

EL PRECAMBRICO PARTE 3 DE 3

LA CIENCIA Y LA BIBLIA HABLAN ACERCA DE LA TIERRA EN SUS COMIENZOS

BEN CLAUSEN¹

Puesto que la parte Precámbrica de la historia geológica abarca tanto material, la discusión se divide en tres partes, esta es la tercera. Aquí hay un resumen de las tres secciones:

- La primera sección resume el modelo estándar para la formación del Universo, Sistema Solar y Tierra, Luna, océanos, continentes y placas tectónicas.
- La Segunda sección describe exposición rocosa del Precámbrico, así como la atmosfera, clima y vida Precámbrica. Se incluyen muchas fotos ilustrativas.
- La tercera sección provee dos perspectivas sugeridas por los creacionistas.

UNA PERSPECTIVA CREACIONISTA

Los Creacionistas tienen dos maneras principales (Roth, 1998) para explicar el registro Precámbrico: (1) se formó principalmente durante la primera parte de la semana de la creación; o (2) la Tierra inorgánica tiene en realidad miles de millones de años, pero luego Dios creó la vida en la Tierra hace miles de años.

Primer escenario. Quienes creen que toda la creación es joven dicen que: podría ser incongruente explicar la creación de la tierra, luz, agua, aire, suelo, sol, luna y estrellas como un proceso de largos periodos de tiempo, pero explicar que los pájaros, peces, animales y humanos si fueron creados por una orden en una semana; los cielos, las estrellas, fueron creados por una orden (Ps.33:6-9) y aparentemente como parte de los seis días. (Gen 2:1; ver también Doukhan, 2004, p.29-32); si la creación es parcialmente antigua y parcialmente reciente,

1 Instituto de Investigación de Ciencias de la Tierra 20 de febrero de, 2016

entonces Dios tuvo un Decálogo (ver, Ex 20:8-11) por millones de años y luego lo cambió unos pocos miles de años atrás. Personalmente, este escenario parece ser la lectura más consistente del registro inspirado.

En este escenario, Andrew Snelling (2009, p.467-470, 613-621) ha sugerido que los primeros días de la semana de la creación involucraron procesos inorgánicos singulares que no suceden hoy: exhibieron una divergencia de las leyes de termodinámica, pues la materia se formó *ex nihilo* and y la energía útil aumentó. Robert Gentry (Gentry, 1988) ha usado halos pleocróicos como una evidencia de la rápida formación de rocas graníticas en el tercer día de la creación. Michael Oard (1997) ha sugerido que cualquier evidencia para glaciación Precámbrica puede explicarse de otras maneras. Una discusión resumen de esta creación completa reciente puede encontrarse en Creation Ministries International (Ministerios de Creación Internacional). Snelling (2009, p.321-327) reconoce completamente que el Precámbrico es una parte importante del registro geológico. Luego enfatiza (p.205-209,623-627) que durante el primer día de la semana de la creación, el Universo, la Tierra, luz y el ciclo noche-día fueron creados. Snelling (p.211-212, 627-629) sugiere que el segundo día de la semana de la creación se creó la atmosfera, a partir de gases volcánicos, el espacio interestelar, para sostener el sol, luna y estrellas, y la corteza más temprana de la Tierra a partir de magma caliente y fluidos hidrotermales del manto. El tercer día (p.213-214, 631-638) trajo la creación de la tierra seca y mares por medio de placas tectónicas catastróficas verticales y horizontales en índices sobrenaturales, además de la creación de suelos, plantas y cianobacterias que forman estructuras estromatolitos. Durante el cuarto día (p.219-224, 639-641) la importante actividad tectónica podría haber continuado produciéndose, pero Dios creó principalmente el sol, la luna y las estrellas para ocuparse de la función de dar luz.

Segundo escenario. Quienes aceptan que parte de la creación puede ser antigua y parte reciente, dicen que: los ángeles pueden haber existido antes de la creación de este mundo (Job 38:7; Eze. 28:12-15); Génesis 1 podría no indicar cuándo los ángeles, estrellas, sol, luna y Tierra fueron creados (Andreasen 1981); cielos y tierra podrían solo referirse al firmamento (v.8) y tierra seca (v.10).

Esta idea de “tierra antigua/vida reciente” (Widmer, 1992; Johnsson, 1993) no ha sido desarrollada científicamente, pero se ha descrito brevemente por Gorman Gray (2000). Este escenario aceptaría probablemente mucho de lo descrito anteriormente en el modelo científico estándar en cuanto al material inorgánico de la tierra. Probablemente incluiría largos años de actividad de placa tectónica con sus terremotos y volcanes, y largos años de decadencia radioactiva que se encuentran en rocas Precámbricas y podrían ser heredadas a rocas más recientes por reciclaje. Probablemente solo rechazaría el origen de vida compleja antes de una semana de creación reciente.

Vida Compleja. En ninguno de estos escenarios se esperaría encontrar evidencia de vida compleja en el Precámbrico. Por lo tanto, los creacionistas discutirían la evidencia de vida en el Precámbrico, o atribuirían la evidencia a procesos no orgánicos, o lo explicarían como el resultado de organismos *más recientes invadiendo rocas Precámbricas profundas* (Roth, 1992). Sin embargo algunos creacionistas podrían aceptar la evidencia que apunta a vida pre-creación, puesto que los organismos unicelulares no son mencionados en el registro de la creación del Génesis.

Los evolucionistas tampoco esperarían encontrar vida compleja en el Precámbrico.

Cuando se le preguntó que evidencia destruiría su confianza en la teoría de la evolución, J.B.S. Haldane respondió con “conejos Precámbricos” como un ejemplo. Aunque no fueron conejos, en un momento se sugirió que polen angiospermo había sido encontrado en el Precámbrico, pero después de más análisis la evidencia parecía ser el resultado de contaminación de muestra. (Chadwick, 1981).

La evidencia creacionista más fuerte en contra del escenario científico estándar está basada en la dificultad de explicar el origen de la vida a partir de la no-vida (Javor, 1998; Horgan, 2011). Además, la aparición repentina de una gran variedad de formas de vida complejas en rocas Cambrianas, justo por sobre el Precámbrico, parece difícil de ser explicado en el paradigma evolucionista estándar. El argumento de la explosión Cambriana presentada por los creacionistas está descrita por The Discovery Institute, The Centre for Intelligent Design, Answer in Genesis, y Creation-Evolution Headlines. The Committee for Skeptical Inquiry presenta una contra-respuesta.

