



PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego



1^{er} Foro Internacional Cultura del Agua 2019

Avances y Desafíos



4, 5 y 6 de diciembre de 2019
Swissotel Lima - Perú

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO

Ministro
Ing. Jorge Montenegro Chavesta

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA

Jefe
Ing. Amarildo Fernández Estela

Gerente General
Ing. Jorge Ganoza Roncal

Director de la Dirección de Planificación y Desarrollo de Recursos Hídricos
Ing. José Abasolo Tejada

EQUIPO 1er FORO CULTURA DEL AGUA 2019

Unidad de Articulación y Planificación Estratégica de Recursos Hídricos

Enrique Meseth Macchiavello	Responsable
Rubén Castro Macchiavello	Planeamiento
Flor de Liz Espinoza Quispe	Protocolo - Coordinación
Jorge Peirano Serrano	Coordinación

Dirección de Planificación y Desarrollo de Recursos Hídricos

Victoria Moquillaza Baldeón	Protocolo
Sonia Puerta Flores	Especialista en Cultura del Agua
Francy Cárdenas Sarmiento	Moderadora
Antonio Tamariz Ortiz	Moderador

Unidad de Prensa

Ana Moncada Alcántara	Diseño
David Gama Arroyo	Especialista audiovisual

Empresa productora de eventos SYNERGY CORPORATION S.A.C.

Harumi Higa Cisneros / Elizabeth Oblitas Ramírez	Producción del evento
Robinson Galarza Acosta	Maestro de ceremonia
Miguel Martínez Aponte	Apoyo en sistematización
Ysabel López Romero / Leila Loaiza Córdova	Traducción simultánea

Lima, Enero de 2020

	Página
Tema 6: Cultura del agua y retos en la educación	65
Caminatas a lo largo de ríos y educar para preservarlos, por Li An Phoa	66
Cultura del agua y los retos en la educación, por Fanel Guevara Guillén	68
Cultura del agua, género e interculturalidad, por Alexandra Carlier	71
Cultura del agua y los retos en la educación, por Antonio Tamariz Ortiz	73
Tema 7: Cambio climático y cultura del agua	75
El desarrollo de la civilización Caral y los efectos del cambio climático, por Ruth Shady Solis	76
Cambio climático: la ciencia y los retos para el agua, por Derek Clarke	79
Evolución del clima peruano durante el Glacial Tardío y el Holoceno, por Renato Sala	82
Glaciares y lagunas en el Perú, por Mariluz Romero Castillo	85
Tema 8: Desafíos en la cultura del agua (Viernes 6 de diciembre 2019)	86
Agua, cultura y educación en América Latina y el Caribe, por Ernesto Fernández Polcuch	87
Tecnología al servicio de la eficiencia y sostenibilidad del recurso, por Juan José Pérez Palomar	89
Cultura del agua: Desafíos, por Diego Berger	91
Desafíos en la cultura del agua, por Derek Clarke	93
Prioridades de saneamiento e higiene en el Perú, por Ben Fawcett	96
Desafíos en la cultura del agua en Brasil, por Irene Guimaraes Altafin	98
Conferencia Magistral: Desafíos en la cultura del agua, por Jorge Ganoza Roncal	100
Clausura del evento: Palabras del Ing. Rodolfo Yáñez Wendorff, Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento	103





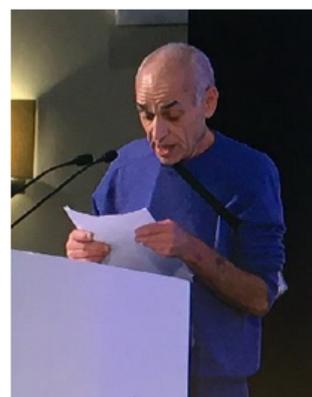
EVOLUCIÓN DEL CLIMA PERUANO DURANTE EL GLACIAL TARDÍO Y EL HOLOCENO

Renato Sala

La reconstrucción de la evolución del clima postglacial peruano se describe en 4 aspectos.

