directas o de registros históricos recientes.

Por último, cabe mencionar que el conocimiento de los patrones climáticos pasados permitiría predecir los cambios climáticos a ocurrir en un futuro próximo.

5 MÉTODO DE TRABAJO

La línea de trabajo empleada en este trabajo se resume en los siguientes pasos:

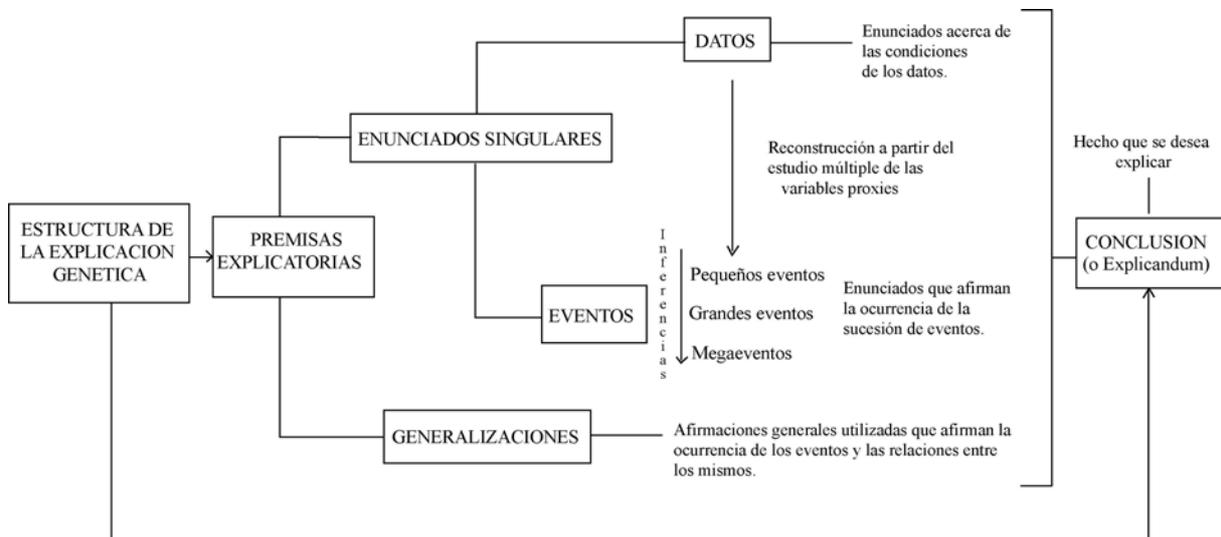
1. Interpretación del patrón de explicación genética y sus características fundamentales, mediante el análisis de publicaciones sobre la reconstrucción paleambiental de sistemas endorreicos. Entre varias, se eligieron dos como representativas de la dinámica bajo estudio. Son las siguientes:
 - Piovano, E. L., Ariztegui, D. and Damatto Moreiras, S., 2002. Recent environmental changes in Laguna Mar Chiquita (central Argentina): a sedimentary model for a highly variable saline lake. *Sedimentology* 49: 1371-1384.

- Valero Garcés, B. L., Delgado-Huertas, A., Navas, A., Machín, J., González-Sampériz and Kelts, K., 2000. Quaternary palaeohydrological evolution of a playa lake: Salada Mediana, central Ebro Basin, Spain. *Sedimentology* 47: 1135-1156.
2. Identificación de los elementos componentes de la explicación genética de la problemática en cuestión.
 3. Elaboración de un diagrama correspondiente a la estructura de la explicación genética con sus elementos fundamentales.

6 RESULTADOS

Las figuras 1 y 2 exponen los elementos componentes del patrón de explicación genética de las publicaciones analizadas (ver páginas siguientes). Se determina que la explicación genética describe que el hecho particular estudiado es el resultado de una serie de eventos, cuyo inicio es alguna ocurrencia E_1 anterior a dicho hecho. De esta manera, la explicación incluye una cadena de eventos $E_1, E_2, E_3, \dots, E_n$, donde los mismos ocurren en tiempos diferentes. Algunos eventos pueden tener duraciones superpuestas, pero son casos reducidos.