Resumen. Sin importar que escenario se acepte, los creacionistas atribuyen los datos de la geología de la Tierra a Dios trabajando ya sea a través de procesos naturales o por intervención directa.

REFERENCES

- Niels-Erik Andreasen (1981). “The Word ‘Earth’ in Genesis 1:1.” *Origins*, v.8, p.13-19.
- Arthur V. Chadwick (1981). “Precambrian Pollen in the Grand Canyon — A Reexamination.” *Origins*, v.8, p.7-12.
- Jacques B. Doukhan (2004). “The Genesis Creation Story: Text, Issues, and Truth.” *Origins*, n.55, p.12-33.
- Robert V. Gentry (1988). *Creation’s Tiny Mystery*. Earth Science Associates, Knoxville, TN.
- Gorman Gray (2000). *The Age of the Universe: What Are the Biblical Limits?* Morning Star Publications, Washougal, WA.
- John Horgan (2011). “Pssst! Don’t tell the creationists, but scientists don’t have a clue how life began.” *Scientific American*, Feb 28.

- George T. Javor (1998). "Life: An Evidence for Creation." *Origins*, v.25, p.2-48.
- William G. Johnsson (1993). "Jesuits, Creation, and the NIV." *Adventist Review*, September 23, p.4.
- Michael J. Oard (1997). *Ancient Ice Ages or Gigantic Submarine Landslides?* Creation Research Society Monograph Series, n.5, Chino Valley, AZ.
- Ariel A. Roth (1992). "Life in the Deep Rocks and the Deep Fossil Record." *Origins*, v.19, p.93-104.
- Ariel Roth (1998). "The Fourth Day: Wrestling With the Genesis Creation Account." *Adventist Review*, February 19, p.22-25.
- Andrew A. Snelling (2009). *Earth's Catastrophic Past: Geology, Creation & the Flood*, 2 volumes. Institute for Creation Research, Dallas, TX.

Myron Widmer (1992). "Older Than Creation Week?" *Adventist Review*, August 13, p.4.

COMPLEJO VOLCÁNICO LAGUNA DEL MAULE: UNA MEGAERUPCIÓN RIOLÍTICA EN GESTACIÓN

ALEJANDRO MARCHANT¹, CARLOS VILLALOBOS¹, DELBERT CONDORI², SUSANA VELASTEGUI³,

Resumen: El Complejo Volcánico Laguna del Maule (CVLM) ha llamado la atención científica a nivel mundial debido a que su superficie de 370 km² está experimentando un levantamiento promedio de 38,5 cm/año. Esta investigación busca interpretar la eventual megaerupción del CVLM como un fenómeno geológico que está en armonía con el paradigma catastrofista; para lo cual se realizó una revisión bibliográfica entre junio y julio de 2016 utilizando las bases de datos académicos y bibliotecas electrónicas: Ebsco Host, Agora, Oare, ScienceDirect, SciELO y Research Gate, en la cual se consideraron las características, efectos geofísicos y biológicos de erupciones volcánicas en el pasado reciente y remoto. Se concluye que un solo evento volcánico tiene el potencial de modificar la morfología terrestre en plazos de tiempo relativamente cortos, lo que permite considerar plausible el paradigma del catastrofismo.

Volcanic Complex Laguna del Maule : A rhyolitic unborn megaeruption

Abstract: The Volcanic Complex Laguna Maule (VCLM) has drawn scientific attention worldwide because its area of 370 km² is experiencing an average rise of 38.5 cm / year. This research seeks to interpret the eventual megaeruption of the VCLM as a geological phenomenon that is in harmony with the catastrophist paradigm; for which a literature review was conducted between June and July 2016 using the academic databases and electronic libraries: Ebsco Host, Agora, Oare, ScienceDirect, SciELO and Research Gate in which, characteristics, geophysical and biological effects of volcanic eruptions in the recent and distant past were considered. It is concluded that a single volcanic event has the potential to modify the land morphology in relatively short time periods, allowing plausible the paradigm of catastrophism.

Keywords: Catastrophism, volcanism, Laguna del Maule.

¹ Facultad de Educación, Universidad Adventista de Chile. alejandromarchant@unach.cl; carlosvillalobos@unach.cl

² Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Universidad Peruana Unión – Filial Juliaca. delbert@upeu.edu.pe

³ Carrera de Promoción de Salud, Instituto Tecnológico Superior Adventista del Ecuador. susana.velastegui@itsae.edu.ec

1 Introducción

Ante la necesidad del hombre de explicar cómo se originó toda materia y ser vivo del planeta, en la actualidad surgen dos paradigmas que intentan dar una respuesta a dicha inquietud: el uniformismo y el catastrofismo. En virtud de las capas geológicas existentes, que demuestran inequívocamente que algo sucedió en el pasado; el uniformismo sugiere que estas capas geológicas se originaron por el transcurso de millones de años (Lyell, 1830-1833, citado en Brand, 2011; Seyfried et al., 1998) y, por otro lado, el catastrofismo sostiene que estas mismas capas geológicas se pudieron formar en períodos de tiempo mucho más breves, incluso semanas o meses (De Souza, 2010), apoyando la idea de que en el pasado ocurrió una gran catástrofe, tal como se refleja en la distintas culturas de la antigüedad, por ejemplo, la hebrea en el relato del Génesis, la mesopotámica en la epopeya de Gilgamesh y otras. En este contexto, entendiendo que de alguna manera fenómenos geológicos puntuales violentos cuestionan que los fenómenos geológicos graduales de la actualidad sean la clave para interpretar el pasado (De Souza, 2010), se presenta en este trabajo una revisión bibliográfica de las potenciales consecuencias locales y globales de la eventual megaerupción (Feigl et al, 2014) del Complejo Volcánico Laguna del Maule (CVLM) de Chile, ubicado en las coordenadas $35^{\circ}59' - 36^{\circ}11'S$ y $70^{\circ}35' - 70^{\circ}24'W$ (Sernageomin, 2015) y reportado geológicamente por primera vez en 1962.

