



Doctoral Thesis

Late Quaternary Environmental Change in the Lowland Neotropics the Petén Itzá Scientific Drilling Project, Guatemala

Author(s):

Mueller, Andreas Dominik

Publication Date:

2009

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-005927704> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

**Late Quaternary Environmental Change in the Lowland Neotropics:
The Petén Itzá Scientific Drilling Project, Guatemala**

A dissertation submitted to the

SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH

For the degree of
DOCTOR OF SCIENCES

Presented by
Andreas Dominik Mueller
Dipl. Natw. ETH
Born May 4, 1977
Citizen of Zurich
Switzerland

Accepted on the recommendation of :

Prof. Dr. Gerald H. Haug, ETH Zurich, examiner
Prof. Dr. Flavio S. Anselmetti, EAWAG Duebendorf, co-examiner
Prof. Dr. David A. Hodell, University of Cambridge (UK), co-examiner
Prof. Dr. Douglas J. Kennett, University of Oregon (USA), co-examiner

Summary

The aim of this thesis was to recover and to interpret high-quality sediment cores spanning multiple glacial to interglacial cycles from Lake Petén Itzá (16°55'N, 89°50'W) in Petén, Guatemala, the deepest (max. water depth > 160 m) and largest (area ~100 km²) lake in the Neotropical lowlands of Central America. Its sediment record was drilled in spring 2006 within a project of the International Continental Scientific Drilling Program (ICDP). In this thesis, the entire sediment record from Lake Petén Itzá is described and interpreted in detail to explore the sedimentological history of Lake Petén Itzá and the related Late Quaternary palaeoclimate and palaeoenvironment of the lowland of Mesoamerica.

The sediment record of Lake Petén Itzá extends back to >200'000 cal yrs BP and consists mainly of alternating clay, gypsum and carbonate units. Clay units are associated with times of high detrital input and high lake-level stands (i.e. wet climate), gypsum units are related to chemical precipitation during low lake-level stands (i.e. dry climate), whereas carbonate units are related either to detrital input (reflecting high runoff, i.e. wet climate) or authigenic carbonate precipitation (reflecting rather low lake levels, i.e. dry climate), respectively. Most of these lithologic units are laterally trackable throughout the basin along stratigraphic boundaries that can be mapped on seismic profiles as reflections, suggesting the use of the lithology as a valuable proxy to infer palaeoenvironmental changes on a regional scale.

In summary, data and results presented in this thesis reveal that from ~200'000 to 90'000 cal yrs BP, sediments are dominated by a detrital origin suggesting relatively wet climate conditions during this period. Between ~90'000 and 85'000 cal yrs BP, a horizon characterized by very reduced sedimentation or non-deposition, sometimes containing bedrock clasts, was formed. This suggests shallow water conditions and a partial basin desiccation pointing to a very dry climate at that time. This horizon is overlain by coarse transgressive lake sediments suggesting a lake level rise beginning at ~85'000 cal yrs BP. Following this rise, the lake level stabilised at a relatively high stage until ~48'000 cal yrs BP indicated by clayey sediments. From ~48'000 to 23'000 cal yrs BP, clay and gypsum alternations (i.e. alternating deep and shallow water conditions) correlate well with stadial-interstadial stages (Dansgaard-Oeschger events) from Greenland ice cores and North Atlantic marine sediment cores, as well as with precipitation proxies from the Cariaco Basin off northern Venezuela. Gypsum units are associated with cold stadials, especially those containing Heinrich Events, whereas clay units are related to warm interstadials. An unexpected finding was that sediments deposited during the Last Glacial Maximum (LGM, from ~23'000 to 18'000 cal yrs BP) consist of a thick clay unit. This suggests substantial detrital input and a high lake level, hence, humid climate conditions during the LGM in Petén. This contradicts previous palaeoclimatic interpretations that proposed a dry LGM in the lowland Neotropics of

Central America. The driest period of the last glaciation was the deglacial period (~18'000 to 11'000 cal yrs BP), when the lake level of Lake Petén Itzá fluctuated between low and intermediate stands, as indicated by alternating gypsum- and clay sediments. In addition, low lake levels are documented in seismic data by corresponding palaeoshorelines in the lake-margin area.