Representación esquemática del modelo de Explicación Genética



La estructura lógica de la explicación genética se caracteriza de los siguientes elementos:

- Premisas explicatorias, constituidas por enunciados singulares y generalizaciones. Los enunciados singulares son de dos clases: enunciados singulares que se refieren a los datos conocidos, asociados al problema en cuestión y enunciados singulares que

aseguran la ocurrencia de los eventos. Los eventos son divididos en tres tipos: megaeventos, grandes eventos (eventos fundamentales) y pequeños eventos (eventos menores). Los eventos son reconstruidos por inferencias, a partir de un enfoque múltiple de datos *proxy*.

Las generalizaciones, expresadas como enunciados generales, son implícitas en su mayor parte y afirman la ocurrencia de los eventos y las relaciones de dependencia entre los mismos.

- Conclusión, derivada de las premisas, expresa el hecho intrigante, lo que se quiere explicar.

7 DISCUSIÓN

El estudio de registros limnogeológicos con inferencias paleoclimáticas en sistemas cerrados estaría regido por el paradigma del Cambio Climático Global. Los científicos adheridos a este paradigma aceptan como normas válidas las establecidas por el mismo. Otro de los paradigmas, cuyas normas legitimizan el trabajo dentro de esta disciplina científica, es el del Sistema Tierra. Éste está compuesto de cuatro componentes fundamentales que interactúan (Hidrosfera, Geósfera, Biota y Atmósfera). En la actualidad, se considera que la visión global de la Tierra como sistema es la más apropiada para analizar interacciones complejas y predecir su efecto global.

Uno de los principios geológicos que gobierna parte del trabajo realizado en la Paleolimnología, es el principio del Actualismo. Harrington (1973) lo define como un postulado de que los procesos geológicos del pasado son los mismos procesos que operan en la actualidad. Sin embargo, actualmente hay una nueva visión que persiguen las reconstrucciones climáticas pasadas. Es la siguiente: conociendo y acercándonos a una mejor interpretación de los eventos climáticos del pasado se puede predecir patrones climáticos futuros.

Otro tema a discutir, es el de la importancia que desempeña el contexto en las explicaciones. La explicación genética mencionada está enmarcada dentro de un contexto temático y de un contexto espacial. En primer lugar, la investigación se aborda dentro de un contexto temático interdisciplinario. Esto permite obtener una visión holística, no sólo conjugando diversas áreas del conocimiento de las Ciencias Geológicas (Geoquímica, Sedimentología, Estratigrafía, Paleontología) sino también con disciplinas de las Ciencias Biológicas (Paleoecología) y Químicas. En segundo término, es necesario definir un contexto espacial, en este caso geológico y geográfico, del sistema bajo estudio. Por ejemplo, existen grandes diferencias entre un lago ubicado en latitudes medias (Córdoba) con otros emplazados en latitudes bajas (regiones tropicales) o altas (polares). Así mismo, es importante definir la ubicación del sistema dentro de una provincia geológica, en una cuenca hidrológica mayor, origen de la depresión, el clima actuante, la hidroquímica de sus aguas, geomorfología y estratigrafía general. En síntesis, todos estos aspectos importan a la hora de intentar brindar

una explicación aceptable y de entender las razones que proporciona la misma en su tentativa de explicación.

Según diversos autores, las explicaciones genéticas entran en la categoría de narraciones históricas. Se considera que las explicaciones genéticas toman la forma de narraciones, ya que describen un suceso o configuración única mediante una sucesión encadenada de eventos. Las circunstancias bajo las cuales se produce cierto evento particular están caracterizadas en términos de dimensiones temporales extensas. Por su parte, Mayr (1995) -quien realizó interpretaciones acerca de las ciencias biológicas- considera que el enfoque histórico narrativo es probablemente el único enfoque válido para explicar fenómenos únicos. Según este autor, elaborar una narración histórica sería estudiar todos los datos conocidos asociados a la problemática en cuestión, inferir toda clase de consecuencias y elaborar un argumento que explique los hechos observados.