Maldonado (2009) afirma que las teorías de las extinciones, entre ellas la del catastrofismo, muestran que el mundo ha atravesado por grandes cataclismos (explosiones volcánicas, efecto invernadero, diluvios, otros) que son difíciles de explicar ya que generan la pérdida de especies en un solo acontecimiento pero que a su vez dejan campo a un nuevo inicio; lo que nos inspira a hacer un estudio de la potencial explosión del complejo volcánico Laguna del Maule en el cual se abordarán las siguientes interrogantes: la existencia de eventos geológicos recientes que apoyen el paradigma del catastrofismo y qué posibles efectos globales podría generar una mega explosión de este complejo volcánico.

El CVLM pertenece al grupo de 452 volcanes activos del Cinturón de Fuego del Pacífico (Cinturón de Fuego del Pacífico, 2016). Está localizado en Chile a 330 km al E del eje de la trinchera donde se encuentra el límite oriental del arco volcánico moderno que se alinea donde se incrustan las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana y a 200 km de la costa y del epicentro del sismo $M_w=8.8$ del Maule del 27 de febrero de 2010 (fig. 1)



Figura 1. Mapa de la Zona Volcánica Sur (ZVS) de los Andes que muestra el área de estudio en la Laguna del Maule (rectángulo rojo), otros volcanes principales (círculos blancos), y el epicentro del terremoto de 8,8 Mw del 2010 (estrella roja) (Lorito et al. 2011). La velocidad relativa (flecha) de la placa de Nazca con respecto a la placa Sudamericana es de 74 ± 2 mm año⁻¹ (en 36°S, 72°W), como calculado a partir del modelo de MORVEL (DeMets et al., 2010). Figura tomada de Singer et al. (2008) citada en "Rapid uplift in Laguna del Maule volcanic field of the Andean southern volcanic zone (Chile) 2007-2012", por K. Feigl et al. (2013), *Geophysical Journal International*, 196(2), 885-901.

El CVLM ha llamado la atención científica a nivel mundial debido a que su superficie de 370 km² (Sernageomin, 2015) está experimentando un levantamiento promedio de 38,5 cm/año (Cardona et al, 2014) y es catalogado como uno de los procesos de deformación volcánica más grandes observados desde la década de los 90' (Feigl et al., 2012). Es un complejo volcánico activo y con síntomas inequívocos de presentar una fase de desequilibrio y, dadas las características riolíticas de su composición del magma y su historial eruptivo (Cardona et al, 2014), podría conducir a una crisis volcánica, generando, a su

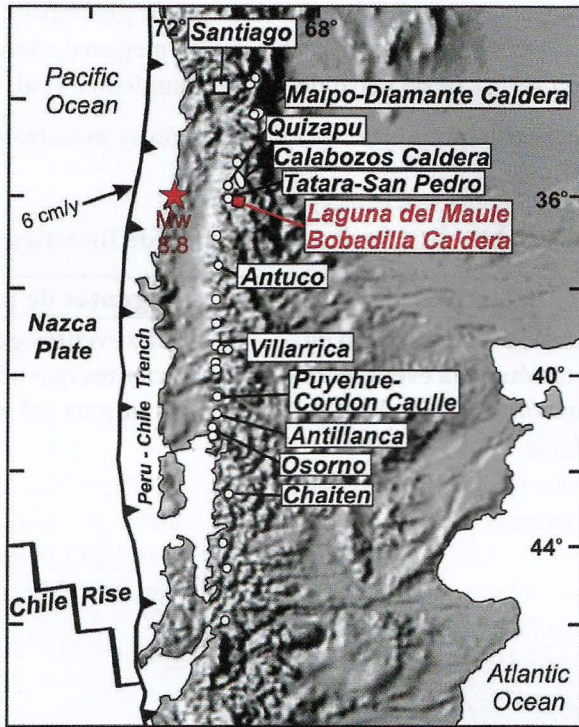


Figura 1. Mapa de la Zona Volcánica Sur (ZVS) de los Andes que muestra el área de estudio en la Laguna del Maule (rectángulo rojo), otros volcanes principales (círculos blancos), y el epicentro del terremoto de 8,8 Mw del 2010 (estrella roja) (Lorito et al. 2011). La velocidad relativa (flecha) de la placa de Nazca con respecto a la placa Sudamericana es de 74 ± 2 mm año⁻¹ (en 36°S, 72°W), como calculado a partir del modelo de MORVEL (DeMets et al., 2010). Figura tomada de Singer et al. (2008) citada en "Rapid uplift in Laguna del Maule volcanic field of the Andean southern volcanic zone (Chile) 2007-2012", por K. Feigl et al. (2013), *Geophysical Journal International*, 196(2), 885-901.

El CVLM ha llamado la atención científica a nivel mundial debido a que su superficie de 370 km² (Sernageomin, 2015) está experimentando un levantamiento promedio de 38,5 cm/año (Cardona et al, 2014) y es catalogado como uno de los procesos de deformación volcánica más grandes observados desde la década de los 90' (Feigl et al., 2012). Es un complejo volcánico activo y con síntomas inequívocos de presentar una fase de desequilibrio y, dadas las características riolíticas de su composición del magma y su historial eruptivo (Cardona et al, 2014), podría conducir a una crisis volcánica, generando, a su

vez, una megaerupción que produciría cambios geológicos, geofísicos y biológicos en corto tiempo, comparables con la megaerupción del volcán Santa Helena (Oregon) el 18 de mayo de 1980 (Fraunfelder et al., 1983).

Los objetivos y preguntas de investigación se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Objetivos y Preguntas de Investigación

Objetivos	Preguntas de investigación
1. Caracterizar el desarrollo de la gestación de la eventual megaerupción volcánica Laguna del Maule	1. ¿Hay eventos geológicos recientes que no apoyan el paradigma del uniformismo?
2. Describir las posibles amenazas al ecosistema continental de una eventual megaerupción del Complejo Volcánico Laguna del Maule a la luz de eventos anteriores similares.	2. ¿Qué posibles efectos globales podría generar una megaerupción del Complejo Volcánico Laguna del Maule?
3. Interpretar la eventual megaerupción del Complejo Volcánico Laguna del Maule como un fenómeno geológico que está en armonía con el paradigma catastrofista.	

2. Metodología

Para esta investigación se realizó una revisión bibliográfica en la cual se consideraron las características, efectos geofísicos y biológicos de erupciones volcánicas en el pasado reciente y remoto con el fin de vislumbrar las potenciales consecuencias que tendrían una eventual megaerupción del CVLM y se analizó si estos efectos son compatibles con el paradigma del catastrofismo.