Comparisons with other palaeoclimate records suggest that climate conditions in Petén during the last 48'000 years were controlled by migrations in the meridional position of the Atlantic Intertropical Convergence Zone (ITCZ). The ITCZ was located farther south during cold periods, especially during Heinrich Events, when arid conditions prevailed in the northern hemisphere Neotropics, and vice versa. However, a different mechanism is proposed for the “out-of-phase” LGM, when moisture was rather controlled by winter precipitation related to more frequent and intense polar outbreaks (“norte-winds”).

In addition to the drilled ICDP-sediment cores, seismic data from Lake Petén Itzá collected in 1999 and 2002 are integrated and partly reinterpreted. Furthermore, Kullenberg cores and short gravity cores were used to investigate climate-environment-human interactions during the late Holocene. Analysis of these cores indicate that late Holocene tropical forest decline in Petén was not exclusively a consequence of anthropogenic deforestation by ancient Maya, as previously suggested, but was partly attributable to a climate drying trend throughout the circum-Caribbean between 4'600 and 3'000 cal yrs BP. These dry conditions were driven, analogue to the late Pleistocene, by a southwards displacement of the mean position of the Atlantic ITCZ. The short cores were also used to demonstrate that the tropical forest ecosystem in the watershed of Lake Petén Itzá had been re-established by the early Postclassic period (AD 1000-1200) after widespread abandonment of agricultural systems associated with the disintegration of Classic Maya states between ~AD 800 and 1000.

Zusammenfassung

Ziel dieser Doktorarbeit war mit Hilfe von Sedimentkernen aus dem Lake Petén Itzá (16°55'N, 89°50'W) in Petén, Guatemala, hochauflösende Klimainformationen aus mehreren Glazial- und Interglazialzyklen zu erhalten und zu interpretieren. Dieser See ist einer der tiefsten (max. Wassertiefe >160 m) und grössten (Fläche ~100 km²) Seen Zentralamerikas. Dazu wurden im Frühling 2006 im Rahmen eines ICDP (International Continental Drilling Program)-Projekts lange Sedimentkerne aus dem Lake Petén Itzá gebohrt. In dieser Arbeit wird das komplette Sedimentarchiv dieser gewonnen Kerne beschrieben und interpretiert. Auf diese Weise soll die vollständige Sedimentationsgeschichte vom Lake Petén Itzá und die damit zusammenhängenden spätquartären Klima- und Umweltbedingungen Mittelamerikas rekonstruiert werden.

Das Sedimentarchiv vom Lake Petén Itzá beinhaltet Informationen über einen Zeitraum von mehr als 200'000 Jahren. Die Sedimente bestehen hauptsächlich aus einer Wechsellagerung von Ton-, Gips- und Karbonatschichten. Dabei bedeuten Tonschichten Zeiten mit einem hohen detritischen Input, einem hohen Seespiegelstand und feuchtem Klima. Im Gegensatz dazu weisen Gipsschichten auf Zeiten mit hoher chemischer Ausfällung aufgrund von übersättigten Wasserbedingungen durch einen tiefen Seespiegelstand und trockenem Klima hin. Karbonate sind nicht so eindeutig zu interpretieren, da sie entweder detritischer oder chemischer Herkunft sind und deshalb feuchte oder trockenere Klimabedingungen repräsentieren können. Viele dieser Gips-, Ton- oder Karbonatpakete können durch das ganze Seebecken entlang von seismischen und lithologischen Grenzen verbunden werden. Diese Beobachtung zeigt, dass die Lithologie als sensitiver Indikator für die Rekonstruktion von Seespiegelschwankungen und vergangener Klimaänderungen benutzt werden kann.