1.- Evolución de los parámetros astronómicos

Los principales procesos que afectan el sistema climático mundial son los cambios de parámetros astronómicos: a) la excentricidad orbital (distancia Tierra-Sol), con una desviación entre 0,003 y 0,05, con ciclos de 100 años, regula el aporte total de energía solar; b) la precesión axial del perihelio (eje de rotación de la Tierra en el punto de la órbita más cercano al sol), con ciclos de 19-24 ka (kiloaños o mil años), regula su distribución estacional; c) la inclinación axial, entre 22.1° y 24.5°, con ciclos de 41 ka, regula su distribución latitudinal. Su interacción cíclica determina los cambios de la insolación solar.

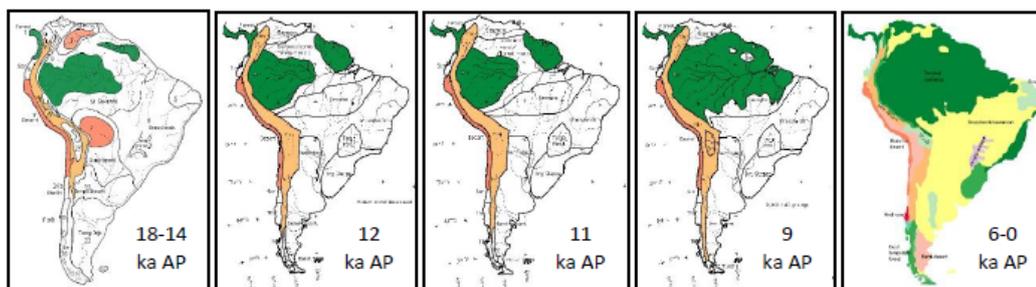


Tras el Último Máximo Glacial (LGM) de 20 ka, los tres parámetros juntos han establecido la insolación máxima de verano en hemisferio norte, lo que indujo el proceso de deglaciación y el paso del período glacial al interglacial. La tendencia de calentamiento que inició el Holoceno interglacial se fija en 11.7 ka AP (antes del presente), seguida alrededor de 8 ka por el Medio Óptimo climático del Holoceno y luego, después de 5 ka, por el enfriamiento de la Neoglaciación hacia la siguiente glaciación.

Luego, durante el Holoceno, la disminución gradual de la inclinación axial coincide con un establecimiento progresivo de la insolación máxima en los trópicos, de modo que, cuando se compara con el hemisferio norte, el mejoramiento climático del hemisferio sur durante el Holoceno Temprano se pospone, pero, durante el enfriamiento global del Neoglaciación del Holoceno Tardío, se presenta un clima relativamente más cálido y húmedo.

2.- Sucesión de paisajes postglaciales de América del Sur

Con respecto a la dinámica de la inclinación axial, en el continente sudamericano la recuperación ambiental desde el Último Máximo Glacial (LGM) comienza más tarde y se alcanza sólo a 6 ka. En detalle: en 18 ka AP condiciones frescas y muy secas en los Andes, desierto extremo en Bolivia continental y reducción de la selva amazónica al oeste; en 12 ka AP transformación de los desiertos andino y boliviano en semidesierto y expansión moderada de la selva amazónica; en 11 ka AP breve enfriamiento y reversión ambiental; en 9 ka AP una mejoría climática definitiva con la selva amazónica, expandiéndose hasta la costa atlántica; y sólo a 6 ka AP la recuperación total de las condiciones ambientales actuales.



Evolución del paisaje de América del Sur, en miles de años o kiloaños antes del presente (ka AP)



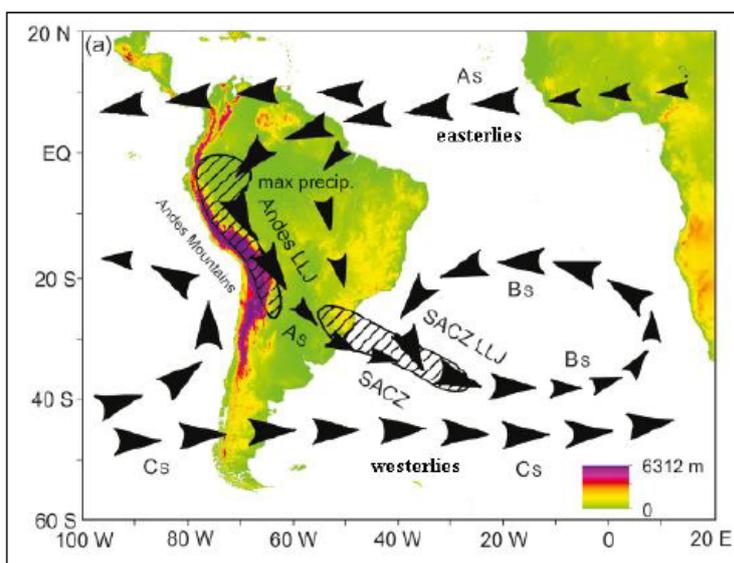
3.- Evolución de los valores de temperatura y precipitación del Holoceno en los Andes peruanos