La selección de la bibliografía se realizó mediante el uso de diversas fuentes documentales, entre las que resaltan artículos empíricos, fichas informativas y libros. Se realizó una búsqueda bibliográfica entre mayo y julio de 2016 utilizando las bases de datos académicos y bibliotecas electrónicas: Ebsco Host, Agora, Oare, ScienceDirect, Scielo y Research Gate.

La búsqueda de información se direccionó de acuerdo a los siguientes temas:

- Paradigma del catastrofismo v/s otros paradigmas.
- Evidencias que apoyan el paradigma del catastrofismo.
- Antecedentes de eventos recientes de menor escala y sus efectos.
- Antecedentes de eventos remotos de mayor escala.
- Posibles problemas en la datación por efecto de las erupciones volcánicas.
- Potenciales efectos de una eventual erupción del Complejo Volcánico Laguna del Maule.

Los registros obtenidos oscilaron entre 42 y 14 registros tras la combinación de las diferentes palabras clave: Catastrofismo, complejo volcánico, erupciones volcánicas, Laguna del Maule. También se realizó una búsqueda mediante Google Académico con los mismos términos.

Se seleccionaron aquellos documentos que informasen sobre los aspectos formales que debía contener el trabajo de investigación en función a los objetivos planteados y las preguntas de investigación (tabla 1).

3. Revisión bibliográfica

3.1. Efectos en el ambiente de una erupción volcánica.

Las erupciones volcánicas como las del Santa Elena en los Estados Unidos de América y el Chichonal en el Estado de Chiapas en México, han mostrado la importancia del estudio de los efectos que podría tener una erupción en la región alrededor de un volcán que no ha hecho erupción durante los últimos 100 años o más (Nelson, 1986). Erupciones ocurridas en el pasado reciente, como la megaerupción del volcán Tambora, en Indonesia, el 10 de abril de 1815 (Degens, 1989), refrendan la importancia de este tipo de estudio. Con un índice de explosividad volcánica IEV-7 (Oppenheimer, 2003) y un volumen de eyección estimada en 160 km³, la explosión del volcán Tambora causó un oscurecimiento generalizado en el planeta y efectos sobre el clima provocando el llamado año sin verano con un descenso en la temperatura terrestre de 0,5 °C, lo que suscitó en Europa y América del Norte la pérdida de cosechas y muerte de ganado generando la peor hambruna del siglo XIX (Oppenheimer, 2003).

La erupción de un volcán es un proceso que puede representar una amenaza para la vida del hombre y el medio ambiente; estos peligros se clasifican en primarios o directos y secundarios o inducidos, afectando tanto a los elementos bióticos como abióticos del ecosistema (González, 2006). Dentro de los peligros volcánicos primarios se encuentran: coladas de lava, caída de piroclastos, flujo de piroclásticos y avalancha. Por su parte, en los peligros

volcánicos secundarios se encuentran los lahares o flujos de lodo, sismos, movimientos de laderas posteruptivos, maremotos, inundaciones por alteraciones en la red de drenaje y efectos atmosféricos. En muchas erupciones volcánicas se combinan varios peligros primarios, afectando la biodiversidad por derrames de lava, caída de piroclastos, flujos piroclásticos, avalanchas, pudiendo unirse sus efectos a peligros de tipo secundarios tales como la lluvia ácida, emanaciones de gases, lahares, incendios, riadas... (Fiocco, Fuà, & Visconti, 1996).

Como ejemplos de estos peligros tenemos la erupción del volcán Nyamuragira en 1938 que quemó miles de hectáreas de vegetación (Blong, 1984); las coladas del Kilahuea en 1955 que arrasaron más de 1000 ha de bosque (MacDonald, & Eaton, 1964) y la del volcán Chaitén, que derribó árboles de manera masiva y quemó la vegetación en un área de 4 km² (Espinoza, 2013). Las cenizas expulsadas en las grandes erupciones cuaternarias de los estratovolcanes y megavolcanes del noroeste de los Estados Unidos, recubrieron con ceniza gran parte del territorio del sur de Canadá (González, 2006). De la erupción del volcán Parícutín (México) en 1944 se informa de zonas de destrucción total de vegetación natural y cultivos en las proximidades del punto de emisión, con espesores de cenizas comprendidos entre los 150 y 50 cm (Rees, 1979); también se señalaron efecto sobre las hojas de los frutales, los cuales acumularon 1 cm de ceniza afectando la realización del proceso fotosintético. En la erupción del Pinatubo de 1991, 550.000 ha de cultivos y bosques fueron recubiertas con una capa de más de 5 cm de ceniza (Benson, 2005), afectando de manera grave a más de 400.000 hectáreas de vegetación. Por su parte, durante la erupción del volcán Santa Helena de 1980, los flujos piroclásticos (que pueden tener temperaturas internas de hasta 700 °C) provocaron la destrucción de más de 3.000 ha de bosque por efecto de las ondas de choque (Waiit, 1981).

Otros peligros generados por las erupciones volcánicas, según la Organización Panamericana de la Salud (OPS) (2005), se los puede encontrar en la lluvia ácida, el efecto de invernadero, el vog o humo volcánico y el escudo solar y son considerados como las amenazas con mayor incidencia sobre las zonas afectadas por erupciones volcánicas. Durante una erupción volcánica, el vapor de agua incrementa la humedad en la zona afectada y contribuye a la formación de la lluvia ácida y del vog, además, las emisiones de ácido clorhídrico (HCl) y ácido fluorhídrico (HF) se pueden disolver directamente en el agua contenida en las nubes o con el mismo vapor de agua suministrado, lo cual hace que se precipite en forma de lluvia ácida, lo que altera el nivel de pH de cuerpos de agua y terrenos de cultivo aledaños, perjudicando en gran medida la actividad agrícola. A esto se suma, el dióxido de carbono (CO₂), principal gas con efecto invernadero, que al ser producido durante una erupción volcánica incrementa su concentración natural en la atmósfera contribu-

yendo de manera negativa al calentamiento global y cambio climático de la región en cuestión (fig. 2).

