



**PERÚ**

Ministerio de Cultura

Museo Nacional  
de Arqueología, Antropología  
e Historia del Perú



# **CAMBIO PALEOCLIMÁTICO EN EL PASADO PRECOLOMBINO**

## **PARTE 1**

### **MÉTODOS, DRIVERS, PROXIES, INCLUYENDO TABLAS**

**ELMO LEÓN**

**MUSEO NACIONAL DE ARQUEOLOGÍA, ANTROPOLOGÍA E HISTORIA  
DEL PERÚ**

**2020**

# **Cambio paleoclimático en el pasado precolombino. Parte 1: métodos, drivers, proxies, incluyendo tablas**

*Elmo León*

## **Métodos paleoclimáticos: Abastecimiento de datos**

Comprender y evaluar a climas pasados en los que nuestros antepasados vivieron una vez es un desafío para la ciencia. Se debe aplicar una investigación interdisciplinaria para hacer frente a este desafío. Los datos paleoclimáticos se denominan proxies, es decir, son indicadores que contienen sustancias químicas que han permanecido más en los climas o entornos en archivos naturales que en sedimentos marinos y terrestres, árboles, núcleos de hielo, etc., y pueden medirse tanto cuantitativamente como cualitativamente (Gornitz 2009b: 716).

Las fuerzas que generan los climas pasados son bastante complejos, por lo que requieren evaluaciones de varios científicos. De hecho, el registro de climas pasados es extremadamente importante para el desarrollo de la comprensión científica de los sistemas climas globales, regionales y locales, el de América Latina (Mayewski 2008: 15). Echemos un breve vistazo a los principales "contenedores de datos paleoclimáticos" antes de presentar los "conductores".

## ***Ice Cores Records* y otros proxies**

El registro de núcleos de hielo proporciona una serie de datos ambientales. Son sensores de medición del clima (circulación, temperatura y precipitación), y por lo tanto nos proporciona datos en torno a algunas causas del cambio climático (por medio de la variabilidad solar, actividad volcánica y gases de efecto invernadero) (Lorius et al 1992, Mayewski 2008: 15, IPCC 2007: 438). O18, por ejemplo, es un isótopo de agua pesada que se agota en el vapor de agua. La masa de aire contenida en forma de vapor de agua residual se vuelve más fría, y el contenido original de agua se pierde en forma de precipitación. Por lo tanto, las variaciones en O18 de hielo en un núcleo (core) indican variaciones pasadas en la temperatura (Mayewsky 2008).

La relación de isótopos O18-O16 de núcleos de hielo proporciona la historia de las temperaturas pasadas con gran confianza (Rozanski y Gonfiantini 1990), y

por lo tanto son virtualmente llamados "paleotermómetros" (Wright 2009: 148). Esta técnica fue descubierta en 1940 por Harold Urey en la Universidad de Chicago y se basa en la relación de O18/O16 y su potencial para registrar temperaturas pasadas (Wright 2009: 148-155).

Las huellas de las condiciones ambientales pasadas se encuentran en otras fuentes químicas. Según Legrand y Mayewski (1997) el contenido químico del hielo se compone de las siguientes sustancias: cloruro (Cl), nitrato (NO<sub>3</sub>), sulfato (SO<sub>4</sub>), calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), potasio (K), amonio y meta-sulfonato (MS). En otras palabras, la química de las sustancias biológicas y físicas contenidas en núcleos de hielo refleja procesos bien entendidos que se pueden convertir en estimaciones de rasgos como la temperatura.

Como se ha dicho anteriormente, ejemplos clave incluyen, por ejemplo, el oxígeno (O) en relación con isótopos en tanto coral como en carbonato para el medio de las foraminíferas en función de detectar salinidad; la relación magnesio/calcio (Mg/Ca) y estroncio/calcio (Sr/Ca) en carbonatos para estimar las variaciones de temperatura; contenido de saturación de alquenona de moléculas orgánicas marinas para inferir la temperatura de la superficie del mar (SST); e isótopos de oxígeno e hidrógeno y estudios combinados de isótopos de nitrógeno y argón en núcleos de hielo para inferir temperatura y transporte atmosférico (IPCC 2007: 439).

En 1993, el Proyecto GISP II (*Greenland Ice Sheet Project*) culminó en perforar el suelo de la capa de hielo de Groenlandia. De esta manera, el proyecto recuperó el récord de núcleo de hielo más profundo disponible para el mundo. Junto con el proyecto europeo GRIP, ambos registran un 400 ka de la historia climática global.

En América del Sur, y especialmente en los Andes, este tipo de investigación se halla en los algunos ejemplos. Thompson (2001) para los registros del núcleo de que Quelccaya, Sajama y Huascarán ha estudiado el núcleo de hielo de Quelccaya, Sajama y Huascarán, tres glaciares tropicales.

Otros datos derivados de núcleos de hielo en los Andes son las precipitaciones (Vuille et al 2003) y la actividad hidrológica pasada (Hoffmann et al 2003), a de las críticas anteriores (Grootes et al 1989).

Por otro lado, los organismos de tipo foraminifera son cruciales para la historia paleoclimática de América del Sur. Se trata de organismos eucariotas unicelulares que viven tanto en el medio marino como en el agua dulce y su contenido en carbonato de calcio puede estar en información geoquímica isotópica (O18) (Dowset 2009: 338-339).

Un tema clave es que el hielo componentes químicos de diferentes partes del mundo y el potencial para obtener registros de climas diversos. En Groenlandia, el hielo se puede estudiar, del mismo modo, el polvo glacial de Asia o el sulfato volcánico de Indonesia.

Además, indicadores biológicos como la determinación de la taxonomía de las especies biológicas (por ejemplo, Woodcock 1992), o incluso registros entomológicos anteriores (Elias 1996), sirven para reconstruir climas pasados, así como variaciones de temperatura del suelo, sedimentos oceánicos. Otros materiales orgánicos como los ostracodos se consideran con alto potencial para reconstruir los paleoclimáticos de los lagos (ver más abajo). Sin embargo, los registros de anillos de árboles son prácticamente el proxy más preciso para los paleoclimas (Eckstein 2007). No obstante, este no es el caso de América Latina como tema de investigación de este estudio.

### **Ostracodos y diatomeas de los lagos: Paleolimnología**

Barker (2009: 738) define la paleolimnología como una ciencia multidisciplinaria que estudia condiciones ambientales pasadas a partir de la evidencia conservada en los sedimentos del lago. Uno de los materiales limnológicos más importantes de datos relacionados con los paleoclimas en América central y el Altiplano Peruano-Boliviano procede de los ostracodos que viven en lagos (Brenner et al 2002, Holmes y Chivas 2002), así como diatomeas que registran el cambio pasado entre la vegetación del lago, el estado trófico, la profunda del agua y la química del agua (Davies y Smol 1986, Leventer 2009). Por ejemplo, la alta incidencia de diatomeas en depósitos de agua natural nos muestra que estos organismos ofrecen múltiples posibilidades en la reconstrucción de ambientes pasados tanto en el interior como en el costero (Juggins y Cameron 2000, Saros 2009).

Dos organismos vivos clave en los lagos son tanto diatomeas como ostracodos. Las diatomeas son algas unicelulares y los bivalvos de sílice son muy sensibles a los cambios de pH, especialmente en los niveles de salinidad y nutrientes. Sin embargo, según Gasse et al (1997) la interpretación del clima a partir de registros de diatomeas es indirecta e implica cambios tafonómicos y diagenéticos.

Los ostracodos de los lagos son organismos altamente sensibles con un potencial para capturar datos de cambios de microambientes. Sin embargo, sus fechados son algo problemáticos especialmente por la actividad particular de radiocarbono de residencia en contraste con el entorno. La química de su cubierta debe ser considerada un proxy importante para el paleoclima, a pesar de que sus minerales de carbonato se alteran fácilmente durante la diagénesis posterior al entierro o depósito (Gaines y Drosser 2009: 12).

De hecho, la datación por radiocarbono de conchas y ostracodos de lagos es problemática, especialmente en algunos lugares de América del Sur y Mesoamérica. Los lagos tienen dos fuentes principales de radiocarbono: 1. el CO<sub>2</sub> atmosférico, y 2. el carbono inorgánico disuelto de las aguas subterráneas y la escorrentía. Las proporciones de ambos definen la magnitud de la corrección del embalse en lagos de agua dulce (Olson 1979) con el fin de evaluar el "efecto agua dura".

Además, demostrado está que cuanto a profundo más es el lago, mayor es la corrección del embalse. De hecho, una serie de secuencias cronológicas paleoclimáticas obtenidas de este tipo de material podría ser inoperante porque efecto de reservorio (D-Delta) es desconocido. En un esfuerzo por estimar este caso de incertidumbre, Geyh y sus colegas concluyeron que este efecto reservorio parece ser la relación entre el volumen de agua y la superficie del lago que estar relacionada con la base lacustre (Geyh et al 1998: 931). Sin embargo, la base puede cambiar su composición química debido a la deposición de sedimentos, o incluso al cambio en un evento sísmico. En este caso, las fluctuaciones considerables del nivel del lago pueden dar lugar a una interpretación sesgada. Por ejemplo, el lago Lejía en el Altiplano de Chile generó rangos de 2150 a 4700 años, mientras que el nivel máximo corresponde a -5100 años de error durante el LGM. Un *caveat* similar debe corresponder a la paleolimnología de la zona maya por los datos de los lagos (cf. Vaughan et al 1985). Por lo tanto, se ha demostrado

que las fechas C14 requieren una corrección del depósito que disminuye con el aumento de la profundidad del agua.

Por esta razón dependemos de los datos proporcionados por los autores en sus respectivas investigaciones cuando abordan un cambio o evento ambiental. En cuanto a la dendrocronología, si encontramos el RDBP (*Fecha de Radiocarbono Antes del presente*) calibramos la fecha directamente por medio de las dendrocurvas IntCal09/ShCal04 (hoy en día disponible IntCal2020). En caso de que encontremos una fecha ya convertida en años calendarios, solo copiamos esta fecha a pesar de la falta de precisión en la calibración de los datos C14. De hecho, la mayoría de los autores dan los resultados de BP sin, procesar cuando son circunstancias óptimas, pero sin especificar el número de laboratorio, el fraccionamiento O13, el valor delta, incluso si se presenta una tabla. Estas ausencias de referencias científicas deben ser tomadas en cuenta antes de abordar la evaluación los datos finales de esta monografía.

### **Estudios isotópicos estables**

Los organismos están compuestos por elementos comunes como hidrógeno (H) y carbono (C), también pero por isótopos que podrían ser inestables o estables (Gr-cke y Wortmann 2008, Price et al 2002, Schoeninger 1995: 83). La mayoría de las investigaciones arqueológicas y arqueozoológicas tratan sobre los isótopos estables de carbono y estroncio a su potencial en información sobre la dieta de animales y personas y ambientes pasados, donde los seres humanos y los animales que se pierden la vez (Tieszen 1991, Ambrose y Krigbaum 2003).

Por ejemplo, los taxones vegetales pasados se registran como la cantidad de disposición de isótopos de carbono en los nódulos de carbonato de paleosol y la materia orgánica del suelo. Además, los patrones de migración humana, como los de Tiwanaku, Bolivia, se pueden rastrear mediante de indicaciones de isótopos de estroncio (Knudson et al 2004). De hecho, las dietas humanas y otras dietas se pueden ser antes de las indicaciones estables de isótopos de carbono, nitrógeno y azufre. Una vez que la dieta está compuesta por organismos vivos, entonces somos capaces de conectarlos a sus orígenes ambientales endémicos.

En América Latina prehispánica, los isótopos estables, por ejemplo, se utilizan principalmente para rastrear el maíz y otros cultivos C3 y C4. Por ejemplo,

White y Schwarcz (1989) mediante el uso de isótopos estables de huesos humanos en el norte de Belice han encontrado que más que los mayas pre-clásicos comen porciones crecientes de maíz, mientras que las tasas de N15 indican que los hombres de élite consumieron productos principalmente alimenticios de mar. También en Mesoamérica, en la región de Petexbatun, (Guatemala), Wright et al (2009), por medio del análisis estable de isótopos, fueron capaces de reconocer el cultivo de maíz de alto consumo al final del período Clásico Maya (ca. 800-900 d.C.).

De manera similar, los isótopos de carbono encontrados en huesos humanos de Chavín de Huántar (ca. 1200-200 a. C.), Andes Centrales, revelaron que las personas consumieron no solo maíz, sino plantas C3 como la quinua y las papas (Burger y van der Merve 1990) en un paisaje agrícola de diversos cultivos y tubérculos.

Y en el sur de Perú, los investigadores han encontrado carbono en huesos humanos de los habitantes de Tiwanaku que indican consumo de maíz y que este cultivo fue a lugar este a desde diferentes bajas de la misma región (Tomczak 2001). Por lo tanto, los estudios isotópicos estables en el seguimiento de organismos biológicos y, en consiguiente, ambientes paleoclimáticos.

### **Modelos paleoclimáticos**

Las series temporales de cambios de insolación se pueden registrar y calcular a partir de la mecánica cósmica. Además de las proporciones de O18 y otras sustancias químicas capturadas en el hielo, otros proxies como aerosoles y trazas de gases son fuentes importantes para documentar los paleoclimas. Todos los datos derivados de este tipo de registro se utilizan para crear modelos climáticos.

¿Y como es que operan los modelos? Los modelos se emplean para simular eventos del clima pasado (por ejemplo, el LGM, el YD, etc.) para ayudar a entender los mecanismos de los cambios pasados. Estos buscan establecer la conexión de causa y efecto en el pasado. Además, los modelos nos ayudan a la escala local y global en paleoclimas, debido a la naturaleza de la información paleoclimática que suele ser escasa, irregular y estacional (IPCC 2007: 439). En

cualquier caso, los modelos de prueba mediante paleoclimáticos y reconstrucciones son extremadamente importantes.

Por ejemplo, los registros de núcleos de hielo contienen la temperatura local en la Antártida, por un lado, y los gases mixtos globalmente CO<sub>2</sub> y metano, por el otro. Este tipo de relaciones generan variables estadísticas. De hecho, las conexiones causales entre estas variables se exploran mejor mediante la aplicación de modelos. El seguimiento del desplazamiento de la cubierta de hielo y vegetación, por ejemplo, está también bien evaluado por estos modelos. La inclusión de trazadores bioquímicos constituye un interesante progreso reciente en esta cuestión.

### **Biomización y paleopolen**

La palinología es el estudio de microorganismos y fragmentos microscópicos de megaorganismos, que se producen en sedimentos (Kneller y Fowell 2009: 766). Las evaluaciones vegetacionales generales de las regiones intercontinentales son escasas para el propósito de obtener información general sobre los datos paleoclimas locales. El panorama es sin embargo, dramático para nuestras latitudes. No obstante, tanto la palinología como la biomización vinculadas entre sí son una de las fuentes mejores para la reconstrucción del paleoclima de América del Sur, Mesoamérica y México.

Además, análisis de polen pueden ser utilizados para la reconstrucción paleoclimática general. Este es el caso, por ejemplo, de los pioneros estudios de Markgraff (1993) quien utiliza 61 registros de polen de América del Sur y Central que dan reconstrucción episodios paleoclimáticos desde la LGM hasta los tiempos modernos por intervalos de 3 ka. Basado en el polen, encontró un LGM más frío que hoy (por 4 a 5°C) pero algo más húmedo en los sitios de los subtrópicos del sur y las altas tierras de Chile, y que el YD, tal como se define en la del Hemisferio Norte, se debe particularizar en América del Sur. Los registros de polen son una fuente crucial en esta parte del mundo, por lo que proporciona un buen apoyo para este tipo de reconstrucciones que deberían estar vinculadas a otras líneas independientes de la investigación paleoclimática.

La biomización es un derivado de la palinología. Prentice et al (1996) propusieron el método para reconstrucción de la vegetación de zonas amplias en



taxones de polen y sus funciones. La validez de este método se ha demostrado en diversas áreas del mundo, incluyendo a la vegetación de América Latina (en ejemplo en el LGM y el Holoceno Medio). Un buen ejemplo se observa en el uso de datos de polen de un total de 408 proxies de toda América Latina Sub (Marchant et al 2009). Las posiciones latitudinales de los sitios investigados proporcionan datos sobre diferentes condiciones ambientales para la LGM. Parte de estas investigaciones detectaron, por ejemplo, en 6 ka una tendencia a un clima más seco en el norte de la región con un ligero cambio más húmedo en el sur (porque probablemente los efectos subtropicales).

Un mismo marco de evidencia se encontró en Centroamérica que experimentó un cambio (tendencia a una mayor vegetación húmeda) que refleja una mayor humedad en las plantas, como en la península de Yucatán donde los registros en bosques van documentando esta tendencia (Marchant et al 2009: 372).

## **Tefrocronología**

La tefrocronología es un método de datación en la identificación, correlación y datación de capas de tefra procedentes de eventos piroclásticos. Es crucial porque proporciona un control preciso de mecanismos de grandes ejes como el marino y el terrestre debido a las fuerzas magmáticas (Dugmore y Newton 2009: 937).

Tefra es un material piroclástico no consolidado producido por una erupción volcánica que incluye ceniza volcánica, lapilli y bombas. El rasgo fundamental de la tefra es su potencial, dispersión rápidamente generalizada, y características físicas y químicas distintas. Esta es la razón por la que los depósitos de tefra son isocronos, u horizontes, principalmente determinados por el nivel basal del depósito de tefra, definiendo un episodio en el tiempo.

Los eventos tefra son importantes para nuestro propósito en esta monografía, especialmente porque lo usaremos en dos áreas de destino, un sable, los Andes Centrales (Ecuador y Secundaria, sur de Perú) y el Cinturón Volcánico Mesoamericano (Newton y Metcalfe 1999).

## **Paleotempestología**

Las tormentas pueden modificar las formas de superficies de la tierra que, si se conservan bien, tales erosiones o meteorismo, pueden ser información sobre los eventos relacionados con tormentas pasadas (paleotormantas) y así explorar si son afectadas las sociedades expuestas a este tipo de fenómeno meteorológico. La actividad de las tormentas también es importante. Algunos investigadores piensan que podrían haber conexiones con la ENSO, e incluso con la NAO (Oscilación del Atlántico Norte), y patrones de actividad de ciclones tropicales (APS).

Otros estudios sostienen que durante los años fuertes de ENSO, se reprime la actividad de los huracanes en el Atlántico. Estas pesquisas parecen indicar que, durante eventos El Niño fuertes, el aumento de la convección vertical del viento se asoció con un fortalecimiento de la convección subtropical sobre el Atlántico Norte tropical, lo que dificulta el desarrollo de ciclones tropicales (Donnelly 2009: 764). La conservación de “lavado” en sedimentos costeros proporciona importantes para la reconstrucción de la actividad de las tormentas en el pasado. Un buen ejemplo de paleotempestología se halla en el Caribe: poblaciones antiguas del Caribe y la zona mesoamericana, e indirectamente fueron afectadas en cuanto a sus desplazamientos y asentamientos, en relación ENSO y las paleotormantas de la región.

Ahora bien, los métodos paleoclimáticos expuestos anteriormente responden a causas. No podemos examinar los proxies que van a ayudarnos a la reconstrucción del paleoclima, sin conocerlos. Vamos ahora a revisarlos en esta introducción.

## **Causas del cambio pasado y las respuestas**

Sin duda alguna el IPCC (2007) ha publicado probablemente la mejor visión general sucinta sobre las causas del cambio climático. Aunque los datos para estas definiciones proceden principalmente del hemisferio norte, pueden iluminar nuestro propósito de mostrar estas causas en el hemisferio sur, es decir, en América del Sur y Central, el interés de esta monografía.

El IPCC indica que aunque los paleoclimatólogos vienen investigando sobre la base de tendencias generales sobre el cambio, cada evento es diferente del otro, es decir los vectores climatológicos no son resultantes absolutos, sino tienen particularidades. El clima en la tierra ha cambiado en todas las escalas de tiempo. Y de hecho, se ha hecho grandes progresos en la comprensión de las causas y mecanismos de estos cambios. Según los resultados al momento, los cambios en el equilibrio de radiación de la Tierra fueron el principal impulsor de los cambios pasados, pero las causas de los cambios son muy diferentes entre sí. De acuerdo al IPCC, por lo tanto, las edades de hielo (reversals), o incluso las edades del calentamiento global deben explicarse una por una de acuerdo a las causas específicas de cada evento. Actualmente esto se puede hacer ahora con cierta confianza debido a la amplitud de base de datos, sin embargo, los cambios pasados deben ser reproducidos por modelos (IPCC 2007: 449). En consecuencia el enfoque particularista de proxies es el caso del Sur y Mesoamérica, lo cual implica contar con una base de datos subcontinental, lo que hoy en día, es aún imposible.

Ahora bien: ¿qué ha desencadenado el cambio climático pasado? Behringer (2007: 27-32) menciona a estos factores como vectores principales: 1) la variación de la actividad solar, 2) el ciclo Milankovich, 3) los gases de la atmósfera (especialmente el CO<sub>2</sub>), 4) la actividad tectónica de la tierra, 5) la actividad celeste incluyendo meteoritos. Entre ellos hay que mencionar a los aerosoles que se encuentran como uno de los factores mejor documentados. El aumento de la cantidad de gases atmosféricos como CO<sub>2</sub> y el CH<sub>4</sub> correspondientes al intervalo de tiempo desde el Pleistoceno Terminal hasta el Holoceno está bien documentado, por ejemplo, tanto en Groenlandia como en el sur, como en el proyecto EPICA (Stauffer 2009: 123).

Si el clima depende del equilibrio de radiación del planeta, el cambio climático es el factor alterante que afecta a esta radiación. Esto se puede hacer generalmente por tres factores: 1) cambio de la radiación solar ingresante en la superficie terrestre, 2) cambio de la porción de la radiación solar que se refleja (retroalimentación albedo, incluyendo la cubierta de nubes y aerosol (Lacis 2009: 2-4), y 3) la energía de onda larga irradiada de vuelta al espacio (cambiando las concentraciones de gas).

Por lo tanto, si abordamos el cambio el clima pasado en el sur como en Mesoamérica, necesitamos incluir en el carácter de esta radiación y su historia sobre esta parte del mundo que contiene el mayor parte del agua-salinidad y sus particularidades como, por ejemplo, el albedo reflejado por los casquetes de hielo permanentes y la nubosidad de aereosoles generados por la Amazonia y la región tropical de Mesoamérica. Aunque América del sur y Mesoamérica todavía carecen de estos estudios de cambio pasados en particular, hay algunos que cubren este tema.

Fritz (et al. 2004: 95), instan, por ejemplo, al registro de la historia paleohidráulica en América del Sur incluyendo a factores adicionales, como se mencionó anteriormente: 1) cambios en las tasas de liberación de gas de la circulación oceánica, 2) producción tropical de carbono de carbono, 3) producción de metano y 4) vapor de agua y modos de interacción océano-atmósfera tropical. Todos estos factores son como fuentes de variabilidad. Esperamos mas estudios similares en un futuro próximo a fin de suministrar datos a modelos que puedan generarse para la reconstrucción paleoclimática de esta parte del mundo.

Abordemos brevemente algunos factores cruciales del cambio de climático global que podrían haber afectado a la región de nuestro interés, América Latina.

### **Forzamiento orbital y los ciclos de Milankovich**

Es bien sabido que las órbitas, a través de estimaciones astronómicas, muestran cambios regulares en los parámetros de la fuerza terrestre alterando la distribución latitudinal de la radiación solar en la parte superior de la atmósfera ('insolación'). La teoría de Milankovitch propone que las edades de hielo son desencadenadas por el mínimo en la insolación en el verano de hasta 65°N, lo que lleva a que las nevadas de invierno persistan durante todo el año y, por lo tanto, se acumulen para construir de capas glaciales del hemisferio norte.

Los cambios pasados y futuros en la insolación pueden documentarse a lo largo de varios millones de años con un alto grado de confianza (Laskar et al. 2004). Los cambios en la excentricidad anual, cambios en la distancia tierra sol también modulan efectos estacionales y latitudinales inducidos por la oblicuidad y la precesión. Por ejemplo, Kutzbach y Guetter (1986) han demostrado que los

cambios en los parámetros orbitales pueden generar aridez de la edad de hielo ecuatorial a de reducciones del 10-20% durante las lluvias monzónicas.

Dentro del lapso de tiempo del Holoceno, un tiempo clave cuando los seres humanos se convierten en sociedades complejas, Turner et al (2005) propusieron que el forzamiento solar es parcialmente el factor que condiciona a los ciclos climáticos que se desencadenan en la Región del Atlántico Norte. Según sus resultados hay secuencias de aproximadamente 800 años de humedad superficial que alteran cambios climáticos globales. Surge entonces la pregunta si estos mismos cambios implicarían una misma tendencia de ciclos húmedos para el Sur y Mesoamérica. Si bien la respuesta sigue vedada, está claro que los cambios en la posición de las estaciones en la órbita modulan fuertemente la distribución latitudinal y de la insolación y, por lo tanto, las variaciones de corto plazo en el clima. Incluyendo a nuestro sistema climático de América del sur.

### **Campo magnético**

La variación secular del campo magnético de la tierra incide en el cambio no solo en el presente, sino en los tiempos antiguos. Gallet et al (2005) describen los vínculos entre las variaciones seculares del campo magnético a lo largo de las escalas temporales por siglos y el cambio en Europa occidental. Las variaciones de campo magnético podrían alterar el clima mediante la modulación del ingreso de rayos cósmicos que interactúan con la atmósfera. Según su evidencia, los episodios se asocian a las intensidades máximas de las curvas de los campos magnéticos.