FIGURA 1. Caso N° 1

PUBLICACION	PREMISAS EXPLICATORIAS				CONCLUSION	
	ENUNCIADOS SINGULARES			GENERA-LIZACIONES		
	DATOS	EVENTOS				
		PEQUEÑOS (Ep)	GRANDES (Eg)	MEGA EVENTOS		
<p>Valero Garcés, B. L., Delgado-Huertas, A., Navas, A., Machín, J., González-Sampériz and Keltz, K., 2000. Quaternary palaeohydrological evolution of a playa lake: Salada Mediana, central Ebro Basin, Spain. <i>Sedimentology</i> 47: 1135-1156.</p>	<p>Enunciados sobre las características de la siguiente información:</p> <p>Edades de los sedimentos a través de dataciones.</p> <p>Estructuras sedimentarias: laminación, cristales de yeso aislados, fangos masivos, bandeados. Costras de yeso intrasedimentarias.</p> <p>Mineralogía: presencia de yeso y/o carbonatos.</p> <p>Contenido clástico: cuarzo.</p> <p>Contenido de minerales de arcillas.</p> <p>Especies de polen: presencia o ausencia de <i>Corylus</i> (especie arbórea); <i>Myriophyllum</i> (planta acuática de agua dulce); <i>Chenopodiaceae</i> (vegetación halofítica); <i>Ruppia</i> (planta acuática salina).</p> <p>Geoquímica: presencia de B, Li y Sr. Tendencias de Ca, Al, Fe y Mn. Isótopos: relaciones de C en los carbonatos autigénicos. Relaciones de C en la materia orgánica. Relaciones de O en los carbonatos.</p>	<p>t: Pleistoceno Alto</p> <p>Ep1: Desarrollo de fangos ricos en carbonatos con láminas de yeso intercaladas. Aguas más diluidas, predominantemente carbonatadas.</p> <p>Ep2: Identificación de <i>Corylus</i> en los sedimentos.</p> <p>Ep3: Enriquecimiento isotópico y baja salinidad.</p> <p>Ep4: Incremento en <i>Myriophyllum</i>.</p> <p>Ep5: Débil bandeado de sedimentos, acumulación alta de materia orgánica. Precipitación baja de carbonato.</p> <p>Ep6: Disolución de costras evaporíticas por el influjo de aguas más diluidas.</p> <p>Ep7: Colonización de matas algas-bacterias y de vegetación halofita.</p> <p>Ep8: Incremento en <i>Chenopodiaceae</i></p> <p>Ep9: Brusco descenso en la relación de C de la materia orgánica.</p> <p>t: Holoceno tardío</p> <p>Ep10: Cambio de composición (alta alcalinidad, baja relación de Mg/Ca).</p> <p>Ep11: Preservación de laminación fina e incremento en el contenido de cuarzo.</p> <p>Ep12: Precipitación de calcita.</p> <p>Ep13: Progresivo incremento en sales más solubles y disolución de sales precipitadas previamente.</p>	<p>Eg1</p> <p>Lago Salino Permanente (carbonatado-sulfatado).</p> <p>Alto nivel del lago</p> <p>Capa freática alta y fluctuante. Lago más profundo y diluido.</p> <p>Eg2</p> <p>Alterancia de períodos de frecuente desecación con desarrollos de lagos efímeros secos (saline mud flat), con períodos inundados: saline pan.</p> <p>Eg3</p> <p>Deposición en un lago salino efímero (saline pan) con períodos de inundación.</p>	<p>Condiciones climáticas más húmedas</p> <p>Condiciones climáticas más áridas</p> <p>Condiciones climáticas semiáridas.</p>	<p>Enunciados generales sobre:</p> <p>Fraccionamiento isotópico.</p> <p>Precipitación de minerales evaporíticos.</p> <p>Producción primaria de materia orgánica.</p> <p>Hidrodinámica y transporte de sedimentos, etc.</p>	<p>El lago Salada Mediana se encuentra en una fase de lago salino efímero en la actualidad.</p>

La explicación genética propuesta puede ser vista como una narración de eventos que desencadenan en el hecho que se pretende explicar. Ante la tentativa de alcanzar una explicación verdaderamente confiable, los elementos componentes de la misma juegan un rol preponderante. Como se mencionara anteriormente la estructura de la explicación genética se constituye de premisas explicatorias y de una conclusión.