Zusammengefasst lässt sich sagen, dass Sedimente, welche in einem Zeitraum von 200'000 bis 90'000 Jahren vor heute (BP, before present) abgelagert wurden, hauptsächlich detritischer Natur sind. Dies deutet auf relativ feuchtes Klima während dieser Zeitspanne hin. Zwischen 90'000 und 85'000 Jahren BP wurden nur wenig bis gar keine Seesedimente abgelagert (an einigen Stellen sind feste karbonatische Geröllkomponenten vorhanden). Diese Beobachtungen weisen auf einen tiefen Wasserstand verbunden mit einer partiellen Austrocknung des Sees und somit auf ein trockenes Klima um diese Zeit hin. Vor 85'000 Jahren lagerten sich als Folge eines ansteigenden Seespiegels, grobkörnige, transgressive Seesedimente ab. Der Wasserspiegel blieb danach bis 48'000 Jahren BP relativ hoch, was auf Grund von feinen, tonigen Sedimenten postuliert werden kann. Zwischen 48'000 und 23'000 Jahren BP wurden hauptsächlich alternierende Gips- und Tonschichten abgelagert. Dies bedeutet, dass während dieser Zeit der Lake Petén Itzá durch wechselnde Flach- und Tiefwasserbedingungen beschrieben werden kann. Eine wichtige Beobachtung dieser Gips-Ton-Wechsellagerung ist deren zeitliche Korrelation zu Stadial-Interstadial-Phasen (Dansgaard-Oeschger Ereignisse), welche in Eisbohrker-

nen von Grönland und in marinen Sedimenten des Nord-Atlantiks dokumentiert sind. Dabei korrelieren Gipsablagerungen mit kalten Stadien, während Tonschichten mit warmen Interstadialen verbunden werden können. Besonders ausgeprägt sind solche Korrelationen während so genannten Heinrich Events, welche speziell kalte Stadien repräsentieren. Eine unerwartete Beobachtung ist, dass während des Spät-Glazialen Maximums (Last Glacial Maximum, LGM) von 23'000 bis 18'000 Jahren BP eine mächtige Toneinheit abgelagert wurde. Diese Beobachtung weist darauf hin, dass während des LGMs ein detritisches Sedimentationsregime, feuchtes Klima, und deshalb ein hoher Seespiegel vorherrschen musste. Diese Erkenntnis ist neu und widerspricht den bisherigen Annahmen eines trockenen Klimas während dieser Zeit in Petén. Die trockenste Zeit während des Spät-Glazials fand zwischen 18'000 und 11'000 Jahren BP statt. Diese Periode war generell durch einen tiefen Seespiegel charakterisiert. Während der ausgeprägtesten Flachwasserstände wurden mächtige Gipseinheiten abgelagert, und es bildeten sich auch Palaeoküsten (palaeoshorelines), die in seismischen Daten dokumentiert sind.

Vergleiche mit anderen Paläoklimadaten zeigen, dass Wechsel von trockenem zu feuchtem Klima während der letzten 48'000 Jahren in Mittelamerika höchstwahrscheinlich durch Schwankungen der durchschnittlichen Jahresposition der atlantischen ITCZ (Innertropische Konvergenzzone) hervorgerufen wurden: Während trockenen Perioden, als im Lake Petén Itzá Gipschichten abgelagert wurden, lag die durchschnittliche Jahresposition der ITCZ weiter im Süden. Im Gegensatz dazu lag während feuchten Perioden die durchschnittliche Position der ITCZ weiter im Norden. Für die feuchte Zeit während des LGMs scheint jedoch ein anderer Klimamechanismus verantwortlich gewesen zu sein: Die niederschlagsreiche Zeit während des LGMs in Petén wurde vermutlich durch häufige Regenereignisse während der Wintermonate hervorgerufen. Diese Niederschläge stehen im Zusammenhang mit polaren Kaltfronten aus dem Norden, so genannten "norte winds".

Zusätzlich wurden in dieser Arbeit auch seismische Daten vom Lake Petén Itzá, die 1999 und 2002 gewonnen wurden, mit den neuen Sedimentdaten kombiniert und teilweise neu interpretiert. Im Weiteren wurden Kullenbergkerne und Kurzkerne untersucht, um Zusammenhänge zwischen Klima, Umwelt und dem Menschen während des späten Holozäns in Petén zu erforschen. Diese Untersuchungen zeigen, dass der Rückgang des tropischen Regenwaldes in Petén gegen Ende des Holozäns nicht wie allgemein angenommen ausschliesslich eine Konsequenz von Waldrodungen und Agrikultur durch die Mayas war, sondern dass auch überregionale, trockenere Klimabedingungen zwischen 4'600 und 3'000 Jahren BP eine wichtige Rolle spielten. Zudem zeigten diese Untersuchungen, dass sich die tropische Vegetation nach dem Untergang der Maya Kultur zwischen ~AD 800 und 1000 bis zur frühen Postklassik (AD 1000-1200) von der anthropogenen Belastung erholt hatte.