Otros ensayos, por ejemplo, muestran bases en curvas paleomagnéticas por el mismo equipo de investigación de Oriente Medio, el Mediterráneo y Mesopotamia parecen señalar episodios de aridez simultáneos con el hemisferio norte (Gallet et al 2006). Los episodios secos y frescos parecen asociarse producen a cambios sociales abruptos. Se colegía entonces que el registro geomagnético es importante para evaluar los análisis multi-proxy en paleoclimas y primeros asentamientos humanos. De hecho, otro trabajo (Gallet y Genevey 2007) sostiene posibles conexiones entre las variaciones geomagnéticas y el colapso maya.

## **Variaciones de la producción de energía del sol y las erupciones volcánicas**

Las mediciones de las últimas muestras que la producción solar varían (cerca del 0,1%) dentro de un ciclo de 11 años. Las observaciones históricas de las manchas solares, así como los datos de los isótopos generados por la radiación cósmica proporcionan evidencia de cambios de largo plazo en la actividad solar.

La correlación de datos y las simulaciones de modelos indican que es probable que la variabilidad solar y la actividad volcánica sean las razones principales de las variaciones climáticas durante el milenio pasado, antes del inicio de la era industrial (IPCC 2007: 450). La variación de la radiación solar puede tener un clima forzado externamente tanto en escalas de tiempo orbitales como suborbitales, pero el papel de estos componentes no está claro (Fritz et al 2004: 95).

Además, se ha sugerido que las super erupciones de volcanes han influido significativamente en el clima de la tierra y en el desencadenamiento de las glaciaciones, y con ello, impactando en la población humana (Jones et al 2005, Stothers 2009). Los volcanes que liberan óxido de azufre que puede alterar el clima macroregional radicalmente.

Los compuestos azufre son gases que alcanzan fácilmente la estratosfera que una vez en reacción con el agua, se genera ácido sulfúrico. Las inyecciones de azufre es posible que no puedan ejercer un significativo impacto en la tierra durante dos años después de una gran erupción, sin embargo pueden traer consecuencias a mediano y largo plazo (Zellmer et al 2008). Estos eventos generan nube de cenizas en la zona cercana del volcán, incremento de la temperatura inicial de la superficie, pero, inmediatamente después una reducción precipitada a medida debido a la perturbación de la luz del sol (Estores 2009: 978).

Se cree además que dichas inyecciones de azufre en la atmósfera son la causa principal del enfriamiento global que se producen después de las erupciones de Pinatubo (Gerlach et al 1996) y Tambora (Briffa et al 1998). La erupción del Toba, la más grande durante el cuaternario (Rose y Chesner 1990) se cree que fue un factor tal que habría generado una reversión glacial con un severo impacto atmosférico (Rampino y Self 1992).

Las cenizas supervolcánicas pueden alcanzar incluso 600 km de diámetro (Jones et al 2007). Un resultado relativamente reciente obtenido por el modelado de super-erupciones volcánicas incluyen un efecto como un aumento significativo en las precipitaciones sobre la región amazónica del norte (Perú, Ecuador, Venezuela, Brasil) e inclusive un creciente aporte de precipitación sobre la temperatura de la superficie del Pacífico de la región peruana y central (véase Jones et al 2005: 736).

De una revisión reciente y según el VEI (índice de erupción volcánica) la erupción de Tambora en 1815 alcanzó el valor máximo (7), mientras que el Volcán Santa María en 1902 (Guatemala) se ha medido con 6. La erupción del Huaynaputina en el sur de Perú (1600 d.C) alcanzó el nivel 5 de VEI. Además hay que tener en cuenta a los volcanes a distancias lejanas pero que dejan impacto en nuestras latitudes, como los efectos de la erupción de 1783-1784 d.C. del volcán Laki en Islandia en la costa de Brasil, o incluso en la Eurasia y el noreste de Canadá (Trigo et al 2009).

Los volcanes liberan agua y carbono. Cuando estas dos sustancias están en forma de gases en la atmósfera, absorben la radiación térmica por el suelo y la capacidad en la atmósfera. Esto hace que el aire de abajo se caliente. Sin embargo, como se dijo antes, los compuestos de azufre tienen un efecto a corto plazo, al calentamiento, le sigue un periodo de enfriamiento.

Algunas observaciones en este sentido son, por ejemplo, el efecto de múltiples erupciones de volcanes gigantes durante largos periodos de tiempo, como los volcanes de basalto que terminan en inundación. Esto puede elevar los niveles de carbono lo suficiente como para causar un calentamiento global significativo. Un buen ejemplo del papel de las erupciones volcánicas y su impacto en los paisajes pasados y la adaptación humana es proporcionado por la arqueología de México Occidental y Central (Martin del Pozzo et al 1997). Por ejemplo, la erupción del Volcán de Xitle y Popocatepétl en 2030-60 BP (ca. 50 cal a. C.) afectando directamente a la ciudad conocida de Teotihuacan en el centro de México, centro urbano (Manzanilla 1997).

**Drivers atmosféricos: la migración de la Zona Tropical de Interconvergencia (ITCZ) y las Células de Hadley**

La ITCZ se halla cerca al Ecuador (5°N y 5°C) donde los vientos alisios del noreste convergen con vientos alisios del sureste generando una zona de baja presión. El calentamiento solar en esta zona obliga a las masas aéreas a elevarse a través de la convección. Como resultado, esta zona se caracteriza por una alta precipitación, por lo que las zonas ecuatoriales son las más húmedas de la tierra. Esta es la razón por la que las regiones ecuatoriales carecen en las estaciones secas y suelen estar calientes y húmedas.

La migración de la ITCZ es estacional y, por lo tanto, afecta a las precipitaciones estacionales en partes diferentes del mundo. En Estados Unidos, por ejemplo, en enero se acerca al Ecuador, pero hacia Junio-Julio puede llegar a la parte sur de América Central generando esta baja presión en esta zona y por lo contrario brasileña se seca. En Diciembre, la ITCZ se mueve hacia el sur y por lo tanto la América del Sur tropical recibe un máximo en las precipitaciones (Leduc et al 2009). La primera posición de la ITCZ ha jugado un papel clave en el cambio climático pasado en Estados Unidos. La migración de la ITCZ aumentó las precipitaciones sobre el actual Altiplano seco durante el Holoceno (Francou y Pizarro 1985). Investigaciones recientes demuestran que las precipitaciones pasadas no se deben exclusivamente a ENSO, sino al cambio constante de la ITCZ (Leduc et al 2009).

Como se explicó anteriormente, las masas de aire en el Ecuador se calientan, y luego se elevan alcanzando la tropopausa. A medida que se elevan, tanto el aire como el vapor de agua se condensan y se precipitan en forma de lluvia. Una vez que este aire alcanza la sección alta de la tropopausa, se mueve hacia los polos en ambos hemisferios y cae gradualmente hacia la superficie de la tierra alrededor de 30° de latitud. Este aire en descenso es muy seco y el área donde se deposita se deshidrata. Este aire de circulación se conoce como "Célula Hadley" (Ahrens 1988). Es una célula de convección termodinámica por la radiación solar. Las investigaciones muestran que podría haber afectado y disminuido la intensidad de ENSO durante el LGM (Rind 2009: 60). En cuanto a los tiempos posteriores, Gill y Keating (2002) por ejemplo tratan de las condiciones secas y el colapso cultural en Centroamérica usando la migración de la célula Hadley.

### **Anomalías de circulación oceánica/Entornos de desierto seco**



La paleoceanografía tiene como objetivo la reconstrucción de la historia de los océanos. De acuerdo a Meissner et al (2009: 690-691) tienen una alta capacidad para conservar calor y para transportar energía y liberar gases de efecto invernadero que son factores para ayudar a determinar el estado del clima del planeta. La paleoceanografía se basa en una serie de proxies como conjuntos de microfósiles, isótopos estables y radioisótopos, compuestos biogénicos, elementos y sedimentos. Por lo tanto, la investigación paleoceanográfica está íntima ligada a la paleoclimatología.

Las anomalías de la circulación oceánica son datos valiosos en relación con el cambio climático pasado en los Andes y Mesoamérica. De hecho, un área clave para nuestra revisión es el desierto de Atacama que cubre el norte de Chile y la mayor parte de la costa peruana y tiene una gran porción del Océano Pacífico al oeste. El desierto de Atacama es estable, en parte, porque los vientos fríos son así como del crecimiento del Pacífico en alta mar. Su grado de aridez depende de las particularidades de la corriente fría peruana (Goudie 2009: 48). No hay duda de que este entorno definido por el desierto y el mar fue clave en la adaptación de los primeros habitantes a este ambiente seco desde el Holoceno Temprano.

Perrot y Perrot (1990) dan una serie de episodios marinos que tuvieron lugar no solo en el América Tropical, sino en el desierto del Sahel. Estos eventos secos son los mismos y el resultado de una gran inyección de agua dulce en el Océano Atlántico Norte al menos durante los últimos 14 ka. Según estos autores estas coincidencias intercontinentales marinas se explican por algunas anomalías en la circulación termoeléctrica en los océanos. La entrada de agua dulce disminuye la salinidad que se encuentra en una formación de aguas profundas del Atlántico Norte. Las anomalías de las temperaturas de la superficie del mar llevaron a precipitaciones en el Trópico. Con este modelo los autores, por ejemplo, explican el rápido aumento del nivel del agua de los lagos Chiconahuapan y Chalco en México y algunos intervalos de desecación entre 5.5 y 3.5 ka. con serias consecuencias en los patrones de asentamiento.

### **Paleoclima de civilizaciones andinas y mesoamericanas: episodios climáticos**

El objetivo de esta monografía no es sólo evaluar los datos paleoclimáticos del LGM mesoamericano y andino y del Pleistoceno Terminal (20 kyr) sino también abordar las adaptaciones humanas pasadas a los cambios ambientales que ocurrieron más tarde, durante el Holoceno Tardío (AD 1800). Como breves ejemplos, nos gustaría mencionar algunos de estos pasajes climáticos que son relevantes para la comprensión de civilizaciones pasadas. Estos acontecimientos deben tenerse en cuenta en el último capítulo, cuando se harán las observaciones finales.

Hay muchos intervalos de tiempo clave para ser explorados dentro de la historia paleoclimatológica de Meso y América del Sur. Por ejemplo, dos de los episodios generales mejor documentados registrados por la investigación multiproxi en los últimos 25.000 años del YD (alrededor de 12.600 a 11.500 años a.C.) y la Pequeña Edad de Hielo –LIA- (alrededor de 1600 a 1850 d.C.). Tanto la variabilidad solar como la actividad volcánica parecen haber forzado el inicio de la Pequeña Edad de Hielo. En el caso de los YD, algunos investigadores creen que fue desencadenado por cambios en la circulación termohalina oceánica debido a los reversos de agua y fusión glacial del Atlántico Norte.

Aunque ambos episodios están bien documentados en el hemisferio norte, un registro sedimentario marino de la Cuenca del Cariaco (Venezuela) indica que el norte de América del Sur estaba seco durante el YD y la Pequeña Edad de Hielo, mientras que gran parte de los trópicos del sur de América del Sur estaban húmedos durante ambos períodos (Baker 2002).

Como buen ejemplo de las incertidumbres del registro paleoclimático en América Latina, mencionemos el YD. Según los expertos, fue un período frío que ocurrió aproximadamente entre 11 y 10 ka (ca. 10900-9500 cal BC), sin embargo hubo matices. Una última revisión de la extensión geográfica de esta reversión (Peteet 2009: 994-996) sugiere que este frío episodio fue de hecho fuerte en el hemisferio northern europeo, Groenlandia, el Atlántico Norte, Alaska, e incluso el este de América del Norte, pero algo no similar en el resto del continente americano. Por lo tanto, uno podría preguntarse en qué medida afecta este episodio a América Latina, incluyendo su biodiversidad pasada.

Pero, ¿qué hay del lapso que duró? En el hemisferio norte, el YD ocurrió y cesó abruptamente en un lapso de 5 a 20 años, en otros lares como la Patagonia, simplemente no existió, y en otros, duró 180 años (Alley et al 1993, Mayewski et al

1993, Taylor et al 1993). Por lo tanto, el YD es conocido como el mejor ejemplo de un episodio climático abrupto en tierra, y en el océano (Peteet 2009: 993), pero todavía necesitamos un registro de altas resoluciones para calcular este evento en las latitudes del sur. A este respecto, por ejemplo, en el sur de América del Sur los datos muestran un YD más largo que comienza antes que en América del Norte, ¿era este caso similar para otras regiones latinoamericanas?

Por ejemplo, en Mesoamérica y el sur de América del Sur, su ocurrencia sigue siendo un tema de debate porque su carácter "débil". En la Cuenca del Cariaco (uno de los mejores registros paleoclimáticos de América Latina), y cerca del Caribe el YD se produce como una mezcla de temperaturas frías y oleaje. Por el contrario, en la Región Andina Central los estudios indican que no hubo refrigeración en absoluto (así como también por ejemplo en Sudáfrica más allá del continente americano).

Otro evento importante a evaluar es el paleoclima durante el Holoceno en ambos subcontinentes. Los últimos 2 ka en el NH se caracterizan tanto por el Período Cálido Medieval (o anomalía, Cordero 1965) -MWP- (ca. 800 a 1600 d.C.), como por el LIA (IPCC: 467-468). Otro episodio de NH a destacar es el Maunder Minimum ocurrido dentro del siglo 17 relacionado con el LIA. Durante este período, la cantidad de irradiación solar total fue de 0,15 a 0,65% por debajo de la media actual del día. ¿Era esta cantidad de irradiación solar similar para el SH, es decir, América Latina?

Este desafortunado panorama debido a la falta de investigación climática en América Latina (excepto por los crecientes esfuerzos de los colegas argentinos) casi se replica para el estado del conocimiento climático en los últimos siglos pasados. Uno de los escasos ejemplos de una buena resolución reciente pasado registro climático, por ejemplo, proviene de la Patagonia. Las reconstrucciones de temperatura basadas en los anillos de los Andes meridionales (37oS a 55oS) de América del Sur indican que las temperaturas medias anuales para el norte y el sur de la Patagonia durante el intervalo 1900 a 1990 son de 0,53 oC y 0,86 oC por encima de los medios de 1640 a 1899, respectivamente. En la Patagonia meridional, el año 1998 fue el más cálido de los últimos cuatro siglos. La tasa de aumento de la temperatura de 1850 a 1920 fue la más alta en los últimos 360 años (IPCC 2007: 475, Villalba et al. 2003). Por lo tanto, el LIA y el Intervalo de Calentamiento Moderno se prueban evidentemente en este registro.

De acuerdo al IPCC (2007: 464) -ciertamente, de nuevo, desde un enfoque del hemisferio sur-, el intervalo de tiempo entre 5 y 4 ka se caracterizó por eventos rápidos en varias latitudes, como por ejemplo un aumento abrupto de la cubierta de hielo marino en el NH, eventos de enfriamiento abruptos en el clima europeo y sequía generalizada en América del Norte. Se cree que algunos de estos cambios abruptos han estado presentes en partes de América del Sur debido al rápido cambio de las cubiertas vegetacionales secas a húmedas e incluso el inicio de la ENSO (Marchant y Hooghiemstra 2004). ¿Cómo se pueden explicar estas diferencias latitudinales? ¿Y cómo fue el impacto de estos episodios de cambio climático entre las poblaciones antiguas? Si bien no somos capaces de responder a estas preguntas, creemos firmemente que este manuscrito podría considerarse una pequeña contribución tanto en la recopilación de los datos como en el vínculo con reacciones humanas pasadas que enfrentaron el desafío de adaptarse a las condiciones ambientales en cada episodio.

Repasemos ahora algunos de los datos paleoclimáticos que podrían proporcionarnos un vínculo a las condiciones ambientales de las civilizaciones meso-y sudamericana pasadas.

## **Paleoclimatología y civilizaciones tempranas de los Andes y zonas cercanas**

### *El LGM*

De hecho, la mejor cantidad de datos relacionados con el LGM proviene del hemisferio norte. Bowen proporciona un resumen reciente de la LGM (2009: 493-495). Según su crítica, la naturaleza, cronología y extensión de este episodio glacial en todo el mundo siguen siendo una cuestión de discusión. El LGM debe oscilar entre 23 y 19 ka y probablemente era un fenómeno simultáneo tanto en el hemisferio norte como en el sur. También se cree que fue causado por un cambio en la configuración orbital de la Tierra.

En ese momento el agua del mar fue alterada químicamente y se volvió más salina e isotópicamente más pesada. Se amplió la aridez general; vapor de agua y el CO<sub>2</sub> atmosférico se redujeron. En el hemisferio sur las señales LGM fueron recuperadas de Nueva Guinea, Hawái y los Andes. La evaluación general de la temperatura concluye que la tierra era más fría que la actual (Rind 2009: 57).

Recientemente, el registro multi-proxy determinado por el isótopo estable de radiocarbono y foraminíferas y los datos de magnesio/calcio de un núcleo marino obtenido de la investigación del Océano Pacífico occidental indican que las temperaturas profundas del Océano Pacífico Meridional fueron de 20°C cálidas entre 19 y 17 ka -20,5-18,2 cal BC- liderando el aumento del CO<sub>2</sub> atmosférico y el calentamiento de la superficie tropical en 1000 años. Este calentamiento temprano del océano probablemente fue causado por el aumento de la insolación de primavera austral junto con comentarios de albedo de hielo marino (Stott et al 2007).

Diferencia de Barbados, los análisis de termometría de isótopos de oxígeno y termometría Sr/Ca determinaron que durante el LGM (19-18 ka) las temperaturas del SST eran unos 5°C más frías que la actual y también que el clima tropical del Atlántico es lo suficientemente sensible para cambiar muy rápidamente como lo demuestra el desplazamiento de 4°C entre 13,7 y 12 ka (13.800-12.800 cal BC) (Guilderson et al 1994).

Durante el LGM la temperatura de otras regiones latinoamericanas como el oeste de América del Sur era aún más fría (hasta 6°C) según el registro de foraminíferas (Mix et al 1999). En términos de comparación, también hay que mencionar que las recientes reconstrucciones paleoclimáticas sugieren un enfriamiento moderado (entre 0 y 3,5°C) para el SST tropical en el LGM (Kucera et al 2005).

Otras peculiaridades también se registran, por ejemplo, en los Andes. Uno de ellos es que el LGM en los Andes tropicales comenzó por 34 ka BP, es decir, antes y era menos extenso (aproximadamente la mitad de los valores ampliamente citados de 900 a 1000 m) de lo que se pensaba anteriormente (Smith et al 2008). Este resultado se basó en la datación cosmogénica (Be<sup>10</sup>) de morrenas en los Andes Tropicales de Perú y Bolivia (Valles del Lago Junín y Milluni y Zongo).

## **El evento 8.2**

El evento 8.2 ka se explica como resultado de una breve reorganización del MOC del Atlántico Norte (Circulación de Sobretornado Meridional) y un debilitamiento de la circulación termoalina como resultado del derretimiento catastrófico de las placas de hielo Laurentidae, sin embargo, sin una forma clara

identificada en los registros de formación de aguas profundas (Wiersma 2008). Se cree que fue desencadenado por ciclo del cambio climático de 1500 (Bond et al 1997). Fue una disminución repentina de las temperaturas globales más suave que el YD pero más frío que el LIA. Volúmenes significativos de agua dulce fueron liberados en el Atlántico Norte y el ártico al comienzo del Holoceno por la descomposición del hielo continental residual (IPCC 2007: 463-464).

El evento del hemisferio sur 8.2, así como los otros eventos de enfriamiento del hemisferio norte no fue simultaneo (Blunier et al 1998, Landais et al 2006) e incluso en algunas partes del mundo como en el Atlántico Sur en lugar de enfriamiento, hubo un evento de alta precipitación (Ljung et al 2008). Wiersma (2008: 22) indica que el evento 8.2 está ampliamente registrado en el hemisferio norte, pero también en áreas influenciadas por monzones, por lo que el impacto es bastante quasi global.

Según Ninglian et al (2002) este evento no fue significativo en América del Sur. Sin embargo, parece que el reciente record proporciona un reconocimiento cada vez mayor del evento 8.2 en esta parte del mundo.

En la región del Caribe, en la Cuenca del Cariaco este evento ha sido fechado en 6340 cal BP (Hughen et al 2000). También Wenzens (1999) informa de este corto episodio en los Andes del Sur de Argentina. Cheng et al (2009) también muestran evidencia del evento 8.2 de Brasil y argumentan que fue un evento global con una precisión mínima en el tiempo -50 años-. Por último, ha sido reconocido en los valles de Jeullesh y Tuco (Sistema del Valle Superior de Santa), Cordillera Blanca, Perú a aproximadamente 10o S y por encima de 4200 msnm (Glasser et al 2009).

Sin embargo, en su revisión del evento 8.2 en los Andes, Wiersma (2008: 52) concluye que ni el Huascarán ni el registro Sajama muestran ninguna perturbación en ese intervalo de tiempo para inferir este evento de enfriamiento.

## **El Holoceno en Perú**

Comencemos ahora nuestra revisión de las condiciones paleoclimáticas del Holoceno con la región Andina Central, es decir, con el territorio actual del Perú.

Para ello utilizaremos datos multiproxy. Los siguientes capítulos abordarán los datos de las otras regiones alrededor del área.

De hecho, las condiciones frías actuales del mar peruano se han encontrado durante la investigación arqueológica de sitios del Pleistoceno Terminal como Quebrada Jaguay, en la costa sur del Perú (Sandweiss et al 1998) y Quebrada Tacahuay (Keefer et al 1998).

Un archivo proxy clásico clave proviene de la investigación de glaciares. Por ejemplo, la investigación de Rodbell (1992) en la Cordillera Blanca documentó al menos tres períodos de expansión glacial del Holoceno pero sin referencias cronológicas.

Según Thompson et al (1995) los datos del Glaciar Huascarán indican que, en la Cordillera Blanca, el clima era fresco y polvoriento durante la etapa glacial tardía, luego ese clima se calentó durante el medio del Holoceno (ca. 6400-3200 cal. yr A.C.), posteriormente se enfrió gradualmente hasta la Pequeña Edad de Hielo (ca. 1500-1800 cal. AD). Aunque estos cambios climáticos ocurrieron en las tierras altas, deben haber dado lugar también a la descarga fluvial en los valles costeros del río. Sin embargo, según Wells y Noller (1999) no hay evidencia de un clima tropical significativamente más húmedo durante la primera mitad del Holoceno.

Es un consenso que la circulación oceánica juega un papel clave en el clima interior en Perú. La condición tropical del SST (temperatura de la superficie del mar) durante el Holoceno Temprano a Medio es un tema de discusión. Por lo tanto, ahora tenemos que abordar la discusión sobre la cronología de las condiciones frías del Océano Peruano y las condiciones climáticas del Holoceno Temprano a Medio de la Costa Norte y Central del Perú.

Según Rollins et al (1996) proxies obtenidos de moluscos de manglares de sitios arqueológicos del norte de Perú, así como distribución de fosforita, sugieren que el tiempo de retiro glacial y la normalización del cambio de nivel del mar ha tenido lugar alrededor del 3000 a. C. Esta fecha podría ser precisada por medio de mediciones radiométricas, por lo que Rollins et al (1996: 8-9) proponen que en algún momento entre 3275 y 2061 a. C. un régimen de agua fría reemplazó al régimen de agua caliente y también se activaron los eventos ENSO y el impacto en la Costa Norte del Perú.

Más recientemente Sandweiss (2003), basado en los resultados sedimentológicos anteriores de Noller (1993) ha resumido con convencimiento los resultados de su investigación a largo plazo en la costa peruana examinando una serie de sitios arqueológicos y restos orgánicos, siempre poniendo la línea de diferentes ambientes en 3800 cal BC.

Una de las preguntas más complicadas aborda la ubicación del límite de calentamiento más meridional de la frontera de la provincia panamá oceánica dentro del Holoceno. Las distribuciones radiolarias, de diatomeas y a escala de peces, y los patrones de cresta de playa indican que este límite de calentamiento entre esta cálida provincia panameña y la provincia fría peruana, que hoy existe a 5°S, está unos 500 km más al sur de al menos entre 11 y 5 ka. Las aguas cálidas habrían sido alrededor de 3-4°C más incrementadas que la actual e implicarían precipitaciones estacionales que generaban un ambiente de sabana en la costa peruana (Andrus et al 2002, Rodbell et al 1996: 11). Como resultado, lo más probable es que la población temprana de esta zona hubiera explotado recursos estacionales interiores de pastizales y bosques antes de 5 ka. Por lo tanto, no confiaban en los recursos marinos.

Se asume entonces que la actividad de ENSO de la hipótesis de Sandweiss-Noller era mínima y la temperatura era más alta al menos de 7000 a 3800 cal BC. Además, la región entre 10° y 12° S era de transición climática, con SSTs anuales ligeramente más cálidos o eventos cálidos más frecuentes que después de 3800 cal a. C. A partir de 1000 cal BC ENSO se convirtió en un evento interanual similar al actual. Otras características típicas de la corriente fría peruana a medida que se desarrollaron se volvieron también más regulares desde 3000 a.C. Sin embargo, la historia de la corriente peruana se remonta a alrededor de 430.000, según lo documentado por el registro de diatomeas (Oberhaensli et al 1990).

