



UNIVERSIDAD ANDINA SIMÓN BOLÍVAR
SEDE CENTRAL
Sucre – Bolivia

**ESPECIALIDAD EN TELEDETECCIÓN Y SISTEMAS DE
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA EL DESARROLLO
SOSTENIBLE**

Gestiones 2018 - 2020

**MODELACIÓN DE INUNDACIÓN Y RECESIÓN EN LAS AGUAS
DEL LAGO TITIKAKA, Y SU RELACIONAMIENTO CON
YACIMIENTOS ARQUEOLÓGICOS PREHISPÁNICOS EN LA
SUBCUENCA DEL RÍO SUCHES, MEDIANTE LA APLICACIÓN
DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICOS**

**Proyecto de Grado presentado para
optar el Grado Académico de
Especialista en Teledetección y
Sistemas de Información Geográfica
para El Desarrollo Sostenible**

ESTUDIANTE: Lic. Arql. JAVIER ARMANDO MÉNCIAS BEDOYA

La Paz – Bolivia

2020



UNIVERSIDAD ANDINA SIMÓN BOLÍVAR
SEDE CENTRAL
Sucre – Bolivia

**ESPECIALIDAD EN TELEDETECCIÓN Y SISTEMAS DE
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA EL DESARROLLO
SOSTENIBLE**

Gestiones 2018 - 2020

**MODELACIÓN DE INUNDACIÓN Y RECESIÓN EN LAS AGUAS
DEL LAGO TITIKAKA, Y SU RELACIONAMIENTO CON
YACIMIENTOS ARQUEOLÓGICOS PREHISPÁNICOS EN LA
SUBCUENCA DEL RÍO SUCHES, MEDIANTE LA APLICACIÓN
DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICOS**

**Proyecto de Grado presentado para
optar el Grado Académico de
Especialista en Teledetección y
Sistemas de Información Geográfica
para El Desarrollo Sostenible**

ESTUDIANTE: Lic. Arql. JAVIER ARMANDO MÉNCIAS BEDOYA
TUTOR: Ms.C. Ing. NINO FRANK BRAVO MORALES

La Paz – Bolivia
2020

*A Mariana y Javier Alejandro. Su amor y paciencia
iluminan mi camino, y engrandecen mi alma.*

A las memorias de:

*John Janusek,
incansable investigador, de ejemplar pasión, y entrañable amigo.*

*Eduardo Pareja Siñanis,
querido amigo, colega, amauta y conocedor de los secretos del lago.*

*Ambos descansan ya, junto a los Apus y Achachilas, y volveremos a vernos en
el cielo infinito de Los Andes.*

AGRADECIMIENTO:

La finalización del presente proyecto no hubiera sido posible sin el apoyo de las siguientes personas e instituciones: Carlos Lémuz Aguirre, quién me facilitara todos los datos y conocimientos posibles, en relación al tema que nos ocupa; el proyecto arqueológico PARIAVI, en las personas de Carlos Lémuz y John Janusek (+), del que me honra formar parte como investigador y con el que tengo gratos recuerdos; Eduardo Pareja Siñanis (+), quien compartió todo su conocimiento sobre los sitios y yacimientos en la cuenca Norte del Titikaka, y ya es parte del lago por siempre; el Servicio Nacional de Hidrografía Naval de Bolivia, que realiza una loable labor de registro y control en el lago navegable más alto del mundo, generando muchos de los datos vectoriales que han sido empleados en este proyecto de grado; y, finalmente, mi familia, un constante apoyo y fuente de alegrías.

RESUMEN

El Lago Titikaka, el cuerpo de agua navegable más alto del mundo, constituye un pivote ambiental, alrededor del que se articulan las poblaciones humanas desde hace más de 3.500 años, como lo atestigua el registro arqueológico identificado en la región.

La literatura arqueológica presenta un panorama de densa ocupación en la cuenca del Titikaka, con extensos estudios realizados en las porciones Sur y Este de la cuenca, dejando de lado los recientes avances en la identificación, catastro e inventario de sitios arqueológicos en la cuenca Norte. Además, tradicionalmente se ha hipotetizado sobre las razones de la existencia de restos de estructuras sumergidos, no llegando a consensos ni interpretaciones con suficiente basamento empírico.

Para el caso, se adopta una cronología de ocupación prehispánica, basada en las investigaciones, tanto del lado boliviano como peruano, así como de proyectos nacionales que han ahondado en el pasado prehispánico de la región. La cronología presenta 5 períodos: Arcaico (10.000-1.800 a.C.), Formativo (1.800 a.C.-500 d.C.), Horizonte Medio (500-1.200 d.C.), Intermedio tardío (1.200-1.500 d.C.) y Horizonte Tardío (1.500-1.600 d.C.).