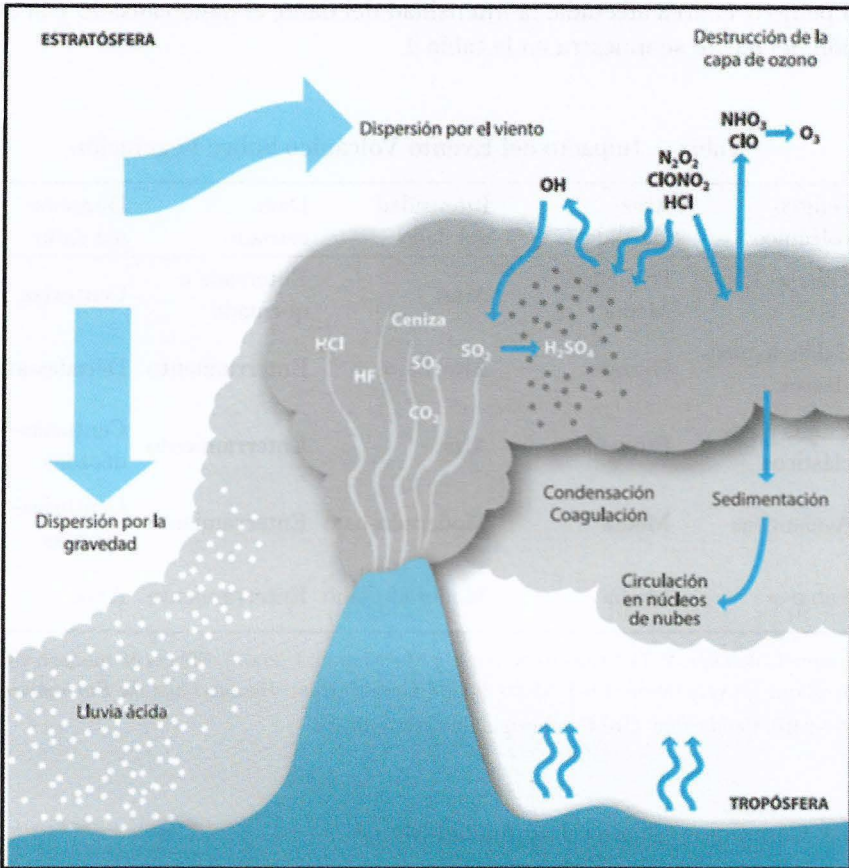


Figura 2 - Alteración atmosférica por emisiones volcánicas, tomado del informe especial: Volcanismo y cambio climático, por R. Turco, 1992. Adaptado por Diego Silva Garnica, citado en *Guía de preparativos de salud frente a erupciones volcánicas. Módulo 4: Salud ambiental y el riesgo volcánico*, por Organización Panamericana de la Salud (2005). Quito: Pangea Editorial, p. 57. Obtenido de http://cidbimena.desastres.hn/docum/ops/Volcanes/gv_modulo4-3.pdf

El dióxido de azufre (SO₂) emitido se convierte lentamente en ácido sulfúrico (H₂SO₄), que se condensa en la atmósfera y se precipita en forma de lluvia con partículas muy finas. La concentración de estas partículas origina el llamado aerosol. Cuando este se forma a partir del azufre se conoce como aerosol de sulfato, combinado con material particulado (ppm 2.5 y ppm 10), luz solar, oxígeno (O₂) y humedad; reacciona recíprocamente formando el humo volcánico también conocido como vog. La presencia del vog en altas concentraciones forma una densa capa gaseosa conocida como el escudo solar, cuya

presencia impide la penetración total de la luz solar sobre la superficie (OPS, 2005). Un resumen general del impacto de un evento volcánico, considerando el peligro, el área afectada, la intensidad del daño, el daño causado y la duración del efecto se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Impacto del Evento Volcánico Sobre Vegetación

Peligro volcánico	Área afectada	Intensidad del daño	Daño causado	Duración del daño
Coladas Lávicas	Pequeña-Media	Alta	Enterrada o quemada	Centurias
Caída de piroclastos	Grande	Alto-Bajo	Enterramiento	Décadas-años
Flujos piroclásticos	Pequeña	Alta	Enterramiento	Centurias-décadas
Avalanchas	Media	Moderado-bajo	Enterramiento	Centurias-décadas
Lahares	Media	Moderado-bajo	Enterramiento	Años

Adaptado de Dale, V., Delgado-Acevedo, J., y MacMahon, J. (2005). Effects of modern volcanic eruptions on vegetation. En J. Marti & G. J. Gerald (Eds). *Volcanoes and the Environment* (pp. 227-249). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

3.2. Complejo volcánico Laguna del Maule.

El CVLM alberga numerosos centros volcánicos en su interior, con actividad holocena reconocida, y magmas con composicionales diversos que incluyen desde basaltos hasta riolitas (Hildreth et al., 2010). El mencionado complejo volcánico se estima que culminó su actividad con un espectacular anillo concéntrico producto de 36 erupciones silíceas posglaciales que tuvieron lugar aproximadamente en un intervalo de tiempo comprendido entre unos 25 mil años y la más reciente unos dos mil años o menos. Las erupciones más recientes fueron generadas desde 24 centros de emisión (o cráteres) distintos (Singer, 2014). Los productos volcánicos emitidos por estas erupciones estaban constituidas por: lavas, domos y combinación domo de lava, lo que implica que desde algunos centros de emisión se emitieron más de un producto durante el período de tiempo mencionado. La última erupción del CVLM sucedió hace 600 años en el sector de Loma de Los Espejos (Sernageomin, 2015).

Estudios geológicos en curso han documentado una significativa ocurrencia de erupciones explosivas en el Holoceno (fig. 3). De acuerdo con los

estudios geológicos previos y los datos obtenidos sobre su actividad reciente, principalmente datos sísmicos y geodésicos, indican que el CVLM es un sistema con síntomas inequívocos de reactivación que podrían evolucionar a ciclos eruptivos asociados con la evacuación de magma riolítico. Los volcanes riolíticos de gran escala, como los de caldera, pueden depositar rápidamente cientos de kilómetros cúbicos de ceniza en un radio de varios millones de kilómetros cuadrados, convirtiéndose en una amenaza para la agricultura y la gente a una escala continental (Sparks et al.,2005).