Una posición opuesta es defendida por Lisa Wells (et al 1997). Según sus datos obtenidos de depósitos de sedimentos de la costa central o Perú, ella propuso una corriente fría a lo largo de la costa peruana para todo el Pleistoceno Terminal y Holoceno y por lo tanto un paisaje hiperárido de la costa peruana definido por la falta de precipitación debido a la baja fuerza coliolis, aguas frías y la cadena andina como aislante de lluvia tropical (Wells 1987: 14463-14464).



## **La región de Piura**

Desde el punto de vista paleontológico y geológico, Piura en la Costa Norte del Perú es una de las regiones mejor estudiadas con fines paleoclimáticos (por ejemplo, Lemon y Churcher 1961). Se ha identificado tres yacimientos marinos del Pleistoceno, cada uno de los que marca un período de invasión marina seguido de la elevación de la costa. De acuerdo a Lemon y Churcher estos tres niveles se llaman Máncora, Talara y Lobitos. Son formas geológicas residuales de un aumento de las terrazas marinas.

La fauna final del Pleistoceno que se encuentra en las filtraciones de alquitrán incluye muchas formas características de un hábitat considerablemente más húmedo y cálido que cualquier otro que se encuentra en la zona en los tiempos modernos. Esto también se puede deducir tanto de la aparición de los animales en sedimento de brea (mastodontes, grandes mamíferos, aves, insectos) así como de los valles profundos que cortan las terrazas marinas y las montañas Amotape. Se observa más evidencia en la gran abundancia de material vegetal que se encuentra en los yacimientos de brea (arbustos, ramas, etc.). Estas condiciones húmedas están fechadas en 14700 a. C., por lo que son anteriores a cualquier ocupación humana temprana de esta zona (Sandweiss et al 2003). Aparentemente las condiciones cálidas prevalecieron incluso hasta que el Pleistoceno Terminal sobre la base de los taxones similares encontrados en los mismos depósitos.

## **La costa durante el Holoceno**

Sandweiss (2003) sugirió, sobre la base del análisis pedológico de Noller (1993) de la Costa Central, que, desde el comienzo del Holoceno, la costa entre aproximadamente 4oS y 12oS era de hecho árida, pero no tan hiperárida como la costa sur hacia el sur 12°S. Esto también implica incursiones ENSO más dinámicas al norte de este punto de latitud que en la costa sur del Perú. Este contraste paleoambiental también se complementa con las formaciones de lomas (“oasis de niebla”) a lo largo de la costa peruana que se producen principalmente a partir de 12°S hacia el norte. Luego, después del 3800 a. C. cuando la fría corriente peruana finalmente estancó el clima de la costa sur se volvió aún más

árido por lo que la alta calidad de la preservación de restos orgánicos de esta región.

Hay dos características principales que tipificaron la condición paleoclimática del Holoceno Temprano a Medio de la costa. La primera, un constante aumento del nivel del mar a lo largo de la costa debido al Holoceno MWP la segunda, su consecuencia, afectando más al norte que a la costa sur porque la topografía submarina empinada y batimétrica. Esta es la razón por la que algunos arqueólogos creen que debe haber asentamientos de TP-EH sumergidos que carecen de los datos.

Sandweiss (2003) en el mismo documento indica que, según la fauna de la cultura Paiján, el clima del Pleistoceno Terminal aproximadamente entre 7 y 12°S y de 11.000 a 7.000 a. C. era más húmedo que hoy, sin embargo, el clima habría permanecido algo húmedo incluso durante el Holoceno. La evidencia más al sur sugiere que el clima era árido desde el comienzo del Holoceno lo que él llama el desierto hiperárido de la costa sur de Perú. También hay algunos indicadores que pueden interpretarse como el "silencio arqueológico" (silencio arqueológico" del 6000 al 2000 a. C.) como los que se encuentran en el Altiplano y el norte de Chile.

### **El último milenio en de Andes a través del alcance de las morrenas glaciares**

Una contribución reciente clave en la paleoclimatología de los Andes centrales parece demostrar amplios cambios climáticos simultáneos a los subcontinentales en los últimos 1000 años.

Jomelli et al (2009) revisan una serie de morrenas fechadas y examinan la licheometría de América andina de América del Sur entre 10 y 16°SS e incluyen también otras referencias sudamericanas. Un informe anterior fue realizado por Rodbell (1992) quien fue capaz de determinar un último avance glacial en 1600 d. C en la Cordillera Blanca, Perú y así apoyar a la LIA en los Andes.

Según Jomelli et al (2009) los intervalos de frío parecen ser aproximadamente simultáneos. El primer avance está fechado en 1200-1350 d.C. En ese momento, la ENSO más frecuente entre los años 1380 y 1400 d.C. y también 1630 y 1670 puede ser la causa de la terminación de los avances glaciares en Perú. Algunos otros temas relacionados con El Niño-La Niña y sus

posibles vínculos con los avances y retiros de los glaciares no están probados en los siglos pasados porque las incertidumbres de fechado de las morrenas.

De hecho, la investigación en trópicos sudamericanos demuestra un patrón dominante durante el LIA. A este respecto, Jomelli et al (2009: 279) nos recuerda que los registros corales revelaron condiciones predominantemente como El Niño entre 1380 y 1400, AD 1630 y 1670, 1701 y 1760, y entre 1890 y 1920 d. C.

Más relevante es la extensión glacial máxima (MGE) registrada en Perú y Bolivia y fechada en 1630-1680 d.C. y alrededor de 1730 d.C. en Ecuador, Colombia y Venezuela. En tiempos posteriores, los pequeños avances para Perú y Bolivia ocurrieron en 1730, 1760, 1800 y 1850 y 1870 d.C. Una vez más, en los trópicos interiores (Ecuador, Colombia y Venezuela) se produjeron pequeños avances alrededor de 1760, 1820 y 1860 d.C. Sin embargo, entre el MGE y los glaciares del siglo XX perdieron alrededor del 30% de sus masas. Los análisis multiproxy basados en modelos paleoclimáticos sugieren que se produjo un intervalo fresco y húmedo entre los siglos XVI y XVIII seguido de un período más frío y seco en el siglo XIX. En ese momento se ha documentado una marcada disminución de los glaciares debido al aumento de las condiciones de calentamiento.

Sobre la base de estos proxies, Jomelli y sus colaboradores estiman algunas paleotemperaturas. Los resultados de esta investigación indican que en Ecuador, las temperaturas del siglo XVIII fueron 0,80 y 1,1°C más bajas que en la actualidad, y entre un 25% y un 35% más de acumulación que los tiempos modernos. Este intervalo fue seguido por un período más seco, pero más frío a del siglo XIX. Además, en Bolivia, el MGE podría ser el resultado de una disminución de la temperatura de 1.1 a 1.2 °C, y un aumento de 20 a 30% en la acumulación o un aumento de la nubosidad de aproximadamente 1-2/10. Las incertidumbres de las citas, sin embargo, han hecho que el papel del vulcanismo en las fluctuaciones de los glaciares sea imposible de determinar.

Después de estas reversiones y avances el clima moderno en América del Sur del siglo XX presenta algunas características principales como resumió Garreaud et al (2009). La variabilidad del clima sudamericano depende de la superposición de un número de conductores como ENSO, que afecta directamente Ecuador, Perú y el norte de Chile, e indirectamente (por “tele conexiones” atmosféricas) sobre una gran parte de América del Sur subtropical, y el SST del

Océano Atlántico y su influencia directa en el clima tropical del este de América del Sur.

Los episodios de ENSO se asocian a lluvias por debajo de lo normal y condiciones más cálidas de lo normal en la parte norte de América del Sur, así como condiciones anómalas húmedas en la parte sureste del continente y el centro de Chile. Por lo general, se observan anomalías de lluvia opuestas en ambas regiones durante los episodios de La Niña (Garreaud et al 2009: 193). De hecho, los intervalos secos y las sequías en las Amazonas y el noreste de Brasil están vinculados a aguas superficiales anormalmente cálidas en el Atlántico Norte tropical. Además, el forzamiento de alta latitud (como AAO –Oscilación Antártica- y NAO –Oscilación del Atlántico Norte-) parecen haber afectado la variabilidad climática del clima sudamericano. Esta división oeste-este también se refleja en el clima prevalecido en ambas zonas de América del Sur. En las latitudes tropicales y subtropicales las condiciones secas y frías dominan a lo largo de la costa del Pacífico y la estrecha franja de tierra al este de los Andes. Por el contrario, las condiciones cálidas y lluviosas prevalecen sobre el interior del continente desde las estribaciones andinas hasta la costa atlántica. Una característica estacional importante a tener en cuenta es la precipitación incrementada que se produjo generalmente durante la temporada de verano (Monzón Sudamericano).

### **El Paisaje Del Holoceno de la Costa Norte del Perú**

Wells y Noller (1999) resumen el récord del Holoceno de la Costa Norte del Perú. Uno de los proxies más importantes, según estos autores, son los obtenidos de los núcleos de hielo (Thompson et al 1985, 1986, 1992) sin embargo, está relacionado más con la zona tropical y más al sur del Perú, por lo que los autores creen más bien en los proxies locales que parece agradable.

El núcleo de su investigación es haber sido investigado un valle local de la Costa Central Norte del Perú y vincular sus resultados a los antiguos asentamientos. Wells y Noller (1999) proporcionaron un resumen de su investigación paleoclimática para el período Holoceno de la Costa Norte del Perú. Las trazas geomorfológicas indican que la precipitación fue extremadamente rara durante todo el intervalo de tiempo del Holoceno de esta zona. Ambos autores opinan que sólo dos factores podrían haber cambiado las condiciones climáticas

de la Costa Norte del Perú, a saber, los eventos de El Niño (con precipitación) y el cambio de descarga fluvial de Highland. Según ellos, también la palinológica estudiada por Graf en Casma también produce datos para apoyar la tesis de que el paisaje climático ha sido más o menos el mismo desde hace 2.200 años (sin calibración).

Otra contribución de la investigación de Wells en la Costa Norte del Perú es el desarrollo de una curva relativa del nivel de la mar basada en observaciones geomorfológicas del complejo de la cresta de la playa al norte del Río Santa (Wells 1996). Hasta ese momento los proyectiles y montículos eran datados pero sin corrección de embalses, ahora podemos proporcionar correcciones con la nueva curva marina y los relacionamos con la historia de la ya mencionada costa.

La formación de la laguna del Holoceno temprano fue datada por mediciones en lechos de conchas. La laguna estaba conectada al flujo de marea a través de un canal que pasaba por una formación llamada Cerro Mentiroso. Las fechas obtenidas de este lecho de concha dieron lugar a (SMU-1961) 5660-160 y (SMU-1713) 4180-55. Las sondas marinas recientes se han medido desde la costa cerca de Salaverry (a unos 75 km al norte de la zona de estudio) y dieron lugar a cuatro valores (Jones et al 2007). Con el fin de obtener un promedio lo realizamos a través de las instalaciones en línea de la Universidad Queen Belfast. De acuerdo con estas correcciones corremos las fechas y obtuvimos 4316-3611 cal BC (SMU-1961, 2 sigma) y 2296-1875 cal BC. Este lapso de tiempo debe datar la laguna que fue fechada en el papel original a 6.3-4.2 ka. Es importante señalar que una serie de pequeñas ocupaciones humanas anillaron el embayment. La laguna se encuentra a unos 2,5 km de la costa actual y fue la primera característica identificada. Eso significa que el mar estaba a aproximadamente 1 metro por encima del actual. Es interesante notar que esta es una de las características típicas entre la historia del aumento tropical del nivel del mar durante el Holoceno (Wells 1996). Teniendo en cuenta estos resultados de radiocarbono, también podemos concluir como Wells (1996: 7) que la laguna debe haber sido adecuadamente enrojecida para soportar una fauna molusca diversa durante 2500 años. También es importante subrayar que el nivel del mar en ese momento aumentó rápidamente.

El canal de marea asociado con la laguna también se ha corregido a 4682-4186 cal BC. Este período de tiempo también debe corresponder a la formación de

marismas de marea. Las fechas de radiocarbono (también aplicando el error delta mencionado anteriormente) resultaron en 4893-4559 y 2497-1812 cal BC. Tal como lo interpretan Wells (1996: 9): "La edad y la composición de este conjunto de conchas sugiere que los depósitos de acogida formados detrás de una isla de barrera, y como la cresta que se alza y hacia el interior de ellos es más joven que las arenas, esta barrera debe haber migrado hacia el interior a través de la laguna. Por lo tanto, los depósitos expuestos en la vaguada de Ridge Ila forman parte estratigráficamente de los sedimentos lagunares del Grupo I".

Un tercer momento está compuesto por al menos cinco crestas. Estas crestas también contienen una serie de crestas y no hay fechas directas más indirectas. Estas fechas se encuentran dentro de los últimos 0,33 ka y se supone que están relacionadas con ENSO y tsunamis. Finalmente hay una serie de últimas crestas recientes que datan del siglo XX. Los pozos creen que el nivel del mar ha aumentado rápidamente antes de 5000 cal a. C. y se han estabilizado a una elevación de la media actual de 1 m de nivel del mar en algún momento entre 5.000 y 4.000 cal a. C. La condición de 1 metro sobre el nivel del mar se mantuvo hasta los últimos 500 años cuando comenzó a caer (Wells y Noller 1999: 763). Todos estos cambios en el nivel del mar son casi simultáneos con el punto de tiempo de inicio de 3800 cal BC para el inicio tanto de la ocurrencia regular de ENSO como de la Corriente Peruana Fría (ver arriba).

Wells también indica que el factor causal para este cambio del nivel del mar está relacionado con El Niño y la descarga del río durante el Holoceno. Sin embargo, no todos los eventos de El Niño dejaron firmas para rastrear. En contexto, vale la pena mencionar que Rodbell (1992) ha identificado al menos cuatro racimos de morrenas que indican períodos de expansión glacial durante el Holoceno en la Cordillera Blanca en la cuenca alta de Santa. Estos culminan por 7-6 ka, 3.4-1.8 ka, 1.3-0.4 ka (este se ajusta a la LIA), y dentro del siglo 20. Por esa razón, Wells afirma que la existencia de la laguna fue paralela con la primera expansión glacial y la posterior descarga.

### **La cuenca Nazca/Palpa: ENSO y LIA en la costa sur del Perú**

Recientemente se ha llevado a cabo una investigación de campo de importancia interdisciplinaria en el valle de Palpa, Nazca, Perú (Reindel et al 2009).

A partir de esta investigación se registraron una serie de cambios climáticos. Todas estas historias humanas y ambientales también han sido apoyadas por medio de la mayor cronología absoluta de los Andes centrales, incluyendo fechas calibradas de radiocarbono (Unkel 2006, Unkel y Kromer 2009).

Un total de 33 muestras fueron tomadas de 3 ambientes diferentes: terrazas de sedimentos de los ríos, un arroyo de barro del río Grande, y caracoles loess (*Bulimulidae*). Estas evidencias apoyan un clima fresco y semiárido para la región de Palpa entre 1390 y 1714 cal. En opinión de Unkel, podría haber conexiones de vía climática con otras partes de la región andina. Recuerda un aumento del nivel del agua en las vistas como Titicaca. Además, las fechas de radiocarbono de la LIA en Palpa encajan bien con el disco O18 Quelccaya (Unkel 2006: 134).

Una de las conclusiones a las que llega este equipo interdisciplinario es que los períodos con un desarrollo cultural acelerado o un colapso son cronológicamente simultáneos con los cambios ambientales. Además, los cambios climáticos han influido dramáticamente en el desarrollo de las culturas precolombinas dentro de la región estudiada cerca de Río Grande (Nazca). Y desde una perspectiva general, el desarrollo de las culturas precolombinas en la región de Palpa –siguió principios similares a los que se conocen en las tierras secas del Viejo Mundo (Eitel y Maechtle 2009: 21).

Para el Pleistoceno Terminal en la zona de estudio, los autores encontraron flujos de escombros (huaycos) compuestos por sedimentos eliminados de 14-11.3 ka, lo que sugiere que prevalecieron condiciones húmedas ocasionales en la zona andina del pie debido a una mayor precipitación monzónica mayor en el margen oriental del desierto de Atacama durante la transición Pleistoceno-Holoceno.

Además, una deposición de loess cubrió toda el área investigada datada hace 11560 años. La era holoceno del loess también fue confirmada por las fechas de OSL. Interesante es la cubierta bajo el loess una capa de caracol se encuentra y data de 12390-11200 cal BP. Esta deposición de loess del Holoceno temprano a medio sugiere que el desierto oriental de Atacama en el sur de Perú era más húmedo en ese momento que el actual. Esto también implica que esta región proporcionó recursos para el asentamiento humano durante todo el Holoceno. Las condiciones húmedas fueron una respuesta probable al transporte de humedad desde el Amazonas por el Alto Boliviano sobre los Andes. En un documento más reciente, el Libro de trabajo Maechtle et al (2010) proponen condiciones

húmedas del Pleistoceno tardío y del Holoceno temprano para la Costa Central Sur del Perú, basadas en análisis de moluscos de dos especies, *Scutallus* y *Pupoides*. El aumento de las condiciones de humedad estuvo presente en esta región entre 11500 y 2500 cal BC. Durante el período de tiempo también los pastizales fueron reemplazados progresivamente por loess que conducen a las condiciones modernas del desierto. Los autores atribuyen los cambios de humedad a través de los Andes del Sur al Alto Boliviano.

Tanto el final de la deposición eólica que data del segundo milenio antes de Cristo como el posterior inicio de la deposición de lomos fluviales en los oasis fluviales indican una árida dramática de la región que también conduce al final de la cubierta vegetal y la ocurrencia de erosión expandiendo así el desierto costero hacia el este. Según una interpretación geoarqueológica general, esta aridez comenzó ya alrededor de 5000-3000 años antes de Cristo, una época en la que la gente se asentaba en llanuras inundables donde había agua disponible (Reindel 2009: 443).

Para el siguiente período d.C., desde los Early Paracas hasta los períodos Nasca Medio no se ha registrado evidencia geomórfica de inundaciones rápidas catastróficas y para la eliminación intensa de depósitos en los oasis del río. La aridez, la ausencia de lluvia de agua y la reducción de la intensidad del monzón de verano deben haber sido la regla porque desde el año 200 d.C. los asentamientos centrales se desplazan progresivamente hacia el noreste, llegando incluso a los valles de la Cordillera Oriental, dejando tanto la franja costera como los valles escarpados donde las condiciones agrícolas eran difíciles (Maechchtle 2007).

A finales del año 600 d. C. las condiciones áridas de Nasca habían terminado, pero la civilización Nasca se derrumbó empujando a la gente a abandonar la región y emigrando al Altiplano (Reindel, en Eitel y Machtle 2009: 27). Desde una perspectiva interregional, los autores nos recordaron que para entonces los sitios Huari en Ayacucho (una región cercana de la zona de estudio) también se concentraban a lo largo de los cursos fluviales. Al mismo tiempo, las actividades agrícolas ya no eran posibles para la región de Palpa. Además, durante este tiempo (después del 400 d.C.) el lago Titicaca se elevó rápidamente debido a la intensa precipitación dentro de la meseta boliviana y la consecuente árida de la zona de investigación. La evidencia de la ciudad de 2007 supone una



reducción de las precipitaciones de sólo menos de 100 mm al año, pero podría haber sido dramática para las personas que viven en zonas de margen desérticas.

La árida duración duró hasta aproximadamente 1300 dC. A partir de ese momento se produjeron condiciones húmedas y han sido documentadas por tasas de precipitación más altas encontradas como evidencia geomorfológica. De hecho, Río Santa Cruz, por ejemplo, se inundó entre 1520 y 1560 d.C. Y en la Muña, en la comarca del estudio, las condiciones húmedas duraron hasta 1770 d.C. Además, sitios como Pichango Alto situados a gran altitud sin accesibilidad al agua sólo pueden explicarse por un mayor nivel de humedad. Una señal más de esta humedad se puede observar en el patrón de asentamiento de los sitios intermedios tardíos que ocuparon de nuevo la parte este del desierto de Atacama y también en el uso de piedras y no más adobes porque las fases pluviales. En ese momento la actividad agrícola era más intensa e incluso se construyeron canales de riego.

### **El sitio de Wakakiki: Condiciones Climáticas Óptimas Preincaicas y Agricultura Intensiva en Ilo, Costa Sur del Perú**

Zaro y Umire Alvarez (2005) presentan un informe deportante que presenta un registro paleoclimatológico del sitio de manantiales costeros Wawakiki en el sur de Perú en el Río Osmore (unos 30 km al norte del río Ilo). Los autores reconocieron datos que apoyan una actividad agrícola intensiva desarrollada sobre la base de terrazas agrícolas y canales de riego. Los datos también sugieren que este sitio, perteneciente a la cultura Chiribaya, fue cultivado de manera más intensa de 1200 a 1400 dC, es decir, un intervalo que se arrime a una sequía en las Tierras Altas y las constantes inundaciones de El Niño en el sur de Perú. Los resultados catastróficos de El Niño fueron aparentemente mitigados debido a la construcción sistemática de terrazas elevadas y canales que proporcionaban suministro de agua para mantener la producción agrícola especialmente durante la mitad del siglo XIV d.C. Al mismo tiempo, los datos también revelan que los productos marinos también fueron explotados intensamente.

### **Cuzco y los incas: un enfoque isotópico**

### *La tesis de Cuzco y la expansión inca apoyada por un episodio de calentamiento estable*

Hay evidencia entre un vínculo entre la expansión inca y unas condiciones paleoclimáticas favorables (Chepstow-Lusty et al 1996, 1998, 2003, 2009; Chepstow-Lusty y Winfield 2000) presentan un récord multiproxidor de alta resolución basado en C13 y C/N, macrofósil de plantas y datos de polen durante los últimos 1200 años obtenidos de Laguna Marcacocha, ubicado a unos 12 km al norte de Ollantaytambo y 29 km al oeste de Machu Picchu, en el centro del Imperio Inca. Los datos paleoclimáticos se basan en una mayor cantidad de 6 fechas de radiocarbono de sedimentos.

El registro muestra un total de seis períodos de condiciones secas (inferidos del registro Cyperaceae) en aproximadamente 1500-1400 cal BC, 1110-900 cal BC, 620-500 cal BC, 1-120 cal AD (justo antes del Período Cotacalli), 500-600 cal AD y 880-1100 cal (Terminal Wari y fase de inicio del Período Killke). Después de este período, se encontraron condiciones de calentamiento crecientes desde el año 1200 que duran hasta la conquista española en 1532 d. C. Según los autores, las condiciones climáticas óptimas habrían permitido a los incas y sus antiguos predecesores explotar altitudes más altas mediante la construcción de terrazas agrícolas procedentes del riego glacial.

Como las fechas se informan en los resultados de radiocarbono ahora podemos evaluarlos utilizando el programa OxCal 2009 en un sigma de probabilidades. La zona más baja m-1 fue fechada por medio de una fecha que dio un rendimiento de  $3650 \pm 60$  BP, es decir, 2212-1830 cal BC con la media de 1952 cal BC. Según los autores, esto sugiere que este período de tiempo ocurrió aproximadamente entre 2200 y 750 a. C. En ese momento, en la zona ya se estaban llevando a cabo importantes actividades agrícolas. Pollen taxa consistía básicamente en *Chenopodiaceae* (*quinoa* y *canihua*), estas plantas fueron adaptadas a condiciones frías y secas que se sugieren para este lapso de tiempo. Se pueden obtener datos adicionales del registro de eventos secos cortos que datan de 1500 a. C., 900 a. C. y 500 a. C. (cf. Chepstow-Lusty et al 1998: 163, fig. 4, 2003: 491). Como extensión también hipotetizaríamos que estas fechas también podrían ser consideradas como probables eventos de El Niño en la Costa Norte del Perú.

La zona m-2 (ca. 700 BC-100 AD) es soportada por una sola fecha  $2245 \pm 50$  BP, es decir, 360-186 cal BC con media a 257 cal BC. Los taxones de polen, así

como los sedimentos indican que se produjo un período seco durante este período de tiempo. 100 AD significa también el final del período formativo.

La cronología de la zona de llamada m-3 (ca. 100-1100 AD) consistía en dos fechas, a saber,  $1805\pm 50$  BP y  $1460\pm 50$  BP, que una vez calibradas, resultaron 234-381 cal AD (285 cal AD) y 600-665 cal AD (630 cal AD). Estas fechas sugieren que deben estar relacionadas con el Horizonte Medio, es decir, la Cultura Wari en la región. Durante este tiempo, los depósitos de silty y las altas concentraciones de carbón indican la inundación del río, y la erosión incluso inundación. El registro de polen sugiere que el clima era más frío. Según los autores, el registro que de Quelccaya que indica un aumento del polvo, es decir, la condición seca en el 620 d.C. coincide con la afluencia de carbón en Marchacocha entre 600 y 700 d.C. pero más tarde se determinó en el 550 d.C. (Chepstow-Lusty et al 2003: 491). En cuanto a los antiguos lapsos de tiempo esto también podría ser el resultado de El Niño en la costa norte (ver registro de El Niño a continuación). En 660 d. C. la temperatura se hizo más cálida como resultado de la intensificación agrícola por parte de los Wari.