Las primeras se caracterizan por enunciados singulares que afirman las condiciones de los datos y la ocurrencia de los eventos. Los enunciados de carácter singular de los eventos expresan que tales sucesos han ocurrido. En la problemática abordada, se han distinguido distintos órdenes jerárquicos de eventos: pequeños eventos o menores, grandes eventos o fundamentales y por último, megaeventos.

Los eventos menores se reconstruyen mediante enunciados acerca de las características de cada una de las variables *proxies* analizadas (contenido de carbonatos, contenido clástico de

cuarzo, porcentaje de materia orgánica, especies de polen, etc). Una vez reconocidos los pequeños eventos, se determinan por inferencias los eventos fundamentales. La técnica en paleolimnología que permite realizar tales inferencias es el estudio múltiple de las variables *proxies*. Los megaeventos, que se refieren a cambios climáticos, se infieren a partir del análisis temporal de los eventos fundamentales.

FIGURA 2. Caso N° 2

PUBLICACION	PREMISAS EXPLICATORIAS					CONCLUSION
	ENUNCIADOS SINGULARES				GENERALIZACIONES	
	DATOS	EVENTOS				
		PEQUEÑOS (Ep)	GRANDES (Eg)	MEGA EVENTOS		
Piovano, E. L., Ariztegui, D. and Damatto Moreiras, S., 2002. Recent environmental changes in Laguna Mar Chiquita (central Argentina): a sedimentary model for a highly variable saline lake. <i>Sedimentology</i> 49: 1371-1384.	Enunciados sobre las características de la siguiente información: Componentes clásticos Porcentaje de diatomeas Mineralogías: yeso, calcita. Presencia de cristales de yeso aislados. Carbono orgánico total (COT) Carbono inorgánico total (CIT) Tasa de acumulación orgánica. Acumulación de sedimento total. Edades de los sedimentos mediante dataciones.	t: 1900-1973 AD Ep1: Precipitación de evaporitas. Ep2: Formación de estructuras bandeadas en los sedimentos. Ep3: Escasa a nula proliferación de diatomeas. Ep4: Disminución del contenido de materia orgánica.	Eg1 Bajo nivel del lago. Balance hidrológico negativo (E > P). Bajo aporte de ríos y agua subterránea.	Condiciones de mayor aridez	Enunciados generales sobre: Fraccionamiento isotópico. Precipitación de minerales evaporíticos. Producción primaria de materia orgánica. Hidrodinámica y transporte de sedimentos, etc.	
		t: 1973-1976 AD Ep5: Contenido de yeso intermedios. Ep6: Formación de estructuras sedimentarias bandeadas mucho mayor que laminadas. Ep7: Escasa proliferación de diatomeas. Ep8: Acumulación de materia orgánica en valores intermedios.	Eg2 Nivel del lago intermedio. Bajo aporte de ríos y agua subterránea.	Condiciones más secas		
		t: a partir de 1976 AD Ep9: Formación laminación en los sedimentos. Ep10: Acumulación exclusiva de carbonatos. Ep11: Alta adaptación de diatomeas a aguas más diluidas. Aumento de productores primarios. Ep12: Acumulación alta de materia orgánica. Ep13: Composición isotópica más negativa.	Eg3 Nivel del lago alto. Balance hídrico positivo (P > E). Alto aporte de ríos y agua subterránea	Condiciones más húmedas		

Mayr (1995) sostiene que cuanto más complejo es un sistema estudiado por una ciencia, más interacciones existen dentro de dicho sistema; y con frecuencia, estas interacciones no se pueden determinar por observación, sino que solo se pueden inferir.