Durante el Holoceno, las principales tendencias del clima peruano, además de los cambios globales de los parámetros orbitales mencionados anteriormente, están determinadas por los eventos postglaciales que ocurren en el océano Atlántico.

Temperatura (T): El evento más significativo consiste en un ciclo de 1,000 años de abrupto descenso de hielo que induce fases de enfriamiento de la Temperatura de la Superficie del Mar (TSM) en el Atlántico Norte, con eventos en ciclos climáticos cada 1500 años (ciclos de Bond 8-1, en ka AP: 11.1, 10.3, 9.4, 8.1, 5.9, 4.2, 2.8, 1.4). Los eventos de enfriamiento del Atlántico Norte provocan la aridización de Europa Occidental y Asia Central y están correlacionados con el calentamiento de la Temperatura de la Superficie del Mar (TSM) en el Atlántico Sur y, a partir de aquí, con las fases húmedas cálidas y el agotamiento del hielo en los Andes tropicales. De hecho, de manera sincronizada a lo largo de los Andes, los patrones climáticos que alternan fases frías-secas y cálido-húmedas (con acumulación y reducción de glaciares respectivamente) están bien documentados por el estudio de los testigos de hielo 'ice cores', los niveles de agua de los lagos y la dinámica de los bosques.

Precipitación (P): La evolución de P sigue las tendencias de T mencionadas anteriormente, caracterizadas por la coincidencia de fases cálidas y húmedas. Específicamente, la precipitación andina es transportada por un gran sistema atmosférico circular, cuyo comportamiento comienza a ser explorado hace poco tiempo. Los vientos alisios del Atlántico (As) con masas de

aire húmedo, siguen un giro muy amplio en sentido antihorario, que llegan a los Andes en dirección NO-SE, bordeando la acumulación de nubes y precipitaciones del Amazonas, alimentada por el Sistema Monzónico Sudamericano (SAMS); y, a partir de aquí, proceden al SE a lo largo de los Andes, como corrientes de viento en chorro a bajo nivel 'Low-Level-Jet' (LLJ), hasta fusionarse en la Zona de Convergencia del Atlántico Sur (SACZ) con la circulación anticiclónica del Sud Atlántico (Bs). La intensidad y la ubicación latitudinal del giro es sensible a los cambios de



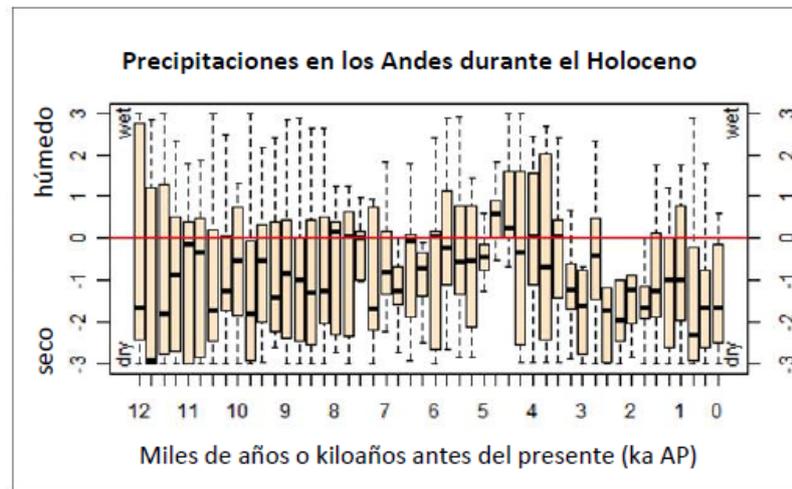
Esquema de patrones de circulación atmosférica en Sudamérica: Circulación del aire en sentido antihorario, desde el Océano Atlántico con vientos alisios (As), llegan a Sudamérica y recorren los Andes en corrientes de vientos en chorro a bajo nivel (LLJ), hasta fusionarse en la Zona de Convergencia del Atlántico Sur (SACZ) con la circulación anticiclónica del Sud Atlántico (Bs).