En un informe posterior (Chepstow-Lusty 2009: 384) la fecha del 880 d.C. se determinó como el comienzo del período de aridez relativa. Debido a la tendencia seca y cálida de las poblaciones pre-incas nativas plantaron árboles para mejorar las condiciones ambientales mediante la gestión de la producción de suelos y el suministro de madera (Chepstow-Lusty y Winfield 2000). Sin embargo, la ausencia de agua derretida de glaciares ha restringido las culturas como Wari para explotar altitudes más altas con fines agrícolas. Al final de este período, el polen de maíz y el menor aumento de Chenopodiaceae sugieren condiciones más áridas.

Finalmente la última zona (1100-1993 AD) fue fechada por dos mediciones, a saber,  $620\pm 50$  BP y  $400\pm 40$  BP que se corrigieron a 1317-1416 cal AD (1365 cal AD), y 1458-1621 cal AD (1540 cal AD). Los autores basados en estas fechas para determinar un lapso de tiempo de 1050 a 1994 cal AD que se caracterizó por una condición seca larga. Desde el inicio de esta fase el clima cambió a condiciones más secas y cálidas. Las condiciones de sequedad y calentamiento duraron alrededor de 1100 y más de cuatro siglos o incluso más. Este calentamiento (también en coorelación con el Episodio Cálido Medieval del Norte) también se ha relacionado con un aumento de la abundancia de ácaros y pastos, especialmente

durante la segunda mitad del siglo 15 exactamente durante la expansión inca máxima que sugiere un mayor pastoreo de llamas (Chepstow-Lusty et al 2007). En este sentido, es bastante interesante que los resultados recientes que datan de la MCA en la región sur de América del Sur da un lapso de tiempo coetaneo 1130-1300 cal AD (Moy et al 2007). Otras coorelaciones indican que los eventos de El Niño durante el último milenio (véase el registro a continuación).

Durante este tiempo se intensificó la agricultura de terrazas y también hay evidencia de baja precipitación. Las condiciones más cálidas desde 1150 d. C. también permitieron que el pueblo Killke (predecesores de los Incas) explotara y cultivara a altitudes más altas (Chepstow-Lusty et al 2009). Como resultado, los asentamientos de población aumentaron dramáticamente en ese momento. Quinoa, las patatas se cultivaban en ese momento. Como ya se mencionó anteriormente, el registro del núcleo de hielo de Quelccaya apoya un evento seco en el 920 d.C. De hecho, esta fecha también coincide con el inicio de esta última zona cuando *Alnus* se estableció.

Otro registro sugiere que la LIA afectó también a esta región que también ha sido considerada del núcleo de hielo Quelccaya. Un estudio de ubicación tanto del lago Marcacocha como del núcleo de hielo de Quelccaya da la impresión de compartir loci ecológico similares, frente al frente occidental de Amazonas y a sólo 170 km uno del otro. Lo que parece interesante teniendo en cuenta la distancia es la coincidencia de un aumento seco también registrado por el núcleo de hielo Huascarán al comienzo de la era AD.

Los eventos de sequia como los ocurridos en la región de Cuzco, según Chepstow Lusty et al (1996) y fechados al 1-100 d.C. y al 900-1050 d.C. también son simultáneos con otros registros paleoclimáticos, como por ejemplo del lago Chichancanab y parcialmente Laguna punta (ver capítulo adicional sobre paleoclimatología mexicana) y su relación con el colapso maya. Según los autores, estos dos períodos secos expuestos relevantes también se registran en varias investigaciones en todo Estados Unidos. Los agentes desencadenantes de estos eventos climáticos coetáneos también podrían ser ENSOs, pero también creo que la ventilación y probablemente el forzamiento astronómico como insolación reducida (Chepstow-Lusty et al 2003) podrían explicar tendencias tales como una hipótesis.

## **La meseta central y la cordillera oriental**

### *La capa de hielo de Huascarán: el registro isotópico más largo del clima en el centro de Perú*

Se ha llevado a cabo una investigación paleoclimática pivot en el glaciar Huascarán, en el centro de Perú (Thompson et al 1995, 2000). Dos núcleos de este glaciar se obtuvieron por aburrimento hasta la roca porque contenía el registro estratigráfico mejor conservado. Se analizaron muestras de ambos núcleos para las concentraciones de micropartículas (polvo), clorido, nitrato y sulfato, así como para concentraciones de O18 y proporciones isotópicas de hidrógeno. Este contenido químico proporciona datos sobre el paleoclima de los Andes Centrales. Kohfeld y Tegen (2009: 286-290) por ejemplo destacaron que los núcleos de hielo proporcionan un registro de transporte de polvo de larga distancia y también de períodos glaciales como IgM. Sin embargo, el polvo puede afectar a la radiación, pero puede disminuir o aumentar las temperaturas de la superficie.

Ambos núcleos proporcionaron evidencia del LGM seguida de una fase de calentamiento. Los proxies de polvo y O18 son bastante similares a los de las cúpulas que se encuentran en Groenlandia confirmando así la ocurrencia coetánea de la LGM y la YD. Es interesante señalar que la extrema intensidad del polvo glaciar del núcleo Huascarán es coherente con reconstrucciones paleoclimáticas de otras partes de América del Sur. El núcleo del Huascarán revela una reducción en la humedad atmosférica, la precipitación y la cubierta de hierba durante la LGM (Thompson et al 1995: 47). Las condiciones de sequía y viento en ese momento resultaron en un paisaje eoliano incluyendo campos de dunas. Además, las bajas concentraciones de NO<sub>3</sub> también encontradas en los núcleos de Huascarán indicaron que la cobertura forestal se redujo en respuesta a las condiciones secas. Estudios adicionales como análisis de polen confirman este escenario seco para el LGM. Las zonas tropicales de alta elevación podrían ser de 8 a 12 oC más frías durante el LGM. Sin embargo, la temperatura de LGM en las zonas más bajas sigue siendo como una incógnita, pero probablemente incluso temperaturas más bajas según Thompson (et al 2000: 379).

La secuencia Huascarán Holoceno O18 también es consistente con otras de América del Sur. El polen encontrado dentro de un lapso de tiempo de 10 a 7 ka sugiere condiciones más húmedas y cálidas. Este cambio también es consistente con las reconstrucciones del Holoceno COHMAP. El registro O18 también muestra

que las condiciones más cálidas del Holoceno prevalecieron durante 8400 y 5200 BP (en las capas de hielo anuales, es decir, 6400-3200 a. C.) con un calentamiento máximo a 6500-5200 (4500-3200 a. C.). Después del 3000 a. C. el taxón del polen indica un episodio de enfriamiento. Este evento dura hasta el LIA, cuyos valores O18 son similares a los del núcleo de hielo Quelccaya. La evidencia de polen sugiere que la vegetación moderna se estableció alrededor del año 1000 a. C. Los niveles más bajos de NO<sub>3</sub> ocurrieron durante la LIA que duró dos siglos.

Una revisión por pares de la secuencia también se puede ensayar examinando este registro en la página web de la NOAA. Una visión detallada del registro del centenario del núcleo de Huascarán revela interesantes puntos cronológicos del cambio climático. Una clara caída de la temperatura ocurrió alrededor de 16000 a 17000 a. C. Dentro de este episodio el punto más frío cae en 15500 con -25.01 y 39 ppb NO<sub>3</sub>. De 15300 a 15700 BP, también unos 400 años el valor de O18 es inferior a -24, por lo que debe haber un evento frío durante este tiempo. De hecho, el Huascarán LGM O18 muestra un agotamiento del 6,3% para ese momento (Thompson et al 2000a: 379). Después de todo el récord, este fue el momento más frío de la historia en los últimos 17 ka en el centro de Perú.

## **Bibliografía**

- Abbott, M. B., B. B. Wolfe, A. P. Wolfe, G. O. Seltzer, R. Aravena, B. G. Mark, P. J. Polissare, D. T. Rodbell, H. D. Rowe, y M. Vuille. 2003. "Holocene paleohydrology and glacial history of the central Andes using multiproxy lake sediment studies". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 194: 123-138.
- Abbott, M.B., G.O. Seltzer, K.R. Kelts, y J. Southon. 1997b. "Holocene Paleohydrology of the Tropical Andes from from Lake Records". *Quaternary Research* 47: 70-80.
- Abbott, M.B., M.W. Binford, M. Brenner, y K.R. Kelts. 1997a. "A 3500 <sup>14</sup>C yr high-resolution record of water level changes in Lake Titicaca, Bolivia/Peru". *Quaternary Research* 47:169-180.
- Abrahams, E. M. y D. J. Rue. 1988. "The Causes and Consequences of Deforestation Among the Prehistoric Maya". *Human Ecology* 16 (4): 377-395.

- Absy, M. L. 1979. "A Palynological Study of Holocene Sediments in the Amazon Basin". Tesis doctoral, Universidad de Amsterdam.
- Absy, M. L., A. Cleef, M. Fornier, M. Servant, A. Siffedine, M. F. Da Silva, F. Soubies, K. Suguio, B. Turcq, y T. van der Hammen. 1991. "Mise en évidence de quatre phases d'ouverture de la forêt dense dans le sud-est de l'Amazonie au cours des 60000 dernières années. Première comparaison avec d'autres régions tropicales". *Comptes Rendues Académie des Sciences* 313: 673-678.
- Adams N. K, S. L. de Silva, S. Self, G. Salas, S. Schubring, J. L. Permenter, y K. Arbesman. 2001. "The physical volcanology of the 1600 eruption of Huaynaputina, southern Peru". *Bulletin of Volcanology* 62: 493-518.
- Adams, B. J., M. E. Mann, y C. M. Ammann. 2003. "Proxy evidence for an El Niño-like response to volcanic forcing". *Nature* 426: 274–278.
- Adams, R. E. W. 1999. *Río Azul: An Ancient Maya City*. University of Oklahoma Press.
- Adkins, J. F., H. Cheng, E. A. Boyle, E. R. M. Druffel, y R. L. Edwards. 1998. "Deep-Sea Coral Evidence for Rapid Change Ventilation of the Deep North Atlantic 15,400 Years Ago". *Science* 280: 725-728.
- Ahrens, C. D. 1988. *Meteorology Today*. 3rd ed. West Publishing Company. Saint Paul, MN.
- Alley, R. B., D. A. Meese, C. A. Shuman, A. J. Gow, K. C. Taylor, P. M. Grootes, J. W. C. White, M. Ram, E. D. Waddington<sup>£</sup>, P. A. Mayewski & G. A. Zielinski. 1993. "Abrupt increase in Greenland snow accumulation at the end of the Younger Dryas event". *Nature* 362: 527-529.
- Alley, R. B.; P. A. Mayewski, T. Sowers, M. Stuiver, K. C. Taylor, y P. U. Clark. 1997. "Holocene climatic instability: a prominent, widespread event 8200 years ago". *Geology* 25: 483-486.
- Allison, M. J., A. Pezzia, E. Gerszten, y D. Mendoza. 1974. "A Case of Carrion's Disease Associated with Human Sacrifice from the Huari Culture of Southern Peru". *American Journal of Physical Anthropology* 41: 295-300.
- Ambrose, S. H. y J. Krigbaum. 2003. "Bone chemistry and bioarchaeology". *Journal of Anthropological Archaeology* 22: 193-199.
- Anderson, D. G., K. A. Maasch, y D. Sandweiss (editores). 2007. *Climate Change and Cultural Dynamics: A Global Perspective in Mid-Holocene Transitions*. Academic Press. London.
- Andrews, A. P., E. W. Andrews, y F. Robles Castellanos. 2003. "The Northern Maya Collapse and Its Aftermath". *Ancient Mesoamerica* 14: 151–156.
- Andrus, C. F. T., D. E. Crowe, D. H. Sandweiss, E. J. Reitz, y C. S. Romanek. 2002. "Otolith 18O record of mid-Holocene sea surface temperature in Peru". *Science* 295: 1508–1511.
- Andrus, C. F. T., D. H. Sandweiss, y E. J. Reitz. 2008. "Climate Change and Archaeology: The Holocene History of El Niño on the Coast of Peru" En *Case Studies in Environmental Archaeology*. Editado por E. J. Reitz, C. M. Scarry y S. J. Scudder, pp. 143-160. Springer.

- Angell, J. K. 1988. "Impact of El Niño on the Delineation of Tropospheric Cooling due to Volcanic Eruptions". *Journal of Geophysical Research* 93 (4): 3697-3704.
- Anselmetti F. S., D. Ariztegui, D. A. Hodell, M. B. Hillesheim, M. Brenner, A. Gilli, J. A. McKenzie, y A. D. Mueller. 2006. "Late Quaternary climate-induced lake level variations in Lake Petén Itzá, Guatemala, inferred from seismic stratigraphic analysis". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 230: 52–69.
- Anselmetti, F. S., D. Ariztegui, M. Brenner, y M. F. Rosenmeier. 2007. "Quantification of soil erosion rates related to ancient Maya deforestation". *Geology* 35 (10): 915–918.
- Arnold III, P. J. 2009. Settlement and subsistence among the Early Formative Gulf Olmec. *Journal of Anthropological Archaeology* doi:10.1016/j.jaa.2009.08.001.
- Augustyniak, S. 2004. "Dating the Tiwanaku State". *Chungara* 36 (1): 19-35.
- Baied, C. A. y J. C. Wheeler. 1993. "Evolution of High Andean Puna Ecosystems: Environment, Climate and Culture Change over the Last 12,000 years in the Central Andes". *Mountain Research and Development* 13 (2): 145-156.
- Baker, P. A. 2002. "Trans-Atlantic Climate Connections". *Science* 296: 67-68.
- Baker, P. A., G. O. Seltzer, S. C. Fritz, R. B. Dunbar, M. J. Grove, P. M. Tapia, S. L. Cross, H. D. Rowe, y J. P. Broda. 2001. "The History of South American Tropical Precipitation for the Past 25,000 Years". *Science* 291: 640-643.
- Baker, Paul A. 2007. "The Nature and Origin of Decadal to Millennial Scale Climate Variability in the Southern Tropics of South America: The Holocene Record of Lago Umayo, Peru". En *Past Climate Variability in South America and Surrounding Regions. From the Last Glacial Maximum to the Holocene*. Volumen 14. Editado por Francois Vimeaux, Florence Sylvestre y Myriam Khodri, pp. 301-322. Springer.
- Barba, D., C. Robin, P. Samaniego, y J. P. Eissen. 2008. "Holocene recurrent explosive activity at Chimborazo volcano (Ecuador)". *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 176: 27–35.
- Barberi F, M. Ghigliotti, G. Macedonio, H. Orellana, M. T. Pareschi, y Rosi .1992. "Volcanic hazard assessment of Guagua Pichincha (Ecuador) based on past behaviour and numerical models". *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 49: 53–68.
- Barberi, F., M. Coltelli, A. Frullani, M. Rosi, y E. Almeida. 1995. "Chronology and dispersal characteristics of recently (last 5000 years) erupted tephra of Cotopaxi (Ecuador): implications for long-term eruptive forecasting". *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 69: 217-239.
- Barker, P. 2009. "Paleolimnology". *Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments*, editado por V. Gornitz, Pp: 738-743. Springer Verlag.
- Bartlett, A.S., y E. S. Barghoorn, 1973. "Phytogeographic History of the Isthmus of Panama During the Past 12,000 Years (A History of Vegetation, Climate and Sea-Level Change)". En *Vegetation and Vegetational History of Northern Latin America*, editado por A. Graham, pp. 203–299. Elsevier Scientific, New York.



- Baucom, P. C. y C. A. Rigsby. 1999. "Climate and Lake-level History of the Northern Altiplano, Bolivia, as recorded in Holocene Sediments of the Rio Desaguadero". *Journal of Sedimentary Research* 69 (3): 597-611.
- Baumgartner, T., J. Michaelsen, L Thompson, G. Shen, A. Soutar, y R. Casey. 1989. "The recording of interannual climatic change by high-resolution natural systems: Tree-rings, coral bands, glacial ice layers and marine varves". *Geophysical Monograph* 55: 1-14.
- Beach T., N. Dunning, S. Luzzadder-Beach, D. E. Cook, y J. Lohse. 2006. "Impacts of the ancient Maya on soils and soil erosion in the central Maya Lowlands". *Catena* 65: 166 – 178.
- Beach, T. 1998. "Soil Constraints on Northwest Yucatán, Mexico: Pedoarchaeology and Maya Subsistence at Chunchucmil". *Geoarchaeology: An International Journal* 13 (8): 759–791.
- Beach, T., S. Luzzadder-Beach, N. Dunning, J. Jones, J. Lohse, T. Guderjan, S. Bozart, S. Millspaugh, y T. Bhattacharya. 2009. "A review of human and natural changes in Maya lowland wetlands over the Holocene". *Quaternary Science Reviews* 28: 1710-1724.
- Behling, H. 1996. "First report on new evidence for the occurrence of *Podocarpus* and possible human presence at the mouth of the Amazon during the Late-glacial". *Vegetation History and Archaeobotany* 5: 241-246.
- Behling, H., y M. Lima da Costa. 2000. "Holocene Environmental Changes from the Rio Curuá Record in the Caxiuana Region, Eastern Amazon Basin". *Quaternary Research* 53: 369–377.
- Behringer, W. 2007. *Kulturgeschichte des Klimas. Von der Eiszeit bis zur globalen Erwärmung*. Bundeszentrale für politische Bildung. Bonn.
- Bennett, H. H. 1926. "Agriculture in Central America". *Annals of the Association of American Geographers* 16: 63– 84.
- Beresford-Jones, D. G. 2004. "Pre-Hispanic Prosopis-Human Relationships on the South Coast of Peru: Riparian Forest in the Context of Environmental and Cultural Trajectories of the Lower Ica Valley". Tesis doctoral, Universidad de Cambridge.
- Betancourt, J. L., C. Latorre, J. A. Rech, J. Quade y K.A. Rylander. 2000. "A 22,000-year record of monsoonal precipitation from northern Chile's Atacama Desert". *Science* 289: 1542-1546.
- Bianchi, G. G. y I. N. McCave. 1999. "Holocene Periodicity on North Atlantic Climate and deep-ocean flow south of Iceland". *Nature* 397: 515-517.
- Bierbaum, R. M. y R. B. Zoellick. 2009. "Development and Climate Change". *Science* 326: 771.
- Billman, B. R. 2002. "Irrigation y the Origins of the Southern Moche State on the North Coast of Peru". *Latin American Antiquity* 13 (4): 371-400.
- Billman, B. R. y G. Huckelberry. 2008. "Deciphering the Politics of Prehistoric El Niño Events on the North Coast of Peru". En *El Niño, Catastrophism, and Culture Change in Ancient America*, pp: 101-128. *Dumbarton Oaks Research Library and Collection*. Harvard University Press.

- Bills, B. G., S. L. de Silva, D. R. Currey, R. S. Emenger, K. D. Lillquist, A. Donnellan y B. Worden. 1994. "Hydro-isostatic deflection and tilting in the central Andes: Initial results of GPS survey of Lake Minchin shorelines". *Geophysical Research Letters* 21: 293–296.
- Binford, M. W. 1982. "Ecological history of Lake Valencia, Venezuela: interpretation of animal microfossils and some chemical, physical, and geological features". *Ecological Monographs* 52: 307–33.
- Binford, M. W. 1983. "Palaeolimnology of the Peten Lake district, Guatemala". *Hydrobiologia* 103: 199-203.
- Binford, M. W., A. L. Kolata, M. Brenner, J. W. Janusek, M. T. Seddon, M. Abbott y J. H. Curtis. 1997. "Climate variation and the rise and fall of an Andean civilization". *Quaternary Research* 47: 235-248.
- Bjerknes, J. 1969. "Atmospheric Teleconnections from the Equatorial Pacific". *Monthly Weather Review* 97 (3): 163-172.
- Black, D.E., L. C. Peterson, J. T. Overpeck, J.T., Kaplan, M.N. Evans y M. Kashgarian. 1999. "Eight centuries of North Atlantic atmospheric variability". *Science* 286: 1709-1713.
- Bloom, P. R., M. Pohl, C. Buttleman, F. M. Wiseman, A. P. Covich, C. H. Miksicek, J. W. Ball y J. K. Stein. 1983. "Prehistoric Maya Wetland Agriculture and Alluvial Soils Near San Antonio, Rio Hondo, Belize". *Nature* 301: 417– 419.
- Blunier, T., J. Chappellaz, J. Schwander, A. Daellenbach, B. Stauffer, T. F. Stocker, D. Raynaud, J. Jouzel, H. B. Clausen, C. U. Hammer y S. J. Johnsen. "Asynchrony of Antarctic and Greenland climate change during the last glacial period". *Nature* 394: 739-743.
- Bonavia, D. 1991. *Peru, Hombre e Historia. De los Orígenes al Siglo XV*. Fundación del Banco Continental Para El Fomento de la Educación y la Cultura, Lima.
- Bond Gerard, William Showers, Maziet Cheseby, Rusty Lotti, Peter Almasi, Peter deMenocal, Paul Priore, Heidi Cullen, Irka Hajdas y Georges Bonani. 1997. "A Pervasive Millennial-Scale Cycle in North Atlantic Holocene and Glacial Climates". *Science* 278: 1257-1266.
- Bove, F. J. 1981. "Trend surface analysis and the Lowland classic Maya collapse". *American Antiquity* 46: 93-112.
- Bowen, D. Q. 2009. "The Last Glacial Maximum". *Encyclopedia of Paleoclimates and Ancient Environments*, editado por V. Gornitz, pp. 493-495. Springer Verlag.
- Bradbury, J. P. 1989. "Late Quaternary lacustrine palaeoenvironments in the Cuenca de Mexico". *Quaternary Science Reviews* 8: 75-100.
- Bradbury, J. P., B. W. Leyden, M. Salgado-Labouriau, W.M. Lewis, Jr., C. Schubert, M. W. Binford, D. G. Frey, D. R. Whitehead y F. H. Weibezahn. 1981. "Late Quaternary environmental history of Lake Valencia, Venezuela". *Science* 214: 1299–305.
- Bradley, R.S., M. Vuille, D. Hardy y L.G. Thompson. 2003. "Low latitude ice cores record Pacific sea surface temperatures". *Geophysical Research Letters* 30 (4): 1174, doi:10.1029/2002GL016546, 2003.

- Brenner, M. and M. W. Binford. 1998. "A sedimentary record of human disturbance from Lake Miragoane, Haiti". *Journal of Paleolimnology* 1: 85-97.
- Brenner, M., B.W. Leyden y M.W. Binford. 1990. "Recent sedimentary histories of shallow lakes in the Guatemalan savannas". *Journal of Paleolimnology* 4: 239-252.
- Brenner, M., M. F. Rosenmeier, D. A. Hodell y J. H. Curtis. 2002. "Paleolimnology of the Maya Lowlands. Long-term perspectives on interactions among climate, environment, and humans". *Ancient Mesoamerica* 13: 141-157.
- Briffa, K.R., P. D. Jones, F. H. Schweingruber y T. J. Osborn. 1998. "Influence of volcanic eruptions on Northern Hemisphere summer temperature over 600 years". *Nature* 393: 450-455
- Brooks, N. 2006. "Cultural responses to aridity in the Middle Holocene and increased social complexity". *Quaternary International* 151: 29-49.
- Brown Mansell, E., R. H. Tykot, D. A. Freidel, B. H. Dahlin y T. Ardren. 2006. "Early to Terminal Classic Maya Diet in the Northern Lowlands of the Yucatán (Mexico)". In *Histories of Maize, Multidisciplinary Approaches to the Prehistory, Linguistics, Biogeography, Domestication, and Evolution of Maize*, editado por J. Staller, R. Tykot and B. Benz, pp: 173-185.
- Brown, R. B. 1985. "A summary of Late Quaternary pollen records from Mexico west of the Isthmus of Tehuantepec". En *Pollen Records of Late Quaternary North American sediments*, editado por V. M. Bryant and R. G. Holloway, pp. 71-93. American Association of Stratigraphic Palynologists. Dallas.
- Brunner, C. 1982. "Paleoceanography of surface waters in the Gulf of Mexico during the late Quaternary". *Quaternary Research* 17: 105-119.
- Brunnschoen, C. y H. Behling. 2009. "Late Quaternary vegetation, fire and climate history reconstructed from two cores at Cerro Toledo, Podocarpus National Park, southeastern Ecuadorian Andes". *Quaternary Research* 72: 388-399.
- Buffen A. M., L. G. Thompson, E. Mosley-Thompson y K. I. Huh. 2009. "Recently exposed vegetation reveals Holocene changes in the extent of the Quelccaya Ice Cap, Peru". *Quaternary Research* 72: 157-163.
- Burger, R. L. y N. van der Merve. 1990. "Maize and the Origin of the Highland Chavin Civilisation: An Isotopic Perspective". *American Anthropologist*, New Series 92 (1): 85-95.
- Bush, M. and P. A. Colinvaux. 1990. "A pollen record of a complete glacial cycle from Lowland Panama". *Journal of Vegetation Science* 1: 105-118.
- Bush, M. B., B. C. S. Hansen, D. T. Rodbell, G. O. Seltzer, K. R. Young, B. León, M. B. Abbott, M. R. Silman y W. D. Gosling. 2005. "A 17 000-year history of Andean climate and vegetation change from Laguna de Chochos, Peru". *Journal of Quaternary Science* 20 (7-8): 703-714.
- Bush, M. B. y P. A. Colinvaux. 1988. "A 7000-year pollen record from the Amazon lowlands, Ecuador". *Vegetatio* 76: 141-154.
- Bush, M. B., D. R. Piperno y P. A. Colinvaux. 1989. "A 6,000 year history of Amazonian maize cultivation". *Nature* 340: 303-305.