La distinción de órdenes jerárquicos de los eventos radica en que permite interpretar cambios ambientales del sistema estudiado. Para inferir grandes cambios climáticos (megaeventos) hace falta reunir toda la información en serie que proporcionan los eventos menores y fundamentales.

Diversos autores consideran que si se ubica a los eventos en un cierto orden, esto supone que si a un hecho subsigue otro, éste sucedió a consecuencia del primero. Si esto es así, cada eslabón de la explicación genética se constituiría por una explicación en sí misma. Si se

analiza este caso, la explicación de megaeventos es a partir de los eventos fundamentales, y éstos, de los pequeños. A sí mismo, determinados eventos menores se explican por su par antecedente. De lo expuesto, se deriva que, existen explicaciones parciales incluidas dentro de la explicación genética brindada. Según ciertos autores, no se niega la validez de la explicación genética, a condición que se conciban modelos de explicación diferentes (genéticas o probabilísticas) incluidos en la cadena explicativa.

Siguiendo los razonamientos de Klimovsky (1995) los enunciados singulares utilizados aquí expresarían el resultado de una inspección directa sobre una muestra y un recuento, lo cual ofrece información agotable y controlable. Sin embargo, los datos y eventos -expresados como enunciados singulares- no son suficientes por sí solos para explicar el hecho en cuestión. Resulta de vital importancia disponer también de generalizaciones. Se considera que las generalizaciones son afirmaciones generales que establecen regularidades, uniformidades, en conjuntos tan amplios que no son directamente accesibles, como si lo eran las muestras.

Las generalizaciones a las que se recurre en los casos estudiados en el presente trabajo, son implícitas en la mayoría de los casos y justifican la ocurrencia de los eventos o están referidas a las dependencias causales entre los mismos. Esto último es, dado un evento, o alguno de ellos, existe una generalización que soporta la ocurrencia de algún otro evento que se continuará en la serie. Algunas de ellas utilizadas en el presente estudio, son: generalizaciones acerca del fraccionamiento isotópico en ambientes lacustres y salinos, producción de materia orgánica, precipitación de minerales evaporíticos, adaptación de organismos a los cambios de salinidad, hidrodinámica y transporte de sedimentos, etc. Cabe aclarar, que si bien existen estos tipos de afirmaciones generales, puede que no se cumplan para todos los casos. Por ejemplo, como consigna Valero Garcés et al (1997), se podría decir que las variables *proxies* están ocasionalmente fuera de fase, cuando los procesos de evaporación no son el único control en la composición isotópica del agua del lago.

Finalmente, hay diversas opiniones acerca que las explicaciones pueden no ser únicas para explicar la ocurrencia de un mismo hecho. En el caso planteado la respuesta se alcanza brindando una explicación genética, y mediante una descripción de acontecimientos encadenados (explicación histórica) se consigue tal fin. Si se pretendiese responder a la misma pregunta que inició el estudio anterior mediante otra explicación, ésta podría explicarse desde un punto de vista geoquímico. El hecho de que el sistema sea un lago salino o salina en la actualidad podría responderse ateniéndose a los procesos geológicos reinantes actuales, la composición geoquímica de sus aguas, a la sedimentación evaporítica y a las características hidroquímicas principales. Más aún, el modelo de explicación adoptado podría ser otro (probabilístico), y sin embargo respondería a la misma pregunta. Aunque existe la posibilidad de responder de distintas formas, la explicación seleccionada no pierde su valor como modelo explicativo.

Problemas en las explicaciones

Se incluye en esta discusión, el análisis de los problemas de las explicaciones de relatos de acciones humanas, para luego compararlas con las dificultades que se hacen presentes en las explicaciones que brinda la paleolimnología, para el caso estudiado. Los problemas más frecuentes en los relatos de acciones humanas, son los siguientes: el carácter selectivo en la elección de eventos pasados, la asignación de órdenes de importancia relativa a los eventos y el rol de los juicios “contrarios a los hechos” acerca del pasado.