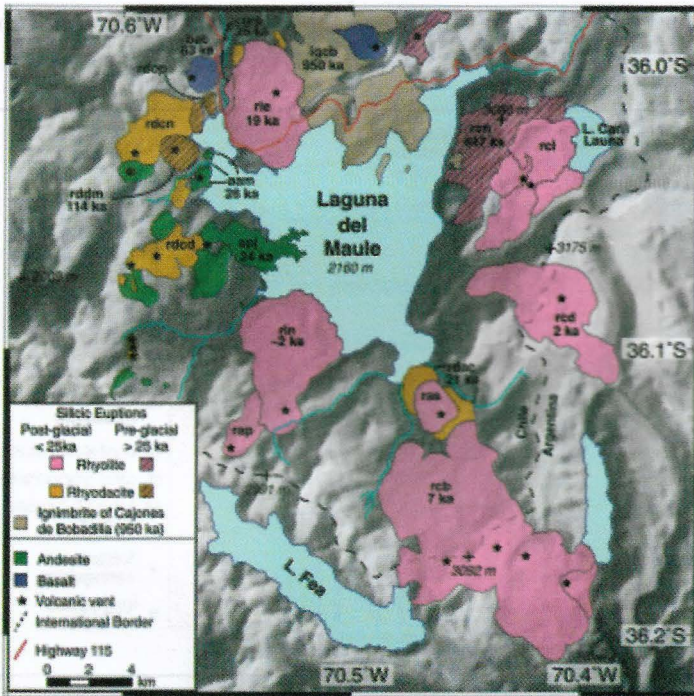


Figura 3. Mapa geológico simplificado destacando el vulcanismo silíceo y posglacial de la cuenca del lago Laguna del Maule. Tomado de Dynamics of a large, restless, rhyolitic magma system at Laguna del Maule, southern Andes, Chile, por Singer, B. S., Andersen, N. L., Le Mével, H., Feigl, K. L., DeMets, C., Tikoff, B. et al. (2014), *GSA Today*, 24(12), 4–10. <http://doi.org/10.1130/GSATG216A.1> Obtenido de www.geosociety.org/gsatoday/archive/24/12/abstract/i1052-5173-24-12-4.htm.

Se han hecho diversos estudios que conducen a la conclusión de que el CVLM está en una etapa previa a una erupción.

Estudios de interferometría de radar realizados en el CVLM por Fournier et al., 2010 entre los años 2007 y 2010 revelan una zona de deformación inflacionaria con una cámara magmática a 5 km de profundidad ubicada en el centro del complejo con una tasa de desplazamiento vertical de 18,5 cm/

año (Cardona et al. 2014) (fig. 4). Con posterioridad Feigl et al., 2012, realizaron nuevos estudios de interferometría de la zona encontrando que la deformación del complejo sigue activa, calculando tasas de ≈ 38.5 cm/año; cifra que fue catalogada en su momento como la tasa de deformación más grande a nivel mundial durante las últimas décadas (Cardona et al. 2014). Cabe señalar los índices de deformación de otros volcanes: Lazufre (Chile) = 3 cm/año; Long Valley (EEUU) = 4 cm/año; Okmok (Alaska, EEUU) = 6.7 cm/año; Yellowstone (EEUU) = 7 cm/año; Santorini (Grecia) = 8 cm/año; Rabaul (Nueva Guinea) = 15 cm/año; y Campi Flegrei (Italia) = 55 cm/año. Esta última duró aproximadamente 2 años y actualmente se encuentra estable (Sernageomin, 2015).

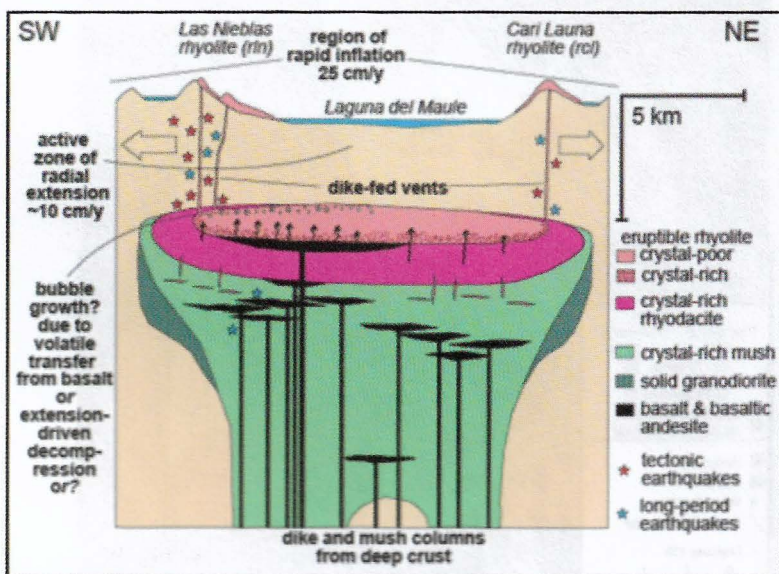


Figura 4. Cámara de Magma en el Complejo Volcánico Laguna del Maule. Sistema magmático hipotética alimentando las erupciones riolíticas pobres cristal rodeando la Laguna del Maule (adaptado de Hildreth, 2004). Sección es SW-NE a lo largo de la línea doblada en la figura 1B. Observaciones apoyan inferencias se muestra aquí, incluyendo: (1) un levantamiento repentino, terremotos (2) superficiales, (3) activo intrusión de magma máfico a 5 kilómetros de profundidad y (4) normal fallamiento y datos geodésicos que registran la extensión. Tomado de Dynamics of a large, restless, rhyolitic magma system at Laguna del Maule, southern Andes, Chile, por Singer, B. S., Andersen, N. L., Le Mével, H., Feigl, K. L., DeMets, C., Tikoff, B. et al. (2014), *GSA Today*, 24(12), 4–10. <http://doi.org/10.1130/GSATG216A.1> Obtenido de www.geosociety.org/gsatoday/archive/24/12/abstract/i1052-5173-24-12-4.htm

Mediciones con GPS realizadas desde febrero de 2012, reafirman que la deformación de la superficie del CVLM sigue activa, con tasas verticales

calculadas de aproximadamente 30 cm/año (Amigo, Bertin, & Orozco, 2012). Mediante mediciones indirectas en el CVLM se ha logrado determinar que existe una disminución de la densidad bajo la superficie del CVLM que se generaría por ascenso de magma y acumulación de vapor dentro de la cámara magmática producidos por fluidos hidrotermales (Honores, 2013). Mediciones gravimétricas realizadas entre enero de 2011 y febrero de 2012 en 4 puntos del complejo muestran una disminución promedio de 1,56 mgal que estaría asociada al aumento de la altura y a la disminución de la densidad de la masa subyacente al CVLM (Honores, 2013). Estudios de la actividad sísmica en el marco del proyecto Red Nacional del Vigilancia Volcánica del Sernageomin, que permitió la instalación en el 2011 de estaciones sísmicas de banda ancha y GPS alrededor del campo volcánico, han registrado actividad sísmica asociada con el complejo con registro de al menos 14 enjambres sísmicos próximos al área de deformación y a niveles superficiales <5 km (Cardona, 2014). Por otra parte, se constató una baja resistividad eléctrica a una profundidad de 5 km por debajo de la superficie de la mitad occidental del CVLM lo que representa la existencia de un cuerpo de magma con componentes riolíticos asociados a un sistema hidrotermal (Singer, 2014). Se ha detectado un incremento de 11 a 14 °C en la temperatura del agua. Incluso se han observado burbujeos en el medio de la laguna (UW-Madison Field Work, 2013).