- Bush, M. B., D. R. Piperno, P. A. Colinvaux, P. E. De Oliveira, L. A. Krissek, M. C. Miller y W. E. Rowe. 1992. "A 14300-yr paleoecological profile of a lowland tropical lake in Panama". *Ecological Monographs* 62: 251–75.
- Bush, M. B., P. A. Colinvaux, M. C. Wiemann, D. R. Piperno y K.-B. Liu. 1990. "Late Pleistocene Temperature Depression and Vegetation Change in Ecuadorian Amazonia". *Quaternary Research* 34: 330-345.
- Byrne, R. and S. P. Horn. 1989. "Prehistoric Agriculture and Forest Clearance in the Sierra de Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico". *Palynology* 13: 181-193.
- Caballero Miranda, M. 1997. "The Last Glacial Maximum in the Basin of Mexico: The Diatom Record between 34,000 and 15,000 years BP from Lake Chalco". *Quaternary International* 43/44: 125-136.
- Cane, M. A. 1986. "El Niño". *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 14: 43-70.
- Capriles, J. M., A. I. Domic y K. M. Moore. 2008. "Fish Remains from the Formative Period (1000 BC- AD 400) of Lake Titicaca, Bolivia: Zooarchaeology and Taphonomy". *Quaternary International* 180 (1): 115-126.
- Cheng, H., D. Fleitmann, R. L. Edwards, X. Wang, F. W. Cruz, A. S. Auler, A. Mangini, Y. Wang, X. Kong, S. J. Burns y A. Matter. 2009. "Timing and structure of the 8.2 kyr B.P. event inferred from  $\delta^{18}\text{O}$  records of stalagmites from China, Oman, and Brazil". *Geology* 37 (11): 1007-1010.
- Chepstow-Lusty, A. J. y M. Winfield. 2000. "Inca Agroforestry: Lessons from the Past". *Ambio* 29 (6): 322-328.
- Chepstow-Lusty, A. J., M. R. Frogley, B. S. Bauer, M. J. Leng, K. P. Boessenkool, C. Carcaillet, A. A. Ali y A. Gioda. 2009. "Putting the eise of the Inca Empire within a climatic and land management context". *Climate of the Past* 5: 375-388.
- Chepstow-Lusty, A., Bennett, K. D., Fjeldsa, J., Kendall, A., Galiano, W. and Tupayachi Herrera, A. 1998. "Tracing 4,000 years of environmental history in the Cuzco area, Peru, from the pollen record". *Mountain Research Devevelopment* 18: 159–172.
- Chepstow-Lusty, A., Bennett, K. D., Switsur, V. R. y Kendall, A. 1996. "4000 years of human impact and vegetation change in the central Peruvian Andes – with events paralleling the Maya record?" *Antiquity* 70: 823–833.
- Chepstow-Lusty, A., M. R. Frogley, B. S. Bauer, M. B. Bush y A. Tupayachi Herrera. 2003. "A late Holocene record of arid events from the Cuzco region, Peru". *Journal of Quaternary Science* 18: 491–502.
- Chepstow-Lusty, A., M. R. Frogley, B. S. Bauer, M. Leng, A. Cundy, K. P. Boessenkool y A. Gioda. 2007. "Evaluating socioeconomic change in the Andes using oribatid mite abundances as indicators of domestic animal densities". *Journal of Archaeological Science* 34: 1178–1186.
- Clement, A. C., M. A. Cane y R. Seager. 2001. An orbitally driven tropical source for abrupt climate change. *Journal of Climate* 14: 2369-2375.
- Clement, A. C., R. Seager y M. A. Cane. 2000. "Suppression of El Niño during the Mid-Holocene by Changes in the Earth's Orbit". *Paleoceanography* 15: 731-737.

- Clement, A.C., R. Seager y M.A. Cane. 1999. "Orbital controls on the El Niño/Southern Oscillation and the tropical climate". *Paleoceanography* 14: 441–456.
- Cobb, K. M., C. D. Charles, H. Cheng y R. L. Edwards. 2003. "El Niño/Southern Oscillation and tropical Pacific climate during the last millennium". *Nature* 424 (6946): 271–276
- Colinvaux P. A, M. B. Bush, M. Steinitz-Kannan y M. C. Miller. 1997. "Glacial and postglacial pollen records from the Ecuadorian Andes and Amazon". *Quaternary Research* 48: 69–78.
- Colinvaux, P A. 1984. "The Galapagos climate past and present". En *Key Environments, Galapagos* editado por R. Perry, p. 55-70. Pergamon, Oxford.
- Colinvaux, P. A. 1972. "Climate and the Galapagos Islands". *Nature* 240: 17-20.
- Colinvaux, P. A. and E. K. Schofield. 1976. "Historical Ecology in the Galapagos Islands: II. A Holocene Spore Record from El Junco Lake, Isla San Cristobal". *Journal of Ecology* 64 (3): 1013-1028
- Colinvaux, P. A., K. Olson y K.-B. Liu. 1988b. "Late Glacial and Holocene Pollen Diagrams from two endorheic lakes of the Inter-Andean Plateau of Ecuador". *Review of Palaeobotany and Palynology* 55: 83-99.
- Colinvaux, P. A., K.-B. Liu, P. De Oliveira, M. B. Bush, M. C. Miller y M. Steinitz Kannan. 1996. "Temperature Depression in the Lowland Tropics in Glacial Times". *Climate Change* 32: 19-33.
- Colinvaux, P. A., M. C. Miller, K.-B Liu, M. Steinitz-Kannan y I. Frost. 1985. "Discovery of permanent Amazon Lakes and hydraulic disturbance in the upper Amazon Basin". *Nature* 313: 42-45.
- Colinvaux, P. A., M. Frost, I. Frost, K.-B. Liu y Steinitz-Kannan. 1988a. "Three pollen diagrams of forest disturbance in the western Amazon Basin". *Review of Palaeobotany and Palynology* 55: 73-81.
- Colinvaux, P. A., P. E. De Oliveira y M. B. Bush. 2000. "Amazonian and neotropical plant communities on glacial time-scales: The failure of the aridity and refuge hypotheses". *Quaternary Science Reviews* 19: 141-169
- Colinvaux, P. A., P. E. De Oliveira, J. E. Moreno, M. C. Miller y M. B. Busch. 1996. "A Long Pollen Record from Lowland Amazonia: Forest and Cooling in Glacial Times". *Science* 274: 85-88.
- Cooper, J. and Matthew Peros. 2010. "The archaeology of climate change in the Caribbean". *Journal of Archaeological Science* 37 (6): 1–7
- Covich, A. 1976. "Recent changes in molluscan species diversity of a large tropical lake (Lago Peten, Guatemala)". *Limnology and Oceanography* 21 (1): 51-59.
- Covich, A. and M. Stuiver. 1974. "Changes in oxygen 18 as a measure of long term fluctuations in tropical lake levels and molluscan populations". *Limnology and Oceanography* 19 (4): 682-691.
- Cowgill, U. M., C. E. Goulden, G. E. Hutchinson, R. Patrick, A. A. Racek y M. Tsukada. 1966. "The History of Laguna de Petenxil". *Memoirs of the Connecticut Academy of Arts and Sciences* v. 27. 126 p.

- Craig, A. K. y I. Shimada. 1986. "El Niño Flood Deposits at Batán Grande, Northern Peru". *Geoarchaeology* 1 (1): 29-38.
- Cronin, T.M. 1999: *Principles of Paleoclimatology*. Perspectives in Paleobiology and Earth History. Columbia University Press, New York.
- Cross, S. L., P.A. Baker, G.O. Seltzer, S.C. Fritz y R.B. Dunbar. 2001. "Late Quaternary climate and hydrology of tropical South America inferred from an isotopic and chemical model of Lake Titicaca, Bolivia and Peru". *Quaternary Research* 56: 1-9.
- Cross, S.L., P.A. Baker, G.O. Seltzer, S.C. Fritz, R.B. Dunbar. 2000. "A new estimate of the Holocene lowstand level of Lake Titicaca and implications for regional paleohydrology". *The Holocene* 10: 21-32.
- Crowley, T. J. 2000. "Causes of Climate Change Over the Past 1000 years". *Science* 289: 270-277.
- Culbert T. P. 1988. The collapse of Classic Maya civilization. En *The Collapse of Ancient States and Civilizations*. Editado por N. Yoffee y G. L. Cowgill, pp. 69–101. Tucson. University of Arizona Press.
- Curtis, J. H., D. A. Hodell y M. Brenner. 1996. "Climate variability on the Yucatan Peninsula (Mexico) during the last 3500 years and implications for Maya cultural evolution". *Quaternary Research* 46: 37–47.
- Curtis, J. H., M. Brenner y D. A. Hodell. 1999. "Climate Change in the Lake Valencia, Basin, Venezuela, -12600 YBP to present". *The Holocene* 9 (5): 609-619.
- D'Arrigo, R., E. R. Cook, R. J. Wilson, R. Allan y M. E. Mann. 2005. "On the variability of ENSO over the past six centuries". *Geophysical Research Letters* 32(3): L03711, doi:10.1029/2004GL022055
- Dahlin, B. H. 1983. "Climate and Prehistory on the Yucatan Peninsula". *Climatic Change* 5: 245-263.
- Dahlin, B. H. 2002. "Climate Change and the End of the Classic Period In Yucatan. Resolving a paradox". *Ancient Mesoamerica* 13: 327–340.
- Dansgaard, W. 1964. "Stable isotopes in precipitation". *Tellus* 16: 436–468.
- Davis, R. B. and J. P. Smol. 1986. "The use of sedimentary remains of siliceous algae for inferring past chemistry of lake water problems, potential and research needs". En *Diatoms and Lake Acidity*, editado por J. P. Smol, R. W. Battarbee, R. B. Davis and J. Marilainen, pp. 291-300. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht.
- Day, J. W. Jr., J. D. Gunn, W. J. Folan, A. Yáñez-Arancibia y B. P. Horton. 2007a. "Emergence of Complex Societies After Sea Level Stabilized". *Eos Transactions. American Geophysical Union* 88(15): 169, doi:10.1029/2007EO150001.
- Day, J. W. Jr., J. D. Gunn, W. J. Folan, A. Yáñez-Arancibia y B. P. Horton. 2007b. "Reply to Comment on 'Emergence of Complex Societies After Sea Level Stabilized'". *Eos Transactions. American Geophysical Union* 88 (42): doi:10.1029/2007EO420012, 2007.

- De Silva, S. L. y G. A. Zielinski. 1998. "Global influence of the AD1600 eruption of Huaynaputina, Peru". *Nature* 393: 455-458.
- Deevey, E. S. 1944. "Pollen analysis and Mexican archaeology, an attempt to apply the method". *American Antiquity* 10: 135-149.
- Deevey, E. S. Jr., M. Brenner y M. W. Binford. 1983. "Paleolimnology of the Peten Lake District, Guatemala". *III. Late Pleistocene and Gamblian environments of the Maya area*. *Hydrobiologia* 103: 211-216.
- Deevey, E. S., Jr., Rice, D. S., Rice, P. M., Vaughan, H. H., Brenner, M., Manand Flannery, M. S. 1979. "Mayan urbanism: Impact on a tropical karst environment". *Science* 206: 298-306.
- Demarest, A. 1997. "The Vanderbilt Petexbatun Regional Archaeological Project 1989-1994. Overview, history, and major results of a multidisciplinary study of the Classic Maya collapse". *Ancient Mesoamerica* 8: 209-227
- Demarest, A. 2001. "Climatic Change and the Classic Maya Collapse: The Return of the Catastrophism. The Great Maya Droughts: Water, Life and Dead. Richardson B. Gill. Review". *Latin American Antiquity* 12 (1): 105-107.
- Demarest, A. 2004. *Maya. The Rise and Fall of a Rainforest Civilization*. Cambridge University Press.
- DeMenocal, P. B. 2002. "Cultural Responses to Climate Change During the Late Holocene". *Science* 292: 667-673.
- Denton, G. H. y Wibjörn K. 1973. "Holocene Climatic Variations—Their Pattern and Possible Cause". *Quaternary Research* 3: 155-205.
- DeVries, T. J. y L. E. Wells. 1990. "Thermally-anomalous Holocene Molluscan assemblages from Coastal Peru: evidence for Paleogeographic, not climatic change". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 81: 11-32.
- Di Muro, A., M. Rosi, E. Aguilera, R. Barbieri, G. Massa, F. Mundula y F. Pieri. 2008. "Transport and sedimentation dynamics of transitional explosive eruption columns: The example of the 800 BP Quilotoa plinian eruption (Ecuador)". *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 174: 307-324.
- Dillehay, T. D. 2002. "Climate and Human Migrations". *Science* 298: 764-765.
- Dillehay, T. D., J. Rossen, G. Maggard, K. Stackelbeck y P. Netherly. 2003. "Localization and possible social aggregation in the Late Pleistocene and Early Holocene on the North Coast of Peru". *Quaternary International* 109-110: 3-11.
- Dillehay, T., A. L. Kolata y E. Swenson. 2009. *Paisajes Culturales en el Valle de Jequetepeque. Los Yacimientos Arqueológicos*. Trujillo: Ediciones Sian.
- Donnelly, J. P. 2009. "Paleotempestology, the Sedimentary Record of intense Hurricans". *Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments*, editado por V. Gornitz, Pp: 773-776. Springer Verlag.
- Donnelly, J. P. y J. D. Woodruff. 2007. "Intense hurricane activity over the past 5,000 years controlled by El Niño and the West African monsoon". *Nature* 447: 465-468.
- Dowset, H. J. 2009. "Foraminifera". *Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments*, editado por V. Gornitz, Pp: 338-339. Springer Verlag.

- Dugmore, A. J. y A. Newton. 2009. "Tephrochronology". *Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments*, editado por V. Gornitz, Pp: 937-938. Springer Verlag.
- Dull, R. A., J. R. Southon y P. Sheets. 2001. "Volcanism, Ecology and Culture: A Reassessment of the Volcan Ilopango Tbj eruption in the Southern Maya Realm". *Latin American Antiquity* 12 (1): 25-44.
- Dunbar, R. B., G. M. Wellington, M. W. Colgan y P. W. Glynn. 1994. "Eastern Pacific sea surface temperature since 1600 A.D.: the  $\delta^{18}\text{O}$  record of climate variability in Galápagos corals". *Paleoceanography* 9: 291-315.
- Dunning N., T. Beach y D. Rue. 1997. "The Paleoecology and Ancient Settlement of the Petexbatun Region, Guatemala". *Ancient Mesoamerica* 8: 255-266.
- Dunning, N. P. y T. Beach. 1994. "Soil Erosion, Slope Management, and Ancient Terracing in the Maya Lowlands". *Latin American Antiquity* (5) 1: 51-69.
- Dunning, N. P., V. Scarborough, F.J. Valdez, S. Luzzadder-Beach, T. Beach, J. Jones. 1999. "Temple Mountains, sacred lakes, and fertile fields: ancient Maya landscapes in Northwestern Belize". *Antiquity* 73: 650-660.
- Dunning, N., D. J. Rue, T. Beach, A. Covich y A. Traverse. 1998. "Human-Environment Interactions in a Tropical Watershed: The Paleoecology of Laguna Tamarindito, El Peten, Guatemala". *Journal of Field Archaeology* 25 (2): 139-151.
- Eaton, J. D. y J. W. Ball. 1978. *Studies on the Archaeology of Costal Campeche, Mexico*. Middle American Research Institute No. 46. Tulane University, New Orleans.
- Eckstein, D. 2007. "Human time in tree rings". *Dendrochronologia* 24: 53-60.
- Egmguren, V. 1894 "Las llluvias en Piura". *Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima* 4:241-258
- Eichtel, B. and B. Mächtle. 2009. "Man and Environment in the Eastern Atacama Desert (Southern Peru): Holocene Climate Changes and Their Impact on Pre-Columbian Cultures". En *New Technologies for Archaeology. Multidisciplinary Investigations in Palpa and Nazca, Peru*. Editado por Editado por M. Reindel and G. A. Wagner, pp.: 17-37. Springer Verlag.
- Eisma, D., P. G. E. F. Augustinus y C. Alexander. 1991. "Recent and subrecent changes in the dispersal of Amazon mud". *Netherlands Journal of Sea Research* 28 (3): 181-192.
- Elias, S. A. 1996. "Insect fossil evidence on late Wisconsin environments of the Bering Land Bridge: new data on the nature and timing of inundation". En *American Beginnings, The Prehistory and Palaeoecology of Beringia*, editado por editado por F. H. West, pp. 110-119. Chicago: University of Chicago Press.
- Elsner, J. B. 2007. "Tempests in Time". *Nature* 447: 647-649.
- Emery, K. F. y E. K. Thornton. 2008a. "A regional perspective on biotic change during the Classic Maya occupation using zooarchaeological isotopic chemistry". *Quaternary International* 191 (1): 131-143.



- Emery, K. F. y E. K. Thornton. 2008b. "Zooarchaeological Habitat Analysis of Ancient Maya Landscape Changes". *Journal of Ethnobiology* 28 (2): 154–178.
- Erickson, C. 1999. "Neo-environmental determinism and agrarian 'collapse' in Andean prehistory". *Antiquity* 73: 634-642.
- Evans M. N., A. Kaplan y M. A. Cane. 2002. "Pacific sea surface temperature field reconstruction from coral  $\delta^{18}\text{O}$  data using reduced space objective analysis". *Paleoceanography* 17 (1): 1007, doi:10.1029/2000PA000590.
- Fagan, B. 2004. *The Long Summer: How Climate Change Civilization*. London: Grant.
- Fairbanks, R. G. 1989. "A 17,000 year glacio-eustatic sea level record: Influences of glacial melting rates in the Younger Dryas event and deep-ocean circulation". *Nature* 342: 637–642.
- Fairbridge, R. W. y V. Gornitz. 2009. "Earth Law and Paleoclimatology". *Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments*, editado por V. Gornitz, Pp: 294-301. Springer Verlag.
- Farabaugh, R. and C. A. Rigsby. 2005. "Climatic Influence on Sedimentology and Geomorphology of the Rio Ramis Valley, Peru". *Journal of Sedimentary Research* 75 (1): 12-28.
- Farrington, I. S. 1983. "The Design and Function of the Intervalley Canal: Comments on a Paper by Ortloff, Moseley and Feldman". *American Antiquity* 48: 360-375.
- Fedick, S. L. y A. Ford. 1990. "The prehistoric agricultural landscape of the central Maya lowlands: an examination of local variability in a regional context". *World Archaeology* 22: 18–33.
- Fei, J. y J. Zhou. 2006. "The possible climatic Impact in China of Iceland's Eldgja Eruption inferred from Historical Sources". *Climatic Change* 76: 443-457.
- Fischer, G. y G. Wefer (eds.). 1999: *Use of Proxies in Paleoceanography: Examples from the South Atlantic*. Berlin: Springer.
- Folan, W. J., J. Gunn, J. D. Eaton y R. W. Patch. 1983. "Paleoclimatological Patterning in Southern Mesoamerica". *Journal of Field Archaeology* 10 (4): 453-468.
- Fontugne, M., P. Usselman, D. Lavalleé, M. Julien y C. Hatté. 1999. "El Niño variability in the coastal desert of southern Peru during the mid-Holocene". *Quaternary Research* 52: 171–179.
- Ford, A. 2008. "Dominant Plants of the Maya Forest And Gardens Of El Pilar: Implications for Paleoenvironmental Reconstructions". *Journal of Ethnobiology* 28 (2): 179–199.
- Fowler, A. J. 1985. "Radiocarbon Dating of Lake Sediments and Peats by Accelerator Mass Spectrometry". Tesis doctoral, Universidad de Oxford.
- Francou, B. and L. Pizarro. 1985. "El Niño y la Sequía en los Altos Andes Centrales (Peru y Bolivia)". *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines* 14: 1-18.
- Frapppier, A., D. Sahagian, L. A. González y S. J. Carpenter. 2002. "El Niño Events Recorded by Stalagmite Carbon Isotopes". *Science* 298: 565.

- Fritz, S. C., P. A. Baker, T. K. Lowenstein, G. O. Seltzer, C. A. Rigsby, G. S. Dwyer, P. M. Tapia, K. K. Arnold, T.-L. Ku y S. Luo. 2004. "Hydrologic variation during the last 170,000 years in the southern hemisphere tropics of South America". *Quaternary Research* 61: 95-104.
- Frost, I. 1988. "A Holocene Sedimentary Record from Anangucocha in the Ecuadorian Amazon". *Ecology* 69 (1): 66-73.
- Gagan, M. K. 2009. "Paleo-El Niño Southern Oscillation (Enso) Records". En *Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments*, editado por V. Gornitz. Springer Verlag. 10.1007/978-1-4020-4411-3\_172.
- Gaines, R. R. y M. L. Droser. 2009. "Animal Proxies. Invertebrates". *Encyclopedia of Paleoclimates and Ancient Environments*, editado por V. Gornitz, pp. 10-13. Springer Verlag.
- Gallet, Y., A. Genevey y F. Fluteau. 2005. "Does Earth's magnetic field secular variation control centennial climate change?" *Earth and Planetary Science Letters* 236: 339–347.
- Gallet, Y., A. Genevey, M. Le Goff, F. Fluteau y S. A. Eshraghi. 2006. "Possible impact of the Earth's magnetic field on the history of ancient civilizations". *Earth and Planetary Science Letters* 246: 17–26.
- Gallet, Y. y A. Genevey. 2007. "The Mayans: climate determinism or geomagnetic determinism?" *EOS* 88 (11): 129–130.
- Garreaud, R., M. Vuille y A. C. Clement. 2003. "The climate of the Altiplano: observed current conditions and mechanisms of past changes". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 194: 5-22.
- Gasse, F., P. Barker, P. A. Gell, S.C. Fritz y F. Chalié. 1997. "Diatom-inferred salinity in palaeolakes: An indirect tracer of climatic change". *Quaternary Science Reviews* 16: 547–563.
- Gerlach, T. M., H. R. Westrich y R. B. Symonds. 1996. "Pre-eruption vapor in magma of the climatic Mount Pinatubo eruption: source of the giant stratospheric sulfur dioxide cloud". En *Fire and mud: eruptions and lahars of Mount Pinatubo, Philippines*, editado por C. G. Newhall y R. S. Punongbayan, pp. 415-434. Seattle y Londres: University of Washington Press.
- Geyh, M. A., U. Schotterer y M. Grosjean. 1998. "Temporal Changes of the Reservoir Effects in Lakes". *Radiocarbon* 40 (2): 921-931.
- Gill, R. B. 2000. *The Great Maya Droughts*. Albuquerque: University of New Mexico Press.
- Gill, R. B. y J. P. Keating. 2002. "Volcanism and Mesoamerican Archaeology". *Ancient Mesoamerica* 13: 125-140.
- Gill, R. B., P. A. Mayewski, J. Nyberg, G. H. Haug y L. C. Peterson. 2007. "Drought and the Maya Collapse". *Ancient Mesoamerica* 18: 283–302
- Glasser, N. F., S. Clemmens, C. Schnabel, C. R. Fenton y L. McHargue. 2009. "Tropical glacier fluctuations in the Cordillera Blanca, Peru between 12.5 and 7.6 ka from cosmogenic  $^{10}\text{Be}$  dating". *Quaternary Science Reviews* 28: 3448–3458.

- Gonzales, C., L. M. Dupont, H. Behling y G. Wefer. 2008. "Neotropical vegetation response to rapid climate changes during the Last Glacial Period: Palynological evidence from the Cariaco Basin". *Quaternary Research* 69: 217-230.
- González-Quintero, L. 1986. "Análisis polínicos de los sedimentos". En *Tlapacoya: 35,000 años de historia del lago de Chalco*. Editado por: J. L. Lorenzo y L. Mirambell. pp. 157-166. Colección Científica 115, Serie Prehistoria. México D. F.: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Gornitz, V. 2009a. "Ancient Cultures and Climate Change". *Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments*, editado por V. Gornitz, Pp: 6-10. Springer Verlag.
- Gornitz, V. 2009b. "Paleoclimate Proxies, An Introduction". *Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments*, editado por V. Gornitz, Pp: 716-721. Springer Verlag.
- Goudy, A. 2009. "Arid Climates and Indicators". *Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments*, editado por V. Gornitz, Pp: 45-51. Springer Verlag.
- Gouze, P., Argollo, J., Saliege, J.-F. y Servant, M. 1986. "Interprétation paléoclimatique des oscillations des glaciers au cours des 20 derniers millénaires dans les régions tropicales: exemple des Andes Boliviennes". *Comptes Rendus de L'Académie des Sciences Paris, Série II* 303: 219–223.
- Graf, K. 1992. "Pollendiagramme aus den Anden: Eine Synthese zur Klimageschichte und Vegetationsentwicklung seit der letzten Eiszeit". *Physische Geographie*, Vol. 34. University of Zurich.
- Grebe Vicuña, M. A. 1997. "La Construcción Simbólica en el Espacio de la Cultura Mapuche de Chile". En *Antropología del clima en el mundo hispanoamericano*. Tomo I, editado por M. Golkoubinoff, E. Katz y A. Lammel, pp. 275-295. Quito: Biblioteca Abya-Yala..
- Grelaud, M., L. Beaufort, S. Cuvén and N. Bouchet. 2009. "Glacial to interglacial primary production and El Niño Southern Oscillation dynamics inferred from coccolithophores of the Santa Barbara Basin". *Paleoceanography* vol. 24, PA 1203, doi:10.1029/2007PA001578, 2009.
- Grotes, P. M., M. Stuiver, L. G. Thompson y E. Mosley-Thompson. 1989. "Oxygen isotope changes in tropical ice, Quelccaya, Peru". *Journal of Geophysical Research* 94: 1187–1194, 1989.
- Grosjean, M. 1994. "Paleohydrology of the Laguna Mejía (north Chilean Altiplano) and climatic implications for late-glacial times". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 109: 89-100
- Grosjean, M. 2001. "Mid-Holocene Climate in the South Central Andes: Humid or Dry?" *Science* 292: 2391a.
- Grosjean, M. y L. Nuñez. 1994. "Lateglacial, Early and Middle Holocene environments, human occupation and resource use in the Atacama Altiplano (Northern Chile)". *Geoarchaeology* 9: 271–286.
- Grosjean, M., B. Valero-Garcés, M. A. Geyh, B. Messerli, H. Schreier y K. Kelts. 1997. "Mid and late Holocene Limnogeology of Laguna del Negro Francisco (South-Central Andes, North Chile) and paleoclimatic implications". *Holocene* 7: 151–159.