Algunos autores sostienen que el hecho de “recolectar” eventos del pasado fuera de la totalidad es un acto de voluntad humana, que lleva la marca de arbitrariedad y subjetividad. Sin embargo, otros autores afirman que el conocimiento como resultado de la investigación (histórica), no es inadecuado solo porque no mencione todo acerca del pasado, o porque responda solo preguntas específicas, las que impulsaron la investigación. En el caso aquí abordado no resulta un problema la elección de eventos del pasado, ya que no se tiene la opción de elegir eventos. En estos casos, se reconstruyen los eventos acontecidos en el sistema bajo estudio, analizando toda la información que aportan las variables *proxies*, y todos los eventos reconstruidos o inferidos, sirven para inferir aspectos del sistema.

En segundo lugar, el esfuerzo de la actividad de los historiadores se dirige a especificar un *set* de determinantes de alguna ocurrencia, e identificar aquello que ellos juzgan como los factores más importantes, principales o primordiales. Tal peso a los factores causales en lo que respecta a su “relativa importancia” es frecuentemente considerado como arbitrario, ya que no existe garantía lógica en seleccionar un evento determinado, en vez de alguna otra ocurrencia.

En el estudio limnogeológico de un sistema cerrado, hay una elección no de eventos causales, sino de determinadas variables *proxies*. Se considera que ciertos datos *proxies* son más pertinentes, es decir, reflejan mejor la respuesta del ambiente a un determinado cambio ambiental. En este sentido, se podría decir que existe una asignación de relativa importancia a la respuesta de ciertas *proxies*. En la problemática tratada, se determina que *proxy* amplifica mejor los cambios ocurridos. Por ejemplo, la composición isotópica de la materia orgánica registra cambios con mayor sensibilidad que la relación isotópica en los carbonatos (Piovano et al, 2002). Sin embargo, esto no le confiere subjetividad alguna a la explicación.

En tercer término, los historiadores frecuentemente asignan un orden de importancia relativa a los eventos utilizando, lo que ellos llaman, juicios “**contrarios a los hechos**” acerca del pasado. Estos son a menudo introducidos explícitamente en un análisis histórico (en el modo verbal condicional), para sostener alguna afirmación que un evento determinado tuvo consecuencias cruciales para desarrollos subsiguientes. Se ha argumentado que los juicios de este tipo no tienen un espacio próspero en el análisis histórico porque no es la tarea de los historiadores introducir tales juicios. Para una escuela de pensamiento, el trabajo del

historiador es descubrir que ocurrió realmente; en consecuencia, es tarea de un poeta o moralista enunciar lo que podría haber ocurrido y no ocurrió.

Este problema no se observa en las explicaciones de la evolución de una cuenca endorreica. Por ejemplo, el evento de ascenso del nivel del agua y menores salinidades del sistema, tiene como consecuencia una alta proporción de productores primarios (diatomeas: organismos de bajas salinidades), y eso implica el desarrollo de alto contenido de materia orgánica en los sedimentos. El juicio contrario al hecho sería “de no haber ocurrido el ascenso de nivel y la baja salinidad, escasos organismos adaptables a condiciones de alta salinidad hubieran proliferado en el sistema, y no se identificaría entonces, el alto porcentaje de materia orgánica que se observa en los sedimentos”.

Los problemas puntuales que se presentan en la reconstrucción paleoambiental de un sistema cerrado son los siguientes: 1) contar con un marco cronológico no preciso; esto implicaría la presencia de *gaps* temporales, lo cual no permitiría reconstruir los eventos ni lógicamente ni temporalmente, y quedarían desconectados unos con otros; 2) analizar una sola variable *proxy*, en vez de un estudio en conjunto de las mismas; 3) extensa escala de tiempo (anterior a la existencia del hombre) que se considera en estos estudios; esto ocasiona la existencia de una gran cantidad de eventos, lo cual puede resultar difícil ver la conexión entre los mismos.