4. Resultados y discusiones

Según González (2006), la recuperación de una zona afectada por una erupción volcánica puede llevar largo tiempo, pero, algunos autores, como Schaefer (2008), señala: "La rapidez con la que un sistema se puede recuperar depende del clima, sustrato y de los factores del paisaje", un ejemplo de esto último es la erupción volcánica del Chaitén, Chile, ocurrida el 1 de mayo del 2008, después de cuatro años de ocurrido el evento se observó el recubrimiento de la flora en un sector donde hubo una combinación de los siguientes tipos de alteraciones: la explosión lateral de gases calientes y rocas, aludes y la caída de cenizas que cubrió en algunos lugares hasta tres metros que quemó y derribó gran parte del bosque (Espinoza, 2013).

Según Walker, Wardle, Bardgett, y Clarkson (2010) they are often used inappropriately, leading to false conclusions about ecological patterns and processes, which has prompted recent strong criticism of the approach. Here, we evaluate when chronosequences may or may not be appropriate for studying community and ecosystem development. 2. Chronosequences are appropriate to study plant succession at decadal to millennial time-scales when there is evidence that sites of different ages are following the same trajectory. They

can also be reliably used to study aspects of soil development that occur between temporally linked sites over time-scales of centuries to millennia, sometimes independently of their application to shorter-term plant and soil biological communities. 3. Some characteristics of changing plant and soil biological communities (e.g. species richness, plant cover, vegetation structure, soil organic matter accumulation, la definición de sucesión primaria se refiere al momento en el que la formación de una comunidad comienza en una superficie en la que nunca ha existido vegetación, y la secundaria se produce cuando algunas plantas o el suelo han sobrevivido a la perturbación. Esto es fundamental para entender la recuperación de la vegetación, ya que puede producirse a partir de las especies que sobrevivieron o con nuevas especies procedentes de áreas alejadas del espacio afectado. La sucesión primaria se inicia sobre el nuevo sustrato geológico y edáfico que carece de vida. Un ejemplo de esto lo proporciona el estudio realizado después de la erupción del Volcán Tungurahua, Ecuador, el año 2006, que informa que después de un año y medio ocurrió la sucesión primaria de la vegetación, encontrándose un total de 47 especies en los sitios estudiados (Schaefer, 2008).

Por otra parte, un solo evento volcánico tiene el potencial de modificar la morfología terrestre en plazos de tiempo relativamente cortos (Montiel, 2014; Schilling et al., 2004), lo que permite considerar plausible el paradigma del catastrofismo. Una potencial erupción del Complejo Volcánico Laguna del Maule pudiera tener impacto muy significativo en la morfología del terreno de la región de Maule, Chile, lo que afectaría por consiguiente al ecosistema de la región, y ello en un plazo de tiempo relativamente breve.

El crecimiento inusual de la zona de deformación inflacionaria del CVLM (tasa de hasta 38,5 cm/año) (Cardona, 2014), las variaciones en la intensidad del campo gravitatorio local (Honores, 2012), las variaciones en la resistividad eléctrica (Singer et al., 2014) y la constitución riolítica del maga que es altamente explosiva (Cardona, 2014) el conjunto de todos estos fenómenos presentes en el comportamiento del CVLM hacen suponer a autores como Singer (2014) que una eventual erupción riolítica de dicho complejo volcánico conllevaría a consecuencias en la morfología terrestre local y climatología a nivel continental (Sparks et al., 2005) de un alcance muy superior a fenómenos volcánicos recientes.

La geología que sigue un paradigma catastrofista propone un modelo tectónico en el que todo ocurrió en una época reciente –poco después del diluvio tal y como creen los geólogos creacionistas, del que habla la Biblia en el libro de Génesis–, y considerablemente más rápido que lo propuesto por el paradigma uniformista, es decir, el catastrofismo sugiere que los cambios geológicos ocurrieron en apenas unos cientos de años (Wood, 2005, citado en Durán, 2016).