- Grosjean, M., Messerli, B., Ammann, C., Geyh, M.A., Graf, K., Jenny, B., Kammer, K., Núñez, L., Schreier, H., Schotterer, U., Schwalb, A., Valero-Garce's, B., Vuille, M., 1995. "Holocene environmental changes in the Atacama Altiplano and paleoclimatic implications". *Bulletin de l' Institut Francais d'Études Andines* 24: 585–594.
- Grücke, D. R. y U. G. Wortmann. 2008. "Investigating climates, environments and biology using stable isotopes". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 266: 1–2.
- Guilderson, T. P., R. G. Fairbanks y J. L. Rubenstone. 1994. "Tropical Temperature Variations Since 20,000 years ago: Modulating Interhemispheric Climate Change". *Science* 263: 663-665.
- Gunn, J and R. E. W. Adams. 1981. "Climatic Change, Culture and Civilization in North America". *World Archaeology* 13: 87-100.
- Gunn, J. D, R. T. Matheny y W. J. Folan. 2002. "Climate-Change Studies in The Maya Area. A diachronic analysis". *Ancient Mesoamerica* 13: 79-84.
- Gunn, J. D. y W. J. Folan. 2001. "Mesoamérica prehispánica: una nueva perspectiva". In *XI Encuentro Internacional. Los Investigadores de la Cultura Maya*. Universidad Autónoma de Campeche.
- Gunn, J. D., W. Folan y H. R. Robichaux. 1995. "A Landscape Analysis of the Candelaria Watershed in Mexico: Insights into Paleoclimates Affecting Upland Horticulture in the Southern Yucatan Peninsula Semi-Karst". *Geoarchaeology: An International Journal* 10 (1): 3-42.
- Hall, M. and P. A. Mothes. 1999. "La actividad volcánica del Holoceno en el Ecuador y Colombia Austral. Impedimento al desarrollo de las civilizaciones pasadas". En *Actividad Volcánica y Pueblos Precolombinos en el Ecuador*, editado por P. Mothes, pp. 11-40. Quito: Ediciones Abya-Yala.
- Hall, M. and P. A. Mothes. 2008a. "Volcanic impediments in the progressive development of pre-Columbian civilizations in the Ecuadorian Andes". *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 176: 344–355.
- Hall, M. and P. A. Mothes. 2008b. "Quilotoa volcano — Ecuador: An overview of young dacitic volcanism in a lake-filled caldera". *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 176: 44–55.
- Hall, M. L., C. Robin, B. Beate, P. Mothes y M. Monzier. 1999. "Tungurahua Volcano, Ecuador: structure, eruptive history and Hazards". *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 91: 1-21.
- Hansen B.C.S. y D. T. Rodbell. 1995. "A late-glacial/Holocene pollen record from the eastern Andes of Northern Peru". *Quaternary Research* 44: 216–227.
- Hansen B.C.S., D. T. Rodbell, G. O. Seltzer, B. Leon, K. R. Young y M. Abbott. 2003. "Late-glacial and Holocene vegetational history from two sites in the western Cordillera of southwestern Ecuador". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 194: 79-108.
- Hansen, B. C. S., H. E. Wright y J. P. Bradbury. 1984. "Pollen Studies in the Junín Area, central Peruvian Andes". *Geological Society of America Bulletin* 95: 1454-1465.

- Hansen, R. D., S. Bozarth, J. Jacob, D. Wahl y T. Schreiner. 2002. "Climatic and Environmental Variability in the Rise of Maya Civilization. A preliminary perspective from northern Peten". *Ancient Mesoamerica* 13: 273-295.
- Hardy, D. R., M. Vuille y R. S. Bradley. 2003. "Variability of snow accumulation and isotopic composition on Nevado Sajama, Bolivia". *Journal of Geophysical Research* vol. 108. NO. D22, 4693, doi:10.1029/2003JD003623.
- Hastenrath, S. and J. Kutzbach. 1985. "Late Pleistocene climate and water budget of the South American Altiplano". *Quaternary Research* 24: 249-256.
- Haug, G. H., D. Günther, L. C. Peterson, D. M. Sigman, K. A. Huguen, B. Aeschlimann. 2003. "Climate and the Collapse of Maya Civilisation". *Science* 299: 1731-1735.
- Haug, G. H., K. A. Huguen, D. M. Sigman, L. C. Peterson y U. Roehl. 2001. "Southward Migration of the Intertropical Convergence Zone through the Holocene". *Science* 293: 1304-1308.
- Hidalgo, S., M. Monzier, E. Almeida, G. Chazot, J.-P. Eissen, J. van der Plicht y M. L. Hall. 2008. "Late Pleistocene and Holocene activity of the Atacazo–Ninahuilca Volcanic Complex (Ecuador)". *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 176: 16–26.
- Higham, C and T. Higham. 2009. "A new chronological framework for prehistoric Southeast Asia, based on a Bayesian model from Ban Non Wat". *Antiquity* 83: 125-144.
- Hillesheim, M. B., D. A. Hodell, B. W. Leyden, M. Brenner, J. H. Curtis, F. S. Anselmetti, D. Ariztegui, D. G. Buck, T. P. Guilderson, M. F. Rosenmeier and D. W. Schnurrenberger. 2005. "Climate Change in Lowland Central America during the Late Deglacial and Early Holocene". *Journal of Quaternary Science* 20 (4): 363-376.
- Hocquenghem, A. M. y Ortlieb, L. 1992. "Eventos El Niño y llluvias anormales en la costa del Perú siglos XVI-XIX". *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines* 21 (1): 197-278
- Hodell, D. A., F. Anselmetti, M. Brenner y D. Ariztegui. 2006. *Scientific Drilling* 3: 25-29.
- Hodell, D. A., F. S. Anselmetti, D. Ariztegui, M. Brenner, J. H. Curtis, A. Gilli, D. A. Grzesik, T. J. Guilderson, A. D. Mueller, M. B. Bush, A. Correa-Metrio, J. Escobar, S. Kutterolf. 2008. "An 85-ka record of climate change in lowland Central America". *Quaternary Science Reviews* 27: 1152–1165.
- Hodell, D. A., J. H. Curtis y M. Brenner. 1995. "Possible role of climate in the collapse of Classic Maya civilization". *Nature* 375: 391-394.
- Hodell, D. A., J. H. Curtis, G. A. Jones, A. Higuera-Gundy, M. Brenner, M. W. Binford y K. T. Dorsey. 1991. "Reconstruction of Caribbean Climate Change over the past 10,500 years". *Nature* 352: 790-793.
- Hodell, D. A., M. Brenner y J. Curtis. 2007. "Climate and cultural history of the Northeastern Yucatan Peninsula, Quintana Roo, Mexico". *Climatic Change* 83: 215-240.

- Hodell, D. A., M. Brenner, J. H. Curtis y T. Guilderson. 2001. "Solar Forcing of Drought Frequency in the Maya Lowlands". *Science* 292: 1367-1370.
- Hoffmann, G., E. Ramirez, J. D. Taupin, B. Francou, P. Ribstein, R. Delmas, H. Dürr, R. Gallaire, J. Simões, U. Schotterer, M. Stievenard y M. Werner. 2003. "Coherent isotope history of Andean ice cores over the last century". *Geophysical Research Letters* 30 (4) 1179, doi:10.1029/2002GL014870.
- Holland, G. J. 2009. "Predicting El Niño's Impacts". *Science* 325: 47.
- Holmes, J. A. and A. R. Chivas (editores). 2002. *The Ostracode, Applications in Quaternary Research*. Geophysical Monograph 131, Washington, D.C.: American Geophysical Union.
- Holmes, J. A., F. A. Street-Perrott, M. Ivanovich y R. A. Perrott. 1995. "A late Quaternary palaeolimnological record from Jamaica based on trace-element chemistry of ostracode shells". *Chemical Geology* 124: 143-160.
- Holmgren, C. A., J. L. Betancourt, K. A. Rylander, J. Roque, O. Tovar, H. Zeballos, E. Linares y J. Quade. 2001. "Holocene Vegetation History from Fossil Rodent Middens near Arequipa, Peru". *Quaternary Research* 56: 242-251.
- Hooghiemstra, H., A. M. Cleef, G. W. Noldus y M. Kappelle. 1992. "Upper Quaternary vegetation dynamics and palaeoclimatology of the La Chonta bog area (Cordillera de Talamanca, Costa Rica)". *Journal of Quaternary Science* 7 (3): 205-225.
- Hooghiemstra, H. y T. Van der Hammen. 1998. "Neogene and Quaternary development of the neotropical rain forest: the forest refugia hypothesis, and a literature review". *Earth Science Reviews* 44: 147-183.
- Houston, S. D, Z. X. Nelson C. Chiriboga, C. Alvarado, H. L. Escobedo y K. Taube. 2003. "New Insights on the Acropolis of Kaminaljuyu, Guatemala". En *XVIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala 2004*, editado por Laporte, Arroyo and Mejía, pp. 505-510. Ministerio de Cultura y Deportes, IDAEH, Asociación Tikal, FAMSI, Guatemala.
- Huckelberry, G. A. 2002. "Laminated Sediments Associated with Archaeological Structures in North Coastal Peru: A Record of Prehistoric El Niño Activity". The Geological Society of America. Denver Annual Meeting (Octubre 27-30, 2002).
- Hughen, K. A., D. P. Schrag, S. B. Jacobsen y W. Hantoro. 1999. "El Niño during the last interglacial period recorded by a fossil coral from Indonesia". *Geophysical Research Letters* 26: 3129-3132.
- Hughen, K. A., J. R. Southon, C. J. H. Bertrand, B. Frantz y P. Zermeño. 2004. "Cariaco Basin Calibration Update: Revisions to Calendar and 14C Chronologies for Core PL07-58PC". *Radiocarbon* 46 (3): 1161-1187.
- Hughen, K. A., J. R. Southon, S. J. Lehman y J. Overpeck. 2000. Synchronous Radiocarbon and Climate Shifts during the Last Deglaciation. *Science* 290: 1951-1954.
- Hughen, K. A., J. T. Overpeck, L. C. Peterson, y S. Trumbore. 1996. "Rapid climatic changes in the tropical Atlantic region during the last deglaciation". *Nature* 380: 51-54.



- IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change). 2001. "Synthesis Report". En *Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, editado por: R. T. Watson, D. L. Albritton, T. Barker, I. A. Bashmakov, O. Canciani, R. Christ, U. Cubasch, O. Davidson, H. Gitay, D. Griggs, K. Halsnaes, J. Houghton, J. House, Z. Kindzewicz., M. Lal, N. Leary, C. Magadza, J. J. McCathy, J. F. Mitchell, J. R. Moreira, M. Munasinghe, I. Noble, R. Pachauri, B. Pittock., M. Prather, R. G. Riches, J. B. Robinson, J. Sathaye, S. Schneider, R. Scholes, T. Stocker, N. Sundararaman, R. Swart, T. Taniguchi y D. Zhou. Cambridge University Press.
- IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change). 2007. "Palaeoclimatology". En *Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change*. Editado por S. Solomon, D. Qin, M. Manning, M. Marquis, K. Averyt, M. M. B. Tignor, H. Leroi-Miller Jr. y Z. Chen, pp. 433-497. Cambridge University Press.
- Iriondo, M. y E. M. Latrubesse. 1994. "A probable scenario for a dry climate in central Amazonia during the Late Quaternary". *Quaternary International* 21: 121-128.
- Isaacson, J. S. y J. A. Zeidler. 1999. "Accidental History: Volcanic Activity an the End of the Formative in Northwestern Ecuador". En *Actividad Volcánica y Pueblos Precolombinos en el Ecuador*, editado por P. Mothes, pp. 41-72. Quito: Ediciones Abya-Yala.
- Isbele, G. A., H. Hooghiemstra, M. Brenner, J. H. Curtis y D. A. Hodell. 1996. "A Holocene vegetation history from lowland Guatemala". *The Holocene* 6 (3): 265-271.
- Israde Alcantara, I. 1997. "Neogene Diatoms of Cuitzeo Lake, Central Sector of the Trans-Mexican Volcanic Belt and their Relationship with the Volcano-Tectonic Evolution". *Quaternary International* 43/44: 137-143.
- Jacob, J. S. and C. T. Hallmark. 1996. "Holocene stratigraphy of Cobweb Swamp, a Maya wetland in northern Belize". *Geological Society of America Bulletin* 108 (7): 883-891.
- Janusek, J. W. 2004. "Collapse as cultural revolution: power and identity in the Tiwanaku to Pacajes transition". En Conlee, C. A., D. Ogburn y K. Vaughn (Eds.). *Foundations of Power in the Prehispanic Andes*, p. 175-209. Arlington, VA: American Anthropological Association.
- Johnson, K. D., D. R. Wright y R. E. Terry. 2007. "Application of Carbon Isotope Analysis to Ancient Maize Agriculture in the Petexbatún Region of Guatemala". *Geoarchaeology: An International Journal* 22 (3): 313-336.
- Johnson, T.C., E.T. Brown, J. MacManus, S. Barry, P. Barker y F. Gasse. 2002. "A High-Resolution Paleoclimate Record Spanning the Past 25,000 years in Southern East Africa". *Science* 296: 113-114, 131-132.
- Johnston, K. J., A. J. Breckenridge, B. C. Hansen. 2001. "Paleoecological Evidence of an Early Postclassic Occupation in the Southwestern Maya Lowlands: Laguna Las Pozas, Guatemala". *Latin American Antiquity* 12 (2): 149-166.

- Jones, D. A., P. W. Layer y R. J. Newberry. 2008. "A 3100-year history of argon isotopic and compositional variation at El Chichón volcano". *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 175: 427–443
- Jones, G. S., J. M. Gregory, P. A. Stott, S. F. B. Tett y R.B. Thorpe. 2005. "An AOGCM simulation of the climate response to a volcanic super-eruption". *Climate Dynamics* 25: 725-738.
- Jones, J. G. 1994. "Pollen Evidence for Early Settlement and Agriculture in Northern Belize". *Palynology* 18: 205-211.
- Jones, K. B., G. Hodgins, D. Dettman, C. F. T. Andrus, A. Nelson y M. F. Etayo-Cadavid. 2007. "Seasonal Variations in Peruvian Marine Reservoir Age from Pre-Bomb *Argopecten Purpuratus* Shell Carbonate". *Radiocarbon* 49 (2): 877-888.
- Jones, M. T., R. S. J. Sparks y P. Valdes. 2007. "The climatic impact of supervolcanic ash blankets". *Climate Dynamics* 29: 553-564.
- Jones, P. D. y M. E. Mann. 2004. "Climate over past millennia". *Reviews of Geophysics* 42 (2), RG2002, doi:10.1029/2003RG000143.
- Juggins, S. and N. Cameron. 2000. "Diatoms and Archaeology". En *The Diatoms: Applications for the Earth and Environmental Sciences*, editado por E. F. Stoermer and J. P. Smol, pp. 389-401. Cambridge University Press.
- Keefer, D. K., M. E. Moseley y S. D. deFrance. 2003. "A 38000-year record of floods and debris flows in the Ilo region of southern Peru and its relation to El Niño events and great earthquakes". *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 194:41-77.
- Keefer, D. K., S. D. DeFrance, M. E. Moseley, J. B. Richardson III, D. R. Satterlee y A. Day-Lewis. 1998. "Early Maritime Economy and El Niño Events at Quebrada Tacahuay, Peru". *Science* 281: 1833-1835.
- Keigwin, L.D., 1996. "The little ice age and medieval warm period in the Sargasso Sea". *Science* 274 (5292): 1504–1508.
- Kenneth, D. J. and J. P. Kenneth. 2006. "Early State Formation in Southern Mesopotamia". *Journal of Island and Coastal Archaeology* 1: 67-99.
- Kessler, A. 1991. "Zur Klimaentwicklung auf dem Altiplano seit dem letzten Pluvial". En Endlicher W. Und Grossmann (ed.) *Freiburger Geographische Hefte. Beiträge zur regionalen und angewandten Klimatologie* 32: 141-148.
- Kim, H.-M., P. J. Webster y J. A. Curry, 2009. "Impact of Shifting Patterns of Pacific Ocean Warming on North Atlantic Tropical Cyclones". *Science* 325: 77-80.
- Kiracofe, J. B. y J. S. Marr. 2008. "Marching to Disaster: The Catastrophic Convergence of Inca Imperial Policy, Sand Flies, and El Niño in the 1524 Andean Epidemic". En *El Niño, Catastrophism, and Culture Change in Ancient America*, editado por D. H. Sandweiss and J. Quilter, pp. 145-164. Dumbarton Oaks Research Library and Collection. Harvard University Press.
- Kneller, M. y S. Fowell. 2009. "Palynology". *Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments*, editado por V. Gornitz, Pp: 766-768. Springer Verlag.



- Knudson, K. J., T. D. Price, J. E. Buikstra y D. E. Blom. 2004. "The Use of Strontium Isotope Analysis to Investigate Tiwanaku Migration and Mortuary Ritual in Bolivia and Peru". *Archaeometry* 46 (1): 5-18.
- Kohfeld, K. E. y I. Tegen. 2009. Dust Transport, Quaternary. *Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments*, editado por V. Gornitz, Pp: 286-290. Springer Verlag.
- Kolata, A. L., M. W. Binford, M. Brenner, J. Janusek y C. Ortloff. 2000. "Environmental thresholds and the empirical reality of state collapse: a reponse to Erickson (1999)". *Antiquity* 74: 424-426.
- Kondrashov, D., Y. Feliks y M. Ghil. 2005. "Oscillatory modes of extended Nile River records (A.D. 622–1922)". *Geophysical Research Letters* 32: L10702: 1–4.
- Kosok, P. 1965. *Land and Water in Ancient Peru*. Nueva York: Long Island University Press.
- Koutavas, A., J. Lynch-Stieglitz, T. M. Marchitto y J. P. Sachs. 2002. "El Niño-like pattern in ice age tropical Pacific sea surface temperature". *Science* 297: 226–230.
- Kozłowski, J.K., 1974. *Preceramic Cultures in the Caribbean*. Krakow: Prace Archeologiczne.
- Kucera, M., A. Rosell-Melé, R. Schneider, C. Waelbroek y M. Weinelt. 2005: "Multiproxy approach for the reconstruction of the glacial ocean surface (MARGO)". *Quaternary Science Review* 24: 813–819.
- Kuhry, P., H. Hooghiemstra, B. van Geel y van der Hammen, T. 1993. "The El Abra stadial in Eastern Cordillera of Colombia (South America)". *Quaternary Science Reviews* 12: 333-343.
- Kutzbach. J. E. y P. J. Guetter. 1986. "The influence of changing orbital parameters and surface boundary conditions on climate simulations for the past 18.000 years". *Journal of Atmospheric Science* 43: 1726-1759.
- Kvamme, K. L. 1990. "Spatial autocorrelation and the Classic Maya Collapse revisited: refined techniques and new conclusions". *Journal of Archaeological Science* 17: 197-207.
- Lachniet, M. S., S. J. Burns, D. R. Piperno, Y. Asmerom, V. J. Polyak, C. M. Moy y K. Christenson. 2004b. "A 1500-year El Niño/southern oscillation and rainfall history for the Isthmus of Panama from speleothem calcite". *Journal of Geophysical Research* 109: D20117. doi:10.1029/2004JD004694.
- Lachniet, M. S., Y. Asmerom, S. J. Burns, W. P. Patterson, V. Polyak y G. O. Seltzer. 2004a. "Tropical response to the 8200 yr B.P. cold event: speleothem isotopes indicate a weakened early Holocene monsoon in Costa Rica". *Geology* 32: 957–960.
- Lacis, A. A. 2009. "Albedo Feedbacks". *Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments*, editado por V. Gornitz, pp. 2-4. Springer Verlag.
- Lamb, H. H., 1965. "The early medieval warm epoch and its sequel". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 1 (13): 13–37.

- Landais, A., V. Masson-Delmotte, J. Jouzel, D. Raynaud, S. Johnsen, C. Huber, M. Leuenberger, Schwander y B. Minster. 2006. "The glacial inception as recorded in the NorthGRIP Greenland ice core: timing, structure and associated abrupt temperature changes". *Climate Dynamics* 26 (2-3): 273–284.
- Laskar, J., P. Robutel, F. Joutel, M. Gastineau, A. C. M. Correia y B. Levrard. 2004. "A long-term numerical solution for the insolation quantities of the Earth". *Astronomy and Astrophysics* 428: 261-285.
- Lathrap, D. 1970. *The Upper Amazon*. Nueva York: Praeger.
- Le Pennec, J.-L., D. Jaya, P. Samaniego, P. Ramón, S. Moreno Yáñez, J. Egred y J. van der Plicht. 2008. "The AD 1300–1700 eruptive periods at Tungurahua volcano, Ecuador, revealed by historical narratives, stratigraphy and radiocarbon dating". *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 176: 70–81.
- Ledru, M.-P. 1993. "Late Quaternary Environmental and Climatic Changes in Central Brazil". *Quaternary Research* 39: 90-98.
- Ledru, M.-P., M. L. Salgado-Labouriau y M. L. Lorscheitter. 1998. "Vegetation dynamics in southern and central Brazil during the last 10,000 yr B.P." *Review of Palaeobotany and Palynology* 99: 131-142.
- Leduc, G., L. Vidal, K. Tachikawa y E. Bard. WITCZ rather than ENSO signature for abrupt climate changes across the tropical Pacific? *Quaternary Research* 72: 123-131.
- Legrand, M. and Mayewski, P. A. 1997. "Glaciochemistry of Polar Ice Cores A Review". *Review of Geophysics* 35: 219-244.
- Leventer, A. 2009. "Diatoms". *Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments*, editado por V. Gornitz, Pp: 279-280. Springer Verlag.
- Lewis, W.M. Jr. y F. H. Weibezahn, 1981. "Chemistry of a 7.5-m sediment core from Lake Valencia, Venezuela". *Limnology and Oceanography* 26: 907–24.
- Leyden, B. 2002. "Pollen evidence for climatic variability and cultural disturbance in Maya lowlands". *Ancient Mesoamerica* 13: 85-101.
- Leyden, B. W. 1984. "Guatemalan forest synthesis after Pleistocene aridity". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Biological Sciences* 81(15): 4856–4859.
- Leyden, B. W. 1985. "Late Quaternary Aridity and Holocene Moisture Fluctuations in the Lake Valencia, Basin, Venezuela". *Ecology* 66 (4): 1279-1295.
- Leyden, B. W. 1987. "Man and Climate in the Maya Lowlands". *Quaternary Research* 28 (3): 407–417.
- Leyden, B. W. M. Brenner y B. H. Dahlin. 1998. "Cultural and Climatic History of Cobá". A Lowland Maya City in Quintana Roo Mexico. *Quaternary Research* 49: 111-122.
- Leyden, B. W., M. Brenner, D. A. Hodell and J. H. Curtis. 1993. "Orbital and Internal Forcing of Climate on the Yucatan Peninsula for the Past ca. 36 ka". En *Climate Change in Continental Isotopic Records*, editado por Peter K. Stewart, Kyger C. Lohmann, Judith A. McKenzie y S. Savin, pp. 135–152. *Geophysical Monograph* No. 78. Washington, D. C.: American Geophysical Union.