8 CONCLUSIONES

Si bien existen distintos modelos de explicaciones científicas, el modelo de explicación genética ofrece los elementos necesarios para explicar la ocurrencia de un sistema hidrológicamente cerrado, con características propias.

La definición de un contexto temático-interdisciplinario y espacial (geográfico-geológico) resultó fundamental para enmarcar la explicación y entender las razones que proporciona en su intento explicativo.

Los elementos componentes de la estructura genética son: premisas-datos, premisas-eventos, premisas-generalizaciones y conclusión. Los elementos de la explicación propuesta juegan un rol preponderante ya que permiten construir la explicación genética. Los enunciados singulares y generales utilizados en este trabajo han servido para transmitir información y expresar conocimientos.

El hecho de proporcionar una explicación que permita el entendimiento de este suceso particular, está estrechamente vinculado a la utilización de generalizaciones, que conecten los eventos entre sí, y justifiquen su ocurrencia. El marco teórico sería el soporte fundamental que hace posible el proceso y las conexiones entre los eventos de la secuencia.

En este trabajo se han distinguido clases de eventos, son los siguientes: pequeños, grandes y megaeventos. La distinción de eventos se realiza para inferir condiciones ambientales y climáticas reinantes, que repercuten en la historia del sistema estudiado.

Los eventos son reconstruidos por inferencias. La inferencia se apoya en evidencia fidedigna: análisis múltiple de las variables *proxies*.

La explicación es propuesta para dar razones que permitan comprender el funcionamiento físico, químico y biológico del sistema natural estudiado a través del tiempo, frente a cambios en las condiciones ambientales. Así mismo, la explicación brindada infiere las causas que repercuten en la evolución del sistema.

La explicación propuesta puede no ser única. Alternativamente pueden coexistir distintas explicaciones que respondan a la misma pregunta, y sin embargo, la explicación brindada no pierde validez como instrumento explicativo. La investigación abordada es guiada por el propósito de resolver determinadas y delimitadas preguntas.

Por último, se concluye que el modelo de explicación genética con sus elementos fundamentales permite alcanzar una respuesta admisible al desarrollo del sistema estudiado.

9 REFERENCIAS

- Fritz, S. C., 1996. Paleolimnological records of climate change in North America. *Limnol. Oceanogr.*, 41(5): 882-889.
- Eugster, H. P. y Kelts, K., 1983. Lacustrine chemical sediments. *Chemical Sediments and Geomorphology*. Academic Press, London: 321-368.
- Harrington, H. J., 1973. Actualismo y Uniformitarismo. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. Tomo XXVIII, 3: 304-308.
- Klimovsky, G., 1995. Las desventajas del conocimiento científico: una introducción a la Epistemología. A-Z Editora. Buenos Aires, 418 pp.
- Kump, L. R., Kasting, J. F., Grane, R. G., 1999. *The Earth System*. Prentice-Hall, Inc. New Jersey, 351 pp.
- Mayr, E., 1995. Así es la Biología. Editorial Debate, S. A. 326 pp.
- Nagel, E., 1968. *La Estructura de la Ciencia*. Ed. Paidós, Buenos Aires.
- Piovano, E. L., Ariztegui, D. y Damatto Moreiras, S., 2002. Recent environmental changes in Laguna Mar Chiquita (central Argentina): a sedimentary model for a highly variable saline lake. *Sedimentology* 49: 1371-1384.
- Valero Garcés, B. L., Laird, K. R., Fritz, S. C., Kelts, K., Ito, E. and Grimm E. C., 1997. Holocene Climate in the Northern Great Plains Inferred from sediment stratigraphy, stable isotopes, carbonate geochemistry, diatoms, and pollen at Moon Lake, North Dakota. *Quaternary Research* 48: 359-369.

Valero Garcés, B. L., Delgado-Huertas, A., Navas, A., Machín, J., González- Sampéris and Kelts, K., 2000. Quaternary palaeohydrological evolution of a playa lake: Salada Mediana, central Ebro Basin, Spain. *Sedimentology* 47: 1135-1156.