inclinación axial, los valores de TSM y, lo que es más importante, al posicionamiento de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y al recorrido de la corriente de viento en chorro (LLJ). Las precipitaciones se producen comúnmente en verano, de diciembre a febrero (DJF) y son mayores en el norte que en el sur del Perú; pero cuando durante las fases cálidas, la ZCIT está



en la posición más meridional y el monzón SAMS es más intenso, también el giro se desplaza más al sur y llega a afectar a toda la longitud de los Andes peruanos.

Las reconstrucciones de P se basan en el análisis de $\delta^{18}\text{O}$ (ratio de isótopos estables de oxígeno-18 y oxígeno-16) en espeleotemas (formaciones en cuevas), niveles de agua de lagos y estudios palinológicos (polen). Después de un aumento acelerado entre 12-11 ka, la precipitación disminuye a partir de 9 ka AP; se documentan fases secas extremas a 7-5 (silencio arqueológico, Bond 4) y 4.2-3.9 ka AP (Bond 3), seguidas de una recuperación alternada desde 2.5 ka hasta el presente.



Andes: Evolución de la precipitación en 12-0 ka AP (Hammerly, 2010)

El aporte de las masas de aire del Pacífico, mucho menos relevante, provoca eventos intermitentes pero agudos de sequías e inundaciones en la costa y sierra del norte y centro del Perú (El Niño). Los eventos de El Niño aumentan progresivamente en número e intensidad tras el enfriamiento neoglaciar mundial de 5 ka AP, acompañado de un aumento de la insolación de verano y del calentamiento de la superficie del mar en el hemisferio sur tropical, y el consiguiente posicionamiento subecuatorial de la ZCIT: en conjunto, estos factores explican el aumento de niveles de agua en los lagos y la expansión de los bosques, en los Andes tropicales.

4.- Correlación entre el clima del Holoceno tardío y la periodización de las culturas durante el período Cerámico (4.2-0 ka AP)

Las consideraciones climáticas expuestas explican el advenimiento de profundos cambios culturales y la reestructuración de las obras hidráulicas en la transición entre las fases climáticas, en particular durante los cambios de las fases húmedas a las secas-calientes o viceversa.

Asimismo, se documentan desarrollos culturales opuestos, entre las culturas costeras y las de la sierra (y en menor medida también entre las culturas costeras del sur y del norte), teniendo en cuenta que las zonas costeras y montañosas se enfrentan a diferentes obstáculos para la expansión agrícola: en el primer caso la escasez de agua, en el segundo la escasez de tierra.

RENATO SALA. Investigador Principal, Laboratorio de Geoarqueología, Universidad Nacional Al-Farabi, Kazajistán

Doctor en Matemática Física por la Universidad de Turín, Italia. Actualmente es Co-Director del Laboratorio de Geoarqueología en la Facultad de Historia, Arqueología y Etnología de la Universidad Nacional Al-Farabi – Kazajistán, e Investigador Principal del Proyecto Científico: “Métodos tradicionales de abastecimiento de agua en zonas áridas de Kazajistán: Enfoques etnológicos y geoarqueológicos”. Investigador Principal del proyecto INTAS “Uso del suelo y obras de riego en Kazajistán, en el presente y el pasado”. Cuenta con 40 publicaciones relacionadas con cambio climático, medioambiente acuático y geología.

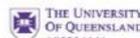
1^{er} Foro Internacional Cultura del Agua 2019 Avances y Desafíos



Auspiciadores:



Participantes:



Autoridad Nacional del Agua

D: Calle Diecisiete N° 355, Urb. El Palomar, San Isidro - Lima, Perú

T: 511-2243298

www.ana.gob.pe

www.minagri.gob.pe