- Leyden, B. W., M. Brenner, D. A. Hodell and J. H. Curtis. 1994. "Orbital and Internal Forcing on climate of the Yucatan Peninsula for the past 36 ka". *Paleogeography, Paleoclimatology and Paleoecology* 109: 193-210.
- Leyden, B. W., M. Brenner, T. J. Whitmore, J. H. Curtis, D. R. Piperno y B. H. Dahlin 1996. "A record of long- and short-term climate variation from northwest Yucatan: Cenote San Jose Chulchaca". In *The Managed Mosaic: Ancient Maya Agriculture and Resource Use*. (S. L. Fedick, Ed.), pp. 30–50. Salt Lake City: University of Utah Press.
- Liu Z., J. Kutzbach y L. Wu. 2000. "Modelling Climate Shift of El Nino Variability in the Holocene2. *Geophysical Research Letters* 27: 2265-2268,
- Liu, K-B. y P. Colinvaux. 1988. "A 5200-year history of the Amazon rain forest". *Journal of Biogeography* 15: 231-248.
- Ljung, K., S. Björck, H. Renssen y D. Hammarlund. 2008. "South Atlantic island record reveals a South Atlantic response to the 8.2 kyr event". *Climate of the Past* 4: 35–45.
- Lorius, C., J. Jouzel, D. Raynaud, G. Weller, I. N. McCave, C. Moore. 1992. "The Ice Core Record: Past Archive of the Climate and Signpost to the Future [and Discussion]". *Philosophical Transactions: Biological Sciences* 338 (1285): 227-234.
- Lozano-García, M. S. y B. Ortega-Guerrero. 1994. "Palynological and magnetic susceptibility records of Lake Chalco, Central Mexico". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 109: 177-191.
- Lozano-García, M. S. y B. Ortega-Guerrero. 1998. "Late Quaternary environmental changes of the central part of the Basin of Mexico; correlation between Texcoco and Chalco basins". *Review of Palaeobotany and Palynology* 99: 77-93.
- Lozano-García, M. S., B. Ortega-Guerrero, M. Caballero-Miranda y J. Urrutia Fucugauchi. 1993. "Late Pleistocene and Holocene Paleoenvironments of Chalco Lake, Central Mexico". *Quaternary Research* 40: 332-342.
- Lozano-Garcia, M. y M. S. Xelhuantzi-López. 1997. "Some Problems in the Late Quaternary Pollen Records of Central Mexico: Basins of Mexico and Zacapu". *Quaternary International* 43/44: 117-123.
- Luzzadder-Beach, S. y T. Beach. 2008. "Water Chemistry Constraints and Possibilities for Ancient and Contemporary Maya Wetlands". *Journal of Ethnobiology* 28 (2): 211–230
- Maasch, K. A. 2008. "El Niño and Interannual Variability of Climate in the Western Hemisphere". En *El Niño, Catastrophism, and Culture Change in Ancient America*, pp: 33-55. Dumbarton Oaks Research Library and Collection. Harvard University Press.
- Mächtle B. 2007. "Geomorphologisch-bodenkundliche Untersuchungen zur Rekonstruktion der holozänen Umwelgeschichte in der nördlichen Atacama im Raum Palpa, Südperu". Dissertation. Heidelberger Geographische Arbeiten 123. Heidelberg.
- Mackay, A., R. Battarbee, J. Birks y F.E. Oldfield (eds.). 2003: *Global Change in the Holocene*. Londres, Hodder Arnold.

- Magilligan, F. J. y P. Goldstein. 2001. "El Niño floods and cultural change: A Late Holocene flood history for the Rios Moquegua, southern Peru". *Geology* 29 (5): 431-434.
- Magilligan, F. J., P. S. Goldstein, G. B. Fisher, B. C. Bostick y R. B. Manners. 2008. "Late Quaternary hydroclimatology of a hyper-arid Andean watershed: Climate change, floods, and hydrologic responses to the El Niño-Southern Oscillation in the Atacama Desert". *Geomorphology* 101: 14–32
- Makou, M. C., L. G. Thompson, D. B. Montluçon y T. Eglinton. 2009. High-sensitivity measurement of diverse vascular plant biomarkers in high-altitude ice cores". *Geophysical Research Letters* Vol. 36, L13501, doi:10.1029/2009GL037643.
- Mann, M. E., J. D. Woodruff, J. P. Donnelly y Z. Zhang. 2009. "Atlantic hurricanes and climate over the past 1,500 years". *Nature* 460: 880-883.
- Mann, M. E., R. S. Bradley y M. K. Hughes. 1999. "Northern Hemisphere temperatures during the past millennium: Inferences, uncertainties and limitations". *Geophysical Research Letters* 26: 759–762.
- Manzanilla, L. 1997. "The Impact of Climatic Change on Past Civilizations. A Revisionist Agenda for Further Investigation". *Quaternary International* 43/44: 153-159.
- Marchant, R, S. P. Harrison, H. Hooghiemstra, V. Markgraf, J. H. van Boxel, T. Ager, L. Almeida, R. Anderson, C. Baied, H. Behling, J. C. Berrio, R. Burbridge, S. Björck, R. Byrne, M. B. Bush, A. M. Cleef, J. F. Duivenvoorden, J. R. Flenley, P. De Oliveira, B. van Geel, K. J. Graf, W. D. Gosling, S. Harbele, T. van der Hammen, B. C. S. Hansen, S. P. Horn, G. A. Islebe, P. Kuhry, M.-P. Ledru, F. E. Mayle, B. W. Leyden, S. Lozano-García, A. B. M. Melief, P. Moreno, N. T. Moar, A. Prieto, G. B. van Reenen, M. L. Salgado-Labouriau, F. Schäbitz, E. J. Schreve-Brinkman y M. Wille. 2009. "Pollen-based biome reconstructions for Latin America at 0, 6000 and 18 000 radiocarbon years". *Climate of the Past Discussions* 5: 369–461.
- Marchant, R. and H. Hooghiemstra. 2004. "Rapid environmental change in African and South American tropics around 4000 years before present: a review". *Earth–Science Reviews* 66: 217–260.
- Marcus J. 1992. Dynamic cycles of Mesoamerican states: political fluctuations in Meso-America. *National Geographic Research Explorer* 8: 392-411.
- Markgraf, V. 1989. Palaeoclimates in Central and South America since 18,000 Bp Based on Pollen and Lake-Level Records. *Quaternary Science Reviews* 8: 1-24.
- Martin del Pozzo, A. L., C. Córdova y J. López. 1997. "Volcanic Impact on the Southern Basin of Mexico during the Holocene". *Quaternary International* 43/44: 181-190.
- Martin, L., M. Fournier, P. Mourgiart, A. Sifeddine y B. Turcq. 1993. "Southern Oscillation Signal in South American Paleoclimatic Data of the last 7000 years". *Quaternary Research* 39: 338-346.
- Martin, L., M. Fournier, P. Mourgiart, A. Sifeddine, B. Turcq, L.M. Absy y J-M. Flexor. 1993. "Southern Oscillation Signal in South America paleoclimatic data in the last 7000 years". *Quaternary Research* 39: 338-346.

- Martin, S. y N. Grube. 2000. *Chronicle of the Maya Kings and Queens*. Londres: Thames and Hudson.
- Mayewski, P. A. 2008. "Paleoclimate from Ice Cores. A Framework for Archaeological Interpretations". En *El Niño, Catastrophism, and Culture Change in Ancient America*, pp: 15-32. Dumbarton Oaks Research Library and Collection. Harvard University Press.
- Mayewski, P. A., L. D. Meeker, M. S. Twickler, S. Whitlow, S. Q. Yang, W. B. Lyons y M. Prentice. 1997. "Major Features and Forcing of High-Latitude Northern Hemisphere Atmospheric Circulation Using a 110,000-Year Long Glaciochemical Series". *Journal of Geophysical Research* 102: 26,345–26,366.
- Mayewski, P. A., L. D. Meeker, S. Whitlow, M. S. Twickler, M. C. Morrison, R. B. Alley, P. Bloomfield y K. C. Taylor. 1993. "The Atmosphere during the Younger Dryas". *Science* 261: 195-197.
- Mayle, F. E., R. Burbridge and T. Killeen. 2000. "Millennial-Scale Dynamics of Southern Amazonian Rain Forests". *Science* 290: 2291-2294.
- McCloskey, T. A. and G. Keller. 2009. "5000 year sedimentary record of hurricane strikes on the central coast of Belize". *Quaternary International* 195: 53–68.
- McGlone, A. P. Kershaw y V. Markgraf. 1992. "El Niño/Southern Oscillation climatic variability in Australasian and South American paleoenvironmental records". En *El Niño. Historical and Palaeoclimatic Aspects of the Southern Oscillation*, editado por H. F. Diaz and V. Markgraf, pp. 435-462. Cambridge: Cambridge University Press.
- McGregor, H. V. y M. K. Gagan. 2004. "Western Pacific coral  $\delta^{18}\text{O}$  records of anomalous Holocene variability in the El Niño-Southern Oscillation". *Geophysical Research Letters* 31 (11): doi:10.1029/2004GL019972.
- Meggers, B. J. 1979. "Climatic oscillation as a factor in the prehistory of Amazonia". *American Antiquity* 44 (2): 252-266.
- Meggers, B. J. 1994. "Archeological evidence for the impact of Mega-Niño events on Amazonia during the past two millennia". *Climatic Change* 28: 321–338.
- Mehring P. J. Jr., A. M. Sarna-Wojcickib, L. K. Wollwagec y P. Sheets. 2005. "Age and extent of the Ilopango TBJ Tephra inferred from a Holocene chronostratigraphic reference section, Lago De Yojoa, Honduras". *Quaternary Research* 63: 199-205.
- Meissner, K. J., A. Montenegro y C. Avis. 2009. "Palaeoceanography". *Encyclopedia of Paleoclimate and Ancient Environments*, editado por V. Gornitz, pp. 690-696. Springer Verlag.
- Merkel, U., M. Prange y M. Schulz. 2010. "ENSO variability and teleconnections during glacial climates". *Quaternary Science Reviews* 29: 86-100.
- Messenger, L. 1990. "Ancient Winds of Change: Climatic Settings and Prehistoric Social Complexity in Mesoamerica". *Ancient Mesoamerica* 1: 21–40.
- Messenger, L. C. 2002. "Los Mayas y El Niño. Paleoclimatic correlations, environmental dynamics, and cultural implications for the ancient Maya". *Ancient Mesoamerica* 13: 159–170.

- Metcalfe S. E., S. L. O'Hara, M. Caballero y S. J. Davies. 2000. "Records of Late Pleistocene-Holocene climatic change in Mexico-a review". *Quaternary Science Reviews* 19: 699-721.
- Metcalfe, S. E. 1985. "Late Quaternary Environments of Central Mexico: A Diatom Record". Tesis doctoral, Universidad de Oxford.
- Metcalfe, S. E. 1995. "Holocene environmental change in the Zacapu basin, Mexico. A Diatom-based record". *The Holocene* 5: 196-208.
- Metcalfe, S. E. 1997. "Palaeolimnological Records of Climate Change in México - Frustrating Past, Promising Future?" *Quaternary International* 43/44: 111-116.
- Metcalfe, S. E., F. A. Street-Perrott, R. A. Perrott y D. D. Harkness. 1991. "Palaeolimnology of the Upper Lerma Basin, Central Mexico: a record of climatic change and anthropogenic disturbance since 11600 yr BP". *Journal of Paleolimnology* 5: 197-218.
- Metcalfe, S. E., F. A. Street-Perrott, R. B. Brown, P. E. Hales, R. A. Perrott y F. M. Steininger. 1989. "Late Holocene human impact on lake basins in central Mexico". *Geoarchaeology* 4 119-141.
- Mix, A. C., A. E. Morey, N. G. Pisias y S. W. Hostetler, 1999. "Foraminiferal faunal estimates of paleotemperature: Circumventing the no-analog problem yields cool ice age tropics". *Paleoceanography* 14: 350-359.
- Monzier, M., C. Robin, P. Samaniego, P. Mothes, B. Beate, M. Hall y J. van der Plicht. 2006. "New insights on Holocene activity at Guagua Pichincha Volcano (Ecuador) by C-14 data. Implications for hazards in the metropolitan area of Quito. Abstracts". COV4-IAVCEI Mtg., Quito, p. 67.
- Moore, J. D. 1991. "Cultural Responses to Environmental Catastrophes: Post-El Niño Subsistence on the Prehistoric North Coast of Peru". *Latin American Antiquity* 2: 27-43.
- Moseley, M. E. 1975. *The Maritime Foundations of Andean Civilization*. California: Cummings Menlo Park.
- Moseley, M. E. 1992. "Maritime Foundations and Multilinear Evolution: Retrospect and Prospect". *Andean Past* 3: 5-42.
- Moseley, M. E. and D. K. Keefer. 2008. Deadly Deluges in the Southern Desert. Modern and Ancient El Niños in the Osmore Region of Peru. En *El Niño, Catastrophism, and Culture Change in Ancient America*, editado por D. H. Sandweiss and J. Quilter, pp. 129-144. *Dumbarton Oaks Research Library and Collection*. Harvard University Press.
- Moseley, M. E. 1987. "Punctuated equilibrium: Searching the ancient record for El Niño". *The Quarterly Review of Archaeology* 8: 7-10.
- Mourguiart, Ph. y M. Roux. 1990. "Une approche nouvelle du problème posé par les reconstructions des paléoniveaux lacustres. Utilisation de une fonction de transfert basé sur les faunes d'ostracodes". *Géodynamique* 5 (2): 57-71.
- Moy, C. M., G. O. Seltzer, D. T. Rodbell y D. M. Anderson. 2002. "Variability of El Niño/ Southern oscillation activity at millennial timescales during the Holocene epoch". *Nature* 420: 162- 165.

- Mueller, A. D., G. A. Islebe, M. B. Hillesheim, D. A. Grzesik, F. S. Anselmetti, D. Ariztegui, M. Brenner, J. H. Curtis, D. A. Hodell, and K. A. Venz. 2009. "Climate drying and associated forest decline in the lowlands of northern Guatemala during the late Holocene". *Quaternary Research* 71: 133-141.
- Nelson, C. O. 1989. "California El Niños and related shifts in the California Current system from recent and fossil radiolarian records". *The Geological Society of America Abstracts with Programs* 11 p. A228.
- Newton, A. J. y Metcalfe, S. E., 1999. "Tephrochronology of the Toluca Basin, Central Mexico". *Quaternary Science Review* 18: 1039–1059.
- Nials, F. L., Deeds, E., Moseley, M. E., Pozorski, S. G., Pozorski, T. G. y Feldman, R. 1979. "El Nino: The catastrophic flooding of coastal Peru. (Part I)". *Bulletin Field Museum of Natural History* 50 (7): 4-14.
- Nigh, R. 2008. "Trees, Fire and Farmers: Making Woods and Soils in The Maya Forest". *Journal of Ethnobiology* 28 (2): 231–243.
- Ninglian, W., Y. Tandong, L. G. Thompson, K. A. Henderson and M. E. Davis. 2002. "Evidence for cold events in the early Holocene from the Guliya ice core, Tibetan Plateau, China". *Chinese Science Bulletin* 47 (17): 1422-1427.
- Noller, J.S., 1993. "Late Cenozoic Stratigraphy and Soil Geomorphology of the Peruvian Desert, 3°-18°S: A Long-Term Record of Hyperaridity and El Niño". Tesis doctoral, Universidad de Colorado, Boulder.
- Northrop, L. A. y S. P. Horn. 1996. "PreColumbian agriculture and forest disturbance in Costa Rica: palaeoecological evidence from two lowland rainforest lakes". *The Holocene* 6 (3): 289-299.
- Núñez, L., M. Grossjean y I. Cartajena. 2002. "Human Occupation and Climate Change in the Puna de Atacama, Chile". *Science* 298: 821-824.
- Nyberg, J., A. Kuijpers, B. A. Malmgren y Helmar Kunzendorf. 2001. "Late Holocene Changes in Precipitation and Hydrography Recorded in Marine Sediments from the Northeastern Caribbean Sea". *Quaternary Research* 56: 87–102.
- O'Hara, S. L., F. A. Street-Perrot y T. P. Burt. 1993. "Accelerated soil erosion around a Mexican Highland Lake caused by prehispanic agriculture". *Nature* 362: 48-61.
- Oberhänsli, H., P. Hemze, L. Diester-Hass y G. Wefer. 1990. "Upwelling off Peru during the last 430,000 yr and its relationship to the bottom-water environment, as deduced from coarse grain-size distributions and analyses of benthic foraminifers at holes 679D, 680B, Leg 112". En *The Proceedings of the Ocean Drilling Program Science Research*, editado por R. Suess von Huene et al, 112: 369-383.
- Olsson, I. U. 1979. "Radiocarbon dating of material from different reservoirs". En H. E. Suess y R. Berger (editores) *Radiocarbon Dating. Proceedings of the Ninth International Conference*, Los Angeles y La Jolla 1976, pp: 613-618. Berkeley: University of California Press.
- Orlove, B. J. Chiang y M. Cane. 2000. "Forecasting Andean rainfall and crop yield from the influence of El Niño on Pleiades visibility". *Nature* 403: 68-71.



- Orlove, B. J. Chiang y M. Cane. 2002. "Ethnoclimatology in the Andes". *American Scientist* 90 (5): 428-435.
- Ortega-Guerrero, B. y J. Urrutia-Fucugauchi. 1997. "A Palaeomagnetic Secular Variation Record from Late Pleistocene-Holocene Lacustrine Sediments from Chalco Lake, Basin of Mexico". *Quaternary International* 43/44: 87-96.
- Ortlieb, L. y Macharé, J. 1993. "Former El Niño events: Records from western South America". *Global and Planetary Change* 7: 181-202.
- Ortloff, C. R. y A. L. Kolata. "Climate and Collapse: Agro-Ecological Perspectives on the Decline of the Tiwanaku State". *Journal of Archaeological Science* 20: 195-221.
- Ortloff, C. R., M. E. Moseley y R. A. Feldman. 1982. "Hydraulic Engineering Aspects of the Chimu Chicama-Moche Intervalley Canal". *American Antiquity* 47 (3): 572-595.
- Ortloff, C.R., M. E. Moseley y R. A. Feldman, R.A. 1983. "The Chicama-Moche Intervalley Canal: Social Explanations and Physical Paradigms". *American Antiquity* 48 (2): 375-389.
- Ortloff, C. R., R. A. Feldman y M. E. Moseley. (1985). "Hydraulic engineering and historical aspects of the pre-Columbian intervalley canal systems of the Moche Valley, Peru." *Journal of Field Archaeology* 12: 77-98.
- Overpeck, J. T., L. C. Peterson, N. Kipp, J. Imbrie y D. Rind. 1989. "Climate change in the circum-North Atlantic region during the last deglaciation". *Nature* 338: 553-57.
- Oxburgh, R., A-C. Pierson-Wickmann, L. Reisberg y S. Hemming. 2007. "Climate correlated variations in seawater 187 OS/188 OS over the past 200,000 yr: Evidence from the Cariaco Basin, Venezuela". *Earth and Planetary Science Letters* 263: 246-258.
- Paduano, G. M., M. B. Bush, P. A. Baker, S. C. Fritz y G. O. Seltzer. 2003. "A vegetation and fire history of Lake Titicaca since the Last Glacial Maximum". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 194: 259-279.
- Peros, M. C., E. G. Reinhardt, A. M. Davis. 2007. "A 6000 year-record of ecological and hydrological changes from Laguna de la Leche, North Coastal Cuba". *Quaternary Research* 67: 69-82.
- Pessenda, L. C. R., B. M. Gomes, R. Aravena, A. S. Ribeiro, R. Boulet y S. E. M. Gouveia. 1999. "The carbon isotope record in soils along a forest-cerrado ecosystem transect: implications for vegetation changes in the Rondonia state, southwestern Brazilian Amazon region". *The Holocene* 8: 599-603.
- Peteet, D. M. 2009. "Younger Dryas". *Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments*, editado por V. Gornitz, Pp: 994-996. Springer Verlag.
- Peterson, L. C., G. H. Haug, K. A. Hughen y U. Röhl. 2000a. "Rapid changes in the hydrologic cycle of the tropical Atlantic during the last Glacial". *Science* 290: 1947-1951.
- Peterson, L. C., G. H. Haug, R. W. Murray, K. M. Yarincik, J. W. King, T. J. Bralower, K. Kameo, S. D. Rutherford y P. B. Pearce. 2000b. "Late Quaternary Stratigraphy and Sedimentation at Site 1002, Cariaco Basin, Venezuela". En



- Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, editado por R. M. Leckie, H. Sigurdsson, G. D. Acton y G. Draper, Vol. 165: 85-99.
- Peterson, L. C., J. T. Overpeck, N. G. Kipp y J. Imbrie. 1991. "A High Resolution Late Quaternary Upwelling Record from the Anoxic Cariaco Basin, Venezuela". *Paleoceanography* 6 (1): 99-119.
- Pezet, F. A. 1896. "The counter-current "El Niño" on the coast of northern Peru". *Report of the 6<sup>th</sup> International Geography Congress* 7: 603-606.
- Philander, S.G.H., 1990. *El Niño, La Niña, and the Southern Oscillation*. Nueva York: Academic Press.
- Piperno, D. 2006. "Quaternary Environmental History and Agricultural Impact on Vegetation in Central America". *Annals of the Missouri Botanical Garden* 93: 274-296.
- Piperno, D. R. y J. G. Jones. 2003. "Paleoecological and archaeological implications of a Late Pleistocene/ Early Holocene record of vegetation and climate from the Pacific coastal plain of Panama". *Quaternary Research* 59: 79–87.
- Piperno, D. R., M. B. Bush, M.B. y P. A. Colinvaux. 1990. "Paleoenvironments and human settlements in late-glacial Panama". *Quaternary Research* 33: 108–16.
- Placzek, C., J. Quade y J. L. Betancourt. 2001. "Holocene Lake-Level Fluctuations of Lake Aricota, Southern Peru". *Quaternary Research* 56: 181-190.
- Pohl, M. D., K. O. Pope, J. G. Jones, J. S. Jacob, D. R. Piperno, S. D. deFrance, D. L. Lentz, J. A. Gifford, M. E. Danforth y J. K. Josserand. 1996. "Early Agriculture in the Maya Lowlands". *Latin American Antiquity* 7:355–372.
- Pope K. O., M. E. D. Pohl, J. G. Jones, D. L. Lentz, C. von Nagy, F. J. Vega y I. R. Quitmyer. 2001. "Origin and Environmental Setting of Ancient Agriculture in the Lowlands of Mesoamerica". *Science* 292: 1370-1373.
- Pozorski, T. 1987. "Changing priorities within the Chimú state: The role of irrigation agriculture". En Haas, J., Pozorski, S., Pozorski, T. (Eds.). *The Origins and Development of the Andean State* pp. 111-120. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pozorski, T. y S. Pozorski. 1982. "Reassessing the Chicama-Moche Intervalley Canal: Comments on Hydraulic Engineering Aspects of the Chimú Chicama-Moche Intervalley Canal". *American Antiquity* 47 (4): 851-868.
- Prentice, I. C., J. Guiot, B. Huntley, D. Jolly y R. Cheddadi. 1996. "Reconstructing biomes from palaeoecological data: a general method and its application to European pollen data at 0 and 6 ka". *Climate Dynamics* 12: 185–194.
- Price, T. D., J. H. Burton y R. A. Bentley. 2002. "The Characterisation of Biologically Available Strontium Isotope Ratios for the Study of Prehistoric Migration". *Archaeometry* 44 (1): 117-135.
- Pujos, F., De Uliis, C. Argot y L. Werdeling. 2007. "A peculiar climbing Megalonychiidae of Peru and its implications for sloth history". *Zoological Journal of the Linnean Society* 149: 179-235.

- Puleston, D. 1979. "An Epistemological Pathology and the Collapse, or Why the Maya Kept the Short Count". En *Maya Archaeology and Ethnohistory*, editado por N. Hammond and G. R. Willey, pp. 63–71. Austin: University of Texas Press.
- Quinn, W. H. 1971. "Late Quaternary meteorological and oceanographic developments in the equatorial Pacific". *Nature* 229: 330–332.
- Quinn, W. H. y V. T. Neal. 1992. "The historical record of the El Niño events". En *Climate since A.D. 1500*, editado por R. S. Bradley and P. D. Jones, pp. 623-648. Londres: Routledge.
- Quinn, W. H., V. Neal y S. Antunez de Mayolo. 1987. "El Niño Occurrences over the Past Four and a Half Centuries". *Journal of Geophysical Research* 92 (C13): 14449-14461.
- Ralph, E. K. 1965. "Review of Radiocarbon Dates from Tikal and the Maya Calendar Coorelation Problem". *American Antiquity* 30 (4): 421-427.
- Ramirez, E. G. Hoffmann, J. D. Taupin, B. Francou, P. Ribstein, N. Caillon, F. A. Ferron, A. Landais, J. R., Petit, B. Pouyaud, U. Schotterer, J. C. Simoes y M. Stievenard. 2003. "A new Andean deep ice core from Nevado Illimani (6350 m), Bolivia". *Earth and Planetary Science Letters* 212: 337-350.
- Rampino, M. R. y S. Self. 1992. "Volcanic winter and accelerated glaciation following the Toba super-eruption". *Nature* 359:50–52.
- Rea, D. K., L. W. Chambers, J. M. Chuey, T. R. Jenecek, M. Lemen y N. G. Pisias. 1986. "A 420,000-year record of cyclicity in oceanic and atmospheric processes from the eastern equatorial". *Paleoceanography* 1: 577-586.
- Rein, B., A. Lückge, L. Reinhardt, F. Sirocko, A. Wolf y W.-C. Dullo. 2005. "El Niño variability off Peru during the last 20,000 years". *Paleoceanography* 20, PA4003, doi:10.1029/2004PA001099.
- Reindel, M. 2009. "Life at the Edge of the Desert – Archaeological Reconstruction of the Settlement History in the Valleys of Palpa, Peru". En *New Technologies for Archaeology. Multidisciplinary Investigations in Palpa and Nasca*, Peru, pp. 439-461. Springer Verlag. Berlin-Heidelberg.
- Reindel, M. y G. Wagner. 2009 (editores). *New Technologies for Archaeology. Multidisciplinary Investigations in Palpa and Nasca*, Peru. Springer Verlag. Berlin-Heidelberg.
- Reycraft, Richard M. 2000. "Long-Term Human Response to El Niño in South Coastal Peru". En *Environmental Disaster and the Archaeology of Human Response*, editado por G. Bawden y R. M. Reycraft, pp. 99-120. Anthropological Papers 7. University of New Mexico, Maxwell. Albuquerque, Museum of Anthropology.
- Richardson, J. B. 1983. "The Chira beach ridges, sea-level changes and the origins of the marine economics in the Peruvian coast". *Annals of Carnegie Museum* 52: 256-275.
- Richardson, J. B. y D. H. Sandweiss. 2008. "Climate Change, El Niño y the Rise of Complex Society on the Peruvian Coast during the Middle Holocene". En *El Niño, Catastrophism, and Culture Change in Ancient America*, pp: 59-75. Dumbarton Oaks Research Library and Collection. Harvard University Press.