REFERENCIAS

- Amigo, Á., Bertin, D., & Orozco, G. (2012). *Nueva metodología para la evaluación regional de peligros volcánicos: ejemplo de la zona norte de Chile*. Congreso Geológico Chileno 13.
- Benson, C. (2005). Volcanoes and the Economy. In J. G. G. J. E. Marti (Ed.), *Volcanoes and the Environment* (p. 471). Cambridge University Press.
- Blong, R. (1986). Volcanic Hazards. A Sourcebook on the Effects of Eruptions. *Disasters*, 10(3), 238–240. <http://doi.org/10.1111/j.1467-7717.1986.tb00595.x>
- Brand, L. (2011). *Fe, razón y la historia de la Tierra: Un paradigma de los orígenes de la Tierra y de la vida mediante un diseño inteligente*. Libertador San Martín, Argentina: Editorial Universidad Adventista del Plata.
- Cardona, C., Tassara, A., Lara, L. y Morales, S. (2014). Actividad reciente del Complejo Volcánico Laguna del Maule: relación entre sismicidad y deformación volcánica de gran escala ligada a un campo volcánico riolítico. XIX Congreso Geológico Argentino, Junio 2014, Córdoba. p. 1-2.
- Cinturón de Fuego del Pacífico (2016, 30 de junio). En *Wikipedia*, ed. esp. Obtenido el 10 de julio, 2016, de https://es.wikipedia.org/wiki/Cintur%C3%B3n_de_Fuego_del_Pac%C3%ADfico
- Clarkson, B. (1990). "A review of vegetation development following recent (<450 years) volcanic disturbance in north island, New Zealand" *New Zealand Journal of Ecology*. 14: 59-71.
- Dale, V., Delgado-Acevedo, J., y MacMahon, J. (2005). Effects of modern volcanic eruptions on vegetation. En J. Marti & G. J. Gerald (Eds). *Volcanoes and the Environment* (pp. 227-249). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- De Souza, N. (2010). Os atuais desastres geológicos: Uma chave para o passado e para o futuro. *Parousia 1*, 1, 109–133.
- Degens, E. T., & Buch, B. (1989). Sedimentological events in Saleh Bay, off Mount Tambora. *Netherlands Journal of Sea Research*, 24(4), 399–404. [http://doi.org/10.1016/0077-7579\(89\)90117-8](http://doi.org/10.1016/0077-7579(89)90117-8)
- Durán, N. (2016). Las Islas Encantadas. Ciencia de los Orígenes, 89. p. 6. Nueva referencia
- Espinoza, C. (2013). A cuatro años de erupción del Chaitén . la vegetación. *La Tercera*, p. 2013.
- Feigl, K. L., Le Mével, H., Tabrez Ali, S., Córdova, L., Andersen, N. L., DeMets, C., & Singer, B. S. (2013). Rapid uplift in Laguna del Maule volcanic field of the Andean southern volcanic zone (Chile) 2007-2012. *Geophysical Journal International*, 196(2), 885–901. <http://doi.org/10.1093/gji/ggt438>
- Fiocco, G., Fuà, D., & Visconti, G. (Eds.) (1996). *The Mount Pinatubo eruption: Effect on the Atmosphere and Climate*. Berlin: Springer.
- Fraunfelder, R; Kalina, F; Buist, A; Bernstein, R; Jhonson, D. (1983). Ocular effects following the volcanic eruptions of Mount St Helens. *Archives Of Ophthalmology*, 101(3), 376–378. <http://doi.org/0003-9950>
- González, E. (2006). Las erupciones volcánicas afectan a la biosfera en función de sus características específicas. *IV Congreso Español de Biogeografía*.
- Hildreth, W., Godoy, E., Fierstein, J., & Singer, B. (2009). *Laguna del Maule Volcanic Field -Eruptive History of a Quaternary Basalt to Rhyolite Distributed Volcanic Field on The Andean Rangeland in Central Chile*. Santiago de Chile.
- Honores, C. (2013). Estudio de la deformación de la caldera Laguna del Maule. Disponible en <http://www.repositorio.uchile.cl/handle/2250/114575> no esta citado
- MacDonald, B. G. A., & Eaton, J. P. (1964). *Hawaiian Volcanoes During 1955*.
- Maldonado, C. E. (2009). Evolución, Teoría de las Extinciones, complejidad. *Acta Biol. Colomb.*, 14, 17.
- Montiel, B. (2014). Efecto de disturbios catastróficos sobre el establecimiento y crecimiento radial de especies del género *Nothofagus* en bosques afectados por la caída de tefra, Parque Nacional Puyehue. Tesis, Universidad Austral de Chile. p. 1-2Revisar
- Nelson, S. A. (1986). Geología del volcán Ceboruco, Nayarit, con una estimación de riesgos de erupciones futuras. *Revista del Instituto de Geología*, 6(2), 243–258.
- Oppenheimer, C. (2009). Climatic, environmental and human consequences of the largest known historic eruption: Tambora volcano (Indonesia) 1815. *Progress in Physical Geography*, 27(2), 230–259. <http://doi.org/10.1191/030913303pp379ra>
- Organización Panamericana de la Salud (2005). Guía de preparativos de salud frente a erupciones

- volcánicas. Módulo 4: *Salud ambiental y el riesgo volcánico*. Quito: Pangea Editorial, p. 57. Obtenido de http://cidbimena.desastres.hn/docum/ops/Volcanes/gv_modulo4-3.pdf
- Rees, J. (1979). Effects of the Eruption of Parícutin Volcano on Landforms, Vegetation, and Human Occupancy. In P. D. S. and D. K. Grayson (Ed.), *Volcanic Activity and Human Ecology* (p. 644).
- Schaefer, L. (2008). La sucesión primaria de la vegetación sobre flujos piroclásticos del 2006 en el Volcán Tungurahua. Trabajo no publicado, DePauw University, EE. UU. Obtenido de http://digitalcollections.sit.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1031&context=isp_collection
- Schilling, S., Carrera, P., Thompson, R. & Iwatsubo E. (2004). Posteruption glacier development within the crater of Mount St. Helens, Washington, USA. p.325-329.
- Sernageomin (2015). Sernageomin detecta enjambre sísmico en el complejo volcánico Laguna del Maule. <http://www.sernageomin.cl/detalle-noticia.php?iIdNoticia=212>
- Seyfried, H., Worrier, G., Uhlig, D., Kohler, I., & Calvo, C. (1998). Introducción a La Geología Y Morfología De Los Andes En El Norte De Chile. *Chungará (Arica)*. <http://doi.org/10.4067/S0717-73561998000100002>
- Singer, B. S., Andersen, N. L., Le Mével, H., Feigl, K. L., DeMets, C., Tikoff, B. et al. (2014). Dynamics of a large, restless, rhyolitic magma system at Laguna del Maule, southern Andes, Chile. *GSA Today*, 24(12), 4–10. <http://doi.org/10.1130/GSATG216A.1> Obtenido de www.geosociety.org/gsatoday/archive/24/12/abstract/11052-5173-24-12-4.htm
- Sparks, S. J., Self, S., Grattan, J., Oppenheimer, C., Pyle, D., & Rymer, H., 2005, Super-eruptions: Global effects and future threats: Report of a Geological Society of London Working Group: London, The Geological Society, 24 p.
- UW-Madison Field Work: Laguna del Maule, Chile Volcano (2013, 2 de julio) [archivo de video]. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=usN6sqomZnM>
- Wait, R. (1981). Dewasting pyroclastic density flow and attend air fall of may 18. Stratigraphy and sedimentology of deposits. *The 1980 Eruption of Mount St. Helens, Washington. G.S.*, 439–486.
- Walker, L. R., Wardle, D. A., Bardgett, R. D., & Clarkson, B. D. (2010). The use of chronosequences in studies of ecological succession and soil development. *Journal of Ecology*, 98(4), 725–736. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2010.01664.x>
- Wood, T. C. (2005). A creationist review and preliminary analysis of the history, geology, climate, and biology of the Galápagos Islands. *Origins* 45, 22.