- Riedinger M. A., M. Steinitz-Kannan, W. M. Last y M. Brenner. 2002. "A ~6100 14C yr record of El Niño activity from the Galápagos Islands". *Journal of Paleolimnology* 27: 1-7.
- Rigsby, C. A., E. M. Hemric y P. A. Baker. 2009. "Late Quaternary Paleohydrology of the Madre de Dios River, southwestern Amazon Basin, Peru". *Geomorphology* 113: 158–172
- Rigsby, C. A., P. A. Baker y M. S. Aldenderfer. 2003. "Fluvial history of the Rio Ilave valley, Peru, and its relationship to climate and human history". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 194: 165-185
- Rind, D. 2009. "Atmospheric Circulation During the Last Glacial Maximum". *Encyclopedia of Paleoclimate and Ancient Environments*, editado por V. Gornitz, pp. 57-61. Springer Verlag.
- Rind, D. y J. T. Overpeck. 1993. "Hypothesized Causes of Decade-to-Century Climate Variability: Climate Model Results". *Quaternary Science Reviews* 12: 357–374.
- Risacher, F. 1992. "Géochimie des lacs salés et croutes des celles des Altiplano bolivien". *Bulletin des Sciences Géologiques* 45 (3-4)
- Robichaux, H. R. 2002. "On the Compatibility of Epigraphic, Geographic, and Archaeological Data, with a Drought-Based Explanation for the Classic Maya Collapse". *Ancient Mesoamerica* 13: 341-345.
- Robin, C. 1984. "Le Volcan Popocatepetl (Mexique) Structure, Evolution Pétrologique et Risques". *Bulletin of Volcanology* 47 (1): 1-23.
- Robin, C., P. Samaniego, J.-L. Le Pennec, P. Mothes y Johannes van der Plicht. 2008. "Late Holocene phases of dome growth and Plinian activity at Guagua Pichincha volcano (Ecuador)". *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 176: 7–15.
- Roche, M. A., J. C. Bourges y R. Mattos. 1992. "Climatology and hydrology of the Lake Titicaca basin". En *Lake Titicaca: A Synthesis of Limnological Knowledge*, editado por C. Dejoux and A. Iltis, pp. 63–83. Boston: Kluwer Academic.
- Rodbell D. T., S. Bagnato, J. C. Nebolini, G. O. Seltzer y M. B. Abbott. 2002. "A Late Glacial–Holocene tephrochronology for glacial lakes in southern Ecuador". *Quaternary Research* 57: 343–354.
- Rodbell, D. T., G. O. Seltzer, D. M. Anderson, M. B. Abbott, D. B. Enfield y J. H. Newman. 1999. "An 15,000-year record of El Niño-driven alluviation in southwestern Ecuador". *Science* 283: 516– 520.
- Rodbell, D.T. (1992). "Lichenometric and radiocarbon dating of Holocene glaciation, Cordillera Blanca, Peru". *The Holocene* 2: 19–29.
- Rollins, H. B., J. B., Richardson III y D. H. Sandweiss. 1986. "The Birth of El Niño: Geoarchaeological Evidence and Implications". *Geoarchaeology* 1: 3-15
- Roosevelt, A. C. 1991. *Moundbuilders of the Amazon: Geophysical Archaeology on Marajó Island, Brazil*. San Diego: Academic Press.
- Roscoe, P. 2008. "Catastrophe and the Emergence of Political Complexity: A Social Anthropological Model". En *El Niño, Catastrophism, and Culture Change*

- in Ancient America*, editado por D. H. Sandweiss and J. Quilter, pp. 77-100. Dumbarton Oaks Research Library and Collection. Harvard University Press.
- Rose, W. I., F. M. Conway, C. R. Pullinger, A. Deino y W. C. McIntosh. 1999. "An improved age framework for late Quaternary silicic eruptions in northern Central America". *Bulletin of Volcanology* 61: 106-120.
- Rose, W. I., T. J. Bornhorst, S. P. Halsor, W.A. Capaul, P.S. Plumley, S. De la Cruz-Reyna, M. Mena y R. Mota. 1984. "Volcán El Chichón, Mexico: pre-1982 S-rich eruptive activity". *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 23: 147-167.
- Rose, W. y C. Chesner. 1990. "Worldwide dispersal of ash and gases from Earth's largest known eruption: Toba, Sumatra, 75 ka". *Global and Planetary Change* 89: 269-275.
- Rosenmeier, M. F., D. A. Hodell, M. Brenner, J. Curtis y T. P. Guilderson. 2002a. "A 4000-Year Lacustrine Record of Environmental Change in the Southern Maya Lowlands, Petén, Guatemala". *Quaternary Research* 57: 183-190.
- Rosenmeier, M. F., D. A. Hodell, M. Brenner, J. H. Curtis, J. B. Martin, F. S. Anselmetti, D. Ariztegui y T. P. Guilderson. 2002b. "Influence of vegetation change on watershed hydrology: implications for paleoclimatic interpretation of lacustrine  $\delta^{18}O$  records". *Journal of Paleolimnology* 27: 117-131.
- Rozanski, K. y R. Gonfiantini. 1990. "Isotopes in climatological studies. Environmental isotopes are helping us understand the world's climate". *IAEA Bulletin* 4/90: 9-15.
- Rudnev, V. 1997. "Ethno-Meteorology: A Modern View about Folk Signs". En *Antropología del clima en el mundo hispanoamericano*. Tomo I, editado por M. Golkoubinoff, E. Katz y A. Lammel, pp. 27-33. Quito: Biblioteca Abya-Yala.
- Rue, D. 1987. "Early agriculture and early Postclassic Maya occupation in western Honduras". *Nature* 326: 285-286.
- Rue, D. D. Webster y A. Traverse. 2002. "Late Holocene Fire and Agriculture in the Copan Valley, Honduras". *Ancient Mesoamerica* 13: 267-272.
- Rue, D., D. Webster y A. Traverse. 2002. "Late Holocene Fire and Agriculture in the Copan Valley, Honduras". *Ancient Mesoamerica* 13: 267-272.
- Russell, J. M., S. J. McCoy, D. Verschuren, I. Bessems y Y. Huang. 2009. "Human impacts, climate change, and aquatic ecosystem response during the past 2000 yr at Lake Wandakara, Uganda". *Quaternary Research* 72: 315-324.
- Rust, W. F. y B. W. Leyden. 1994. "Evidence of Maize Use at Early and Middle Preclassic La Venta Olmec sites". En *Corn and Culture in the Prehistoric New World*, editado por S. Johannessen and C.A. Hastorf, pp. 181-201. Boulder: Westview Press.
- Sabloff, J. A. and G. R. Willey. 1967. "The collapse of Maya Civilization in the southern Lowlands: a consideration of history and processes". *Southwestern Journal of Anthropology* 23: 311-326.
- Salgado-Labouriau, M. L., M. Barberi, K. R. Ferraz-Vicentini y M. G. Parizzi. 1998. "A dry climatic event during the late Quaternary of tropical Brazil". *Review of Palaeobotany and Palynology* 99: 115-129.

- Salgado-Labouriau, M. L., V. Casseti, K. R. Ferraz-Vicentini, L. Martin, F. Soubiès, K. Suguio y B. Turcq. 1997. "Late Quaternary vegetational and climatic changes in cerrado and palm swamp from Central Brazil". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 128: 215-226.
- Samaniego, P., M. Monzier, C. Robin y M. L. Hall. 1998. "Late Holocene eruptive activity at Nevado Cayambe volcano. Ecuador". *Bulletin of Volcanology* 59: 451–459.
- Sanchez, W. A. y J. E. Kutzback. 1974. "Climate of the American Tropics and Subtropics in the 1960s and Possible Comparisons with Climatic Variations of the Last Millennium". *Quaternary Research* 4: 128-135.
- Sanders W. T. 1962. "Cultural ecology of the Maya Lowlands, part I". *Estudios de Cultura Maya* 2: 79–121.
- Sanders W. T. 1963. "Cultural ecology of the Maya Lowlands, part II". *Estudios de Cultura Maya* 3: 203–41.
- Sandweiss, D. H. 2003. "Terminal Pleistocene through Mid-Holocene archaeological sites as paleoclimatic archives for the Peruvian coast". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 194: 23-40.
- Sandweiss, D. H. and J. Quilter. 2008 (editores). *El Niño, Catastrophism, and Culture Change in Ancient America*. Dumbarton Oaks Research Library and Collection. Harvard University Press.
- Sandweiss, D. H., J. B. Richardson, E. J. Reitz, H. B. Rollins y K. A. Maasch. 1996. "Geoarchaeological evidence from Peru for a 5000 years B. P. onset of El Niño". *Science* 273: 1531–1533.
- Sandweiss, D. H., K. A. Maasch, D. F. Belknap, J. B. Richardson III y H. B. Rollins. 1998. "Discussion of 'The Santa Beach Ridge Complex,' by Lisa E. Wells". *Journal of Coastal Research* 12 (1): 1-17 (1996) .*Journal of Coastal Research* 14: 367-373.
- Sandweiss, D. H., K. A. Maasch y D. G. Anderson. 1999. "Transitions in the Mid Holocene". *Science* 283: 499-500.
- Sandweiss, D. H., K. A. Maasch, R. L. Burger, J. B. Richardson III, H. B. Rollins y A. Clement. 2001. "Variation in Holocene El Niño frequencies: Climate records and cultural consequences in ancient Peru". *Geology* 29: 603–606.
- Sandweiss, D. H., R. Shady Solís, M. E. Moseley, D. K. Keefer y C. R. Ortloff. 2009. "Environmental change and economic development in coastal Peru between 5,800 and 3,600 years ago". *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (5): 1359-1363.
- Santley, R. S., T. W. Killion y M. T. Lycett. 1986. "On the Maya Collapse". *Journal of Anthropological Research* 42 (2): 123-159
- Saros, J. 2009. "Integrating neo- and paleolimnological approaches to refine interpretations of environmental change". *Paleolimnology* 41: 243-252,
- Satterthwaite, L. 1956. "Radiocarbon Dates and the Maya Coorelation Problem". *American Antiquity* 21 (4): 416-419.

- Scheffers, A., S. Scheffers y D. Kelletat. 2005. "Paleo-Tsunami Relics on the Southern and Central Antillean Island Arc". *Journal of Coastal Research* 21 (2): 263-273.
- Scheffers, S. R., J. Haviser, T. Browne y A. Scheffers. 2009. "Tsunamis, hurricanes, the demise of coral reefs and shifts in prehistoric human populations in the Caribbean". *Quaternary International* 195: 69–87.
- Schoeninger, M. J. 1995. "Stable Isotope Studies in Human Evolution". *Evolutionary Anthropology* 4: 83–99.
- Schrag, D. P. and B. K. Linsley. 2002. "Corals, Chemistry, and Climate". *Science* 296: 277-278.
- Schubert, C. 1988. "Climatic changes during the last glacial maximum in northern South America and the Caribbean: a review". *Interciencia* 13 (3): 128-137.
- Schwalb, A., S. J. Burns y K. Kelts. 1999. "Holocene environments from stable isotope stratigraphy of ostracods and authigenic carbonate in Chilean Altiplano Lakes". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 148: 153–168
- Sears, P. B. 1951. "Pollen profiles and cultural horizons in the Basin of Mexico". En *29<sup>th</sup> International Congress of Americanistas, Vol. 1*. University of Chicago Press, Chicago, pp. 57-61.
- Seltzer, G. 1992. "Late Quaternary glaciation of the Cordillera Real, Bolivia". *Journal of Quaternary Science* 7: 87–98.
- Seltzer, G. O. 1990. "Recent glacial history and paleoclimate of the Peruvian Bolivian Andes". *Quaternary Science Reviews* 9: 137-152.
- Seltzer, G. O. 1991. "Glacial history and climate change in the Peruvian-Bolivian Andes". Tesis doctoral, Universidad de Minnesota.
- Seltzer, G. O. y C. A. Harstorf. 1990. "Climatic Change and Its Effects of Prehispanic Agriculture in the Central Peruvian Andes". *Journal of Field Archaeology* 17 (4): 397-414.
- Seltzer, G. O., D. T. Rodbell, P. A. Baker, S. C. Fritz, P. M. Tapia, H. D. Rowe y R. B. Dunbar. 2002. "Early Warming of Tropical South America at the Last Glacial-Interglacial Transition". *Science* 296 (5573): 1685-1686.
- Servant, M. y J. Ch. Fontes. 1984. "Les Basses Terraces Fluviales du Quaternaire Récent des Andes Boliviennes. Datations par le C14. Interpretation paléoclimatique". *Cahiers ORSTOM, série géologie*, vol. 14 (1) : 15-28.
- Servant, M., M. Fournier, F. Soubiès, K. Suguio y B. Turcq. 1989. "Sécheresse holocène au Brésil (18-20° latitude Sud). Implications paléométéorologiques". *Comptes Rendues Academie des Sciences de Paris* t. 309, Série II : 153-156.
- Sharer, R. J. 1994. *The Ancient Maya*. Stanford: Stanford University Press.
- Shaw, J. M. 2003. "Climate Change and Deforestation. Implication for the Maya Collapse". *Ancient Mesoamerica* 14: 157-167.
- Shimada, I., C. Barker Schaaf, L. G. Thompson y E. Mosley-Thompson. 1991. "Cultural Impacts of Severe Droughts in the Prehistoric Andes: Application of a 1,500-Year Ice Core Precipitation Record". *World Archaeology* 22 (3): 247-270.

- Shulmeister, J. y B.G. Lees. 1995. "Pollen evidence from tropical Australia for the onset of an ENSO-dominated climate at c. 4000 BP". *The Holocene* 5: 10–18.
- Siebe, C. 2000. "Age and archaeological implications of Xitle volcano, southwestern Basin of Mexico-City". *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 104: 45-64.
- Siebe, C., M. Abrams, J. L. Masías and J. Obenholzner. 1996. "Repeated volcanic disasters in Prehispanic time at Popocatepetl, central Mexico: Past key to the future?" *Geology* 24 (5): 399–402.
- Skilbeck, C. G., I. Goodwin, M. Gagan, M. Watson y I. W. Aiello. 2004. "High resolution palaeo-El Niño records from Peru continental margin". *Paper presented at 32<sup>nd</sup> International Geological Congress, Int. Union of Geol. Sci., Florence, Italy, 20–27 Aug.*
- Sluyter, A. 1996. "Regional, Holocene records of the human dimension of global change: sea-level and land-use change in prehistoric Mexico". *Global and Planetary Change* 14: 127-146.
- Smith, J. A., G. O. Seltzer, D. L. Farber, D. T. Rodbell y R. C. Finkel. 2008. "Early Local Last Glacial Maximum in the Tropical Andes". *Science* 308: 678-681.
- Spinden, H. 1928. *The Ancient Civilizations of Mexico and Central America*. American Museum of Natural History Handbook Series No. 3. Nueva York: American Museum of Natural History.
- Stager, J. C. y P. A. Mayewski. 1997. "Abrupt early to mid-Holocene climatic transition registered at the equator and poles". *Science* 276: 1834-1836.
- Stahl, P. W. 1996. "Holocene Biodiversity: An Archaeological Perspective from the Americas". *Annual Review of Anthropology* 25: 105-126.
- Stahle, D. W., R. D. D'Arrigo, P. J. Krusic, M. K. Cleaveland, E. R. Cook, R. J. Allan, J. E. Cole, R. B. Dunbar, M. D. Therrell, D. A. Gay, M. D. Moore, M. A. Stokes, B. T. Burns, J. Villanueva-Díaz y L. G. Thompson. 1998. "Experimental dendroclimatic reconstruction of the Southern Oscillation". *Bulletin of the American Meteorological Society* 79 (10): 2137–2152.
- Stanish, C. 2001. "The Origin of State Societies in South America". *Annual Review of Anthropology* 30: 41-64.
- Stauffer, B. 2009. "Carbon Dioxide and Methane. Quaternary Variations". *Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments*, editado por V. Gornitz, Pp: 118-123. Springer Verlag.
- Steinitz-Kannan, M., M. A. Nienaber, M. A. Riedinger y R. Kannan. 1993. "The fossil diatoms of Lake Yambo, Ecuador. A possible Record of El Niño events". *Bulletin de l' Institut Français d'Études Andines* 22 (1): 227-241.
- Steinitz-Kannan, M., Riedinger, M.A., Last, W., Brenner, M. y Miller, M. C. 1997. "Un registro de 6000 años de manifiestos del fenómeno de El Niño en sedimentos de lagunas de las islas Galapagos". En E. Cadier and R. Galarrage (Eds.). *Seminario Internacional Consecuencias Climáticas e Hidrológicas del Evento El Niño a Escala Regional y Local*, pp. 79–88. Memorias Técnicas, Edición Preliminar, ORSTOM/INAMHI.

- Stevens, R. L. 1964. "The soils of Middle America and their relation to Indian peoples and cultures". En *Natural Environment and Early Cultures, Handbook of Middle American Indians, vol. 1*. Editado por R. C. West. University of Texas Press, Austin.
- Stichler, W., U. Schotterer, K. Froehlich, P. Ginot, C. Kull, H. W. Gaeggeler y B. Pouyaud. 2001. "The influence of sublimation on stable isotope records recovered from high altitude glaciers in the tropical Andes". *Journal of Geophysical Research* 106 D19, 22,613– 22,620.
- Stothers, R. B. 1999. "Volcanic Dry Fogs, Climate Cooling y Plague Pandemics in Europe, and the Middle East". *Climate Change* 42: 713-723.
- Stothers, R. B. 2009. "Volcanic Eruptions and Climate Change". *Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments*, editado por V. Gornitz, Pp: 976-979. Springer Verlag.
- Stott, L., A. Timmermann y R. Thunell. 2007. "Southern Hemisphere and Deep-Sea Warming Led Deglacial Atmospheric CO<sub>2</sub> Rise and Tropical Warming". *Science* 318: 435-438.
- Street-Perrott, F. A. y R. A. Perrott. 1990. "Abrupt climate fluctuations in the tropics: the influence of Atlantic Ocean Circulation". *Nature* 343: 607-612.
- Street-Perrott, F. A., P. E. Hales, R. A. Perrott, J. Ch. Fontes, V. R. Switsur y A. Pearson. 1993. "Late Quaternary palaeolimnology of a tropical marl lake: Wallywash Great Pond, Jamaica". *Journal of Paleolimnology* 9: 3–22.
- Stuiver, M. y T. F. Braizunas. 1993. "Sun, ocean, climate and atmospheric 14CO<sub>2</sub>: an evaluation of causal and espectral relationships". *The Holocene* 3 (4): 289-305.
- Sylvestre, F., M. Servant, S. Servant-Vildary, C. Causse, M. Fournier y J.-P. Ybert. 1999. "Lake-level chronology on the southern Bolivian Altiplano (18–23°S) during late glacial time and the early Holocene". *Quaternary Research* 51: 54–66.
- White C. D. y H. P. Schwarcz. 1989. "Ancient Maya diet: As inferred from isotopic and elemental analysis of human bone". *Journal of Archaeological Science* 16: 451-474.



## Apéndice

**Tabla 1:** El Niño y su corrección en los resultados de muestras de sedimentos y procedentes del Departamento de Lambayeque. También ha añadido el valor medio para cada resultado con el fin de obtener más precisión para los eventos de ENSO.

El laboratorio Numb.	Ubicación	Material	Fecha R	Calibración (2 sig.)	Decir
CAMS-1507	P. Sanjon-1	Carbón	650-50	1290-1415 cal AD	1352 cal AD
CAMS-1877	P. Sanjon-2	Carbón	220-90	1508-1954 cal AD	1751 cal AD
CAMS-1544	P. Sanjon-3	Carbón	2160-100	386 cal BC-71 cal AD	148 cal BC
CAMS-1531	R. Reque-1	Carbón	3010-50	1372-1010 cal BC	1175 cal BC
CAMS-1885	R. Reque-1	Carbón	7820-70	6811-6461 cal BC	6602 cal BC
CAMS-1880	R. Reque-2	Carbón	240-60	1510-1954 cal AD	1741 cal AD
CAMS-1528	R. Reque-2	Bulto. Sí, señor.	220 x 50	1637-1954 cal AD	1767 cal AD
CAMS-1530	R. Reque-2	Carbón	400-50	1450-1634 cal AD	1541 cal AD
CAMS-1884	R. Reque-3	Carbón	200-70	1633-1954 cal AD	1781 cal AD
CAMS-1529	R. Reque-3	Carbón	360-50	1460-1646 cal AD	1559 cal AD
CAMS-1539	R. Reque-3	Carbón	8490-60	7587-7354 cal BC	7490 cal BC
CAMS-1879	R. Lambayeq	Suelo	2170-60	361 cal BC-16 cal AD	159 cal BC
CAMS-1545	El Algarrobal	Carbón	1630-50	384-604 cal AD	486 cal AD
CAMS-1878	El Algarrobal	Carbón	2530-60	771-411 cal BC	602 cal BC
CAMS-1882	El Algarrobal	Carbón	2580-70	803-415 cal BC	633 cal BC

**Tabla 2:** Las secuencias isostásicas del valle del Chira

Ortlieb et al 1992	Richardson 1983	Material	C14 Fecha	Edad calibrada Resultado 1 sigma	Decir
J	Ix	Bivalvos	4210-40	2190-1982 cal BC	2091 cal BC
		Carbón	4570-50	3348-3105 cal BC	3212 cal BC

		Bivalvos	3230-40	926-781 cal BC	868 cal BC
		Carbón	4485-80	3322-2927 cal BC	3123 cal BC
		Carbón	4255-65	2893-2677 cal BC	2765 cal BC
		Carbón	3985-80	2566-2292 cal BC	2414 cal BC
K	Viii	Bivalvos	3310-40	1042-852 cal BC	965 cal BC
		Carbón	3520-50	1879-1695 cal BC	1788 cal BC
		Bivalvos	3060-30	775-590 cal BC	660 cal BC
		Carbón	3490-80	1879-1638 cal BC	1750 cal BC
Interridge		Conchas in situ	3410-40	1197-986 cal BC	1090 cal BC
		Conchas in situ	3370-40	1127-920 cal BC	1039 cal BC
L	Vii	Bivalvos	3210-35	912-776 cal BC	856 cal BC
		Carbón	3190-45	1491-1321 cal BC	1403 cal BC
		Bivalvos	2610-35	197-12 cal BC	115 cal BC
		Bivalvos	2600-150	319 cal BC-74 cal AD	111 cal BC
		Bivalvos	3500-160	1406-989 cal BC	1201 cal BC
M	Nosotros	Bivalvos	2540-40	114 cal BC-69 cal AD	30 cal BC
		Carbón	2760-40	896-814 cal BC	864 cal BC
		Carbón	2685-105	1113-839 cal BC	1012 cal BC
		Carbón	2485-70	744-398 cal BC	555 cal BC
	V..	Carbón	1955-100	1-239 cal AD	111 cal AD
	IV..	Bivalvos	1550-110	1300-1472 cal AD	1392 cal AD
	III..	Carbón	1405-75	616-771 cal AD	695 cal AD
Carbón		1305-100	676-876 cal AD	791 cal AD	
	II..	Carbón	805-60	1213-1294 cal AD	1254 cal AD
Ultimas crestas	Yo	Bivalvos	460-40	1886 cal AD	1897 cal AD
		Carbón	380-40	1482-1625 cal AD	1550 cal AD

**Tabla 3:** Las secuencias isostásicas del valle del Chira

Playa-ridge	Muestra	Medido 14C	Edad calibrada 1 sigma	Decir
8	Carbón	3170-300	1736-977 cal BC	1392 cal BC
	Bivalvos	2890-250	780-161 cal BC	472 cal BC
	Bivalvos	3020-250	944-314 cal BC	627 cal BC
8n	Carbón	3340-45	1618-1502 cal BC	1566 cal BC
	Bivalvos	3210-40	916-774 cal BC	857 cal BC

	Bivalvos	3210-50	926-769 cal BC	859 cal BC
7	Bivalvos	2760-210	581-24 cal BC	314 cal BC
5	Carbón	2550-490	1257-43 cal BC	684 cal BC
	Bivalvos	2510-250	337 cal BC-282 cal AD	22 cal BC
4	Bivalvos	2150-170	235-628 cal AD	404 cal AD
3	Carbón	2080-540	755 cal BC-533 cal AD	175 cal BC
	Carbón	2040-380	412 cal BC-529 cal AD	67 cal BC
	Bivalvos	2170-300	32-708 AD	348 cal AD
3a	Bivalvos	1660-180	720-1105 cal AD	922 cal AD
2	Bivalvos	1450-180	955-1309 cal AD	1111 cal AD
1n	Bivalvos	960-230	1340-1803 cal AD	1558 cal AD
1S	Bivalvos	790-210	1544-1891 cal AD	1679 cal AD
Plan N	l situ escombros	730-190	1652 cal AD-out de	1720 cal AD
Shell-line y sitio C	Bivalvos	180-160	1838 cal AD-out de	1859 cal AD
	Carbón	620-290	1053-1647 cal AD	1379 cal AD