Por otro lado, los estudios paleoambientales y paleohidrológicos de la región grafican una historia de variaciones cíclicas en el nivel de sus aguas (de casi 3.000 años), configurando una imagen de temporadas de sequía y precipitación, en muchos casos de cientos de años de duración, que, invariablemente, deberían haber afectado las actividades humanas del pretérito.

Debido a la cantidad de datos referidos que han sido generados, pero no sistematizados bajo la lógica de un solo Sistema de Información, se acopia y sistematiza ésta información en un SIG, sometiéndola a análisis y modelaciones que reconstruyen la variación de los niveles del agua, relacionada con la ubicación de los sitios arqueológicos, para generar interpretaciones sobre el relacionamiento entre el fenómeno hidrológico y la situación espacial de los sitios arqueológicos, en cada período prehispánico de ocupación en la región de la cuenca Norte, con énfasis en la subcuenca del río Suches.

El resultado, es la delineación de un marco histórico-interpretativo, basado en algunos indicadores relacionados entre la variación del nivel de las aguas y la ubicación de los sitios arqueológicos mapeados.

Así, se entiende que, durante el Período Arcaico, las condiciones ambientales habrían caracterizado una temporada superior a 8.000 años, en los que se evidencia pocos indicadores, o casi ninguno, de ocupación humana en el área de estudio, como probable resultado de la necesidad de los grupos cazadores-recolectores de asegurarse fuentes de alimento, bajo un esquema ambiental y climático más “benévolo” para el modelo transhumante de supervivencia.

Algunas breves etapas húmedas de mayores precipitaciones intercaladas con etapas áridas, involucrando una probable mejora de los suelos acompañada de incrementos en la masa de agua del Lago, habría permitido un cambio en el patrón de asentamiento, introduciendo un modelo sedentario mediante la aplicación de novedosas tecnologías para la producción agrícola, durante el período Formativo.

El Horizonte Tardío se caracterizó por una estabilidad importante en la variación del nivel de las aguas, posibilitando un significativo aumento de sitios pertenecientes a éste período, acompañados de la intensificación, mejora e introducción de nuevas tecnologías agrícolas. Ello habría sido, además de otros fenómenos culturales, el basamento inicial sobre el cuál se edificaría un Estado religioso que dominaría el período: Tiwanaku.

El siguiente período, el Intermedio Tardío, podría ser la consecuencia de un rápido cambio en la estabilidad ambiental, reflejado en un descenso abrupto de los niveles de las aguas del Lago Titikaka. La ausencia de la existencia de sitios del período, relacionados con el lago, y el incremento de sitios fortificados cerca de ríos permanentes y semi-permanentes, exhibe la necesidad de los grupos humanos por asegurarse el acceso a alimento y agua, bajo un entorno hostil y poco favorable para el interrelacionamiento humano.

Finalmente, el Horizonte Tardío, de muy corta duración en la región, estaría caracterizado por una rápida recuperación del lago, hasta el nivel que conocemos hoy en día. Este aspecto podría haber facilitado, en pocos años, el

ingreso y apropiación de la región por el sistema imperial Inka, dadas las capacidades de producción a gran escala, redistribución y alianza, que caracterizan a éste fenómeno panandino. Además, habrían pre-configurado la percepción moderna bajo la cual se asientan los grupos humanos en la ribera del lago Titikaka, sentando las bases de moderno comportamiento que exhiben las poblaciones modernas, en su relacionamiento con el lago y sus sistemas de producción.

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
1 ASPECTOS GENERALES	3
1.1 ANTECEDENTES.....	3
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
1.3 OBJETIVOS.....	8
1.3.1 General.....	8
1.3.2 Específicos.....	9
1.4 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	9
1.5 OPERACIONALIZACIÓN DE LOS OBJETIVOS DE ESTUDIO.....	9
1.6 ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN.....	12
CAPÍTULO II	13
2 MARCO TEÓRICO	13
2.1 MARCO CONCEPTUAL.....	13
2.2 MARCO REFERENCIAL.....	16
2.3 MARCO HISTÓRICO-ARQUEOLÓGICO.....	17
2.3.1 Síntesis de la investigación en la Zona Norte del lago Titikaka.....	17
2.3.2 Características y particularidades en la periodificación.....	21
2.3.2.1 Período Arcaico (10.000-1.800 a.C.).....	21
2.3.2.2 Período Formativo (1.800 a.C. - 500 d.C.).....	22
2.3.2.3 Período Horizonte Medio (500 – 1.200 d.C.).....	23
2.3.2.4 Período Intermedio Tardío (1.200 – 1.500 d.C.).....	24
2.3.2.5 Período Horizonte Tardío (1.500 – 1.600 d.C.).....	25
2.3.2.6 Síntesis de variaciones de nivel en las aguas del Lago Titikaka.....	25

2.4	MARCO LEGAL.....	26
CAPÍTULO III		29
3	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	29
3.1	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	29
3.1.1	Método Mixto	29
3.2	TIPO DE INVESTIGACIÓN	30
3.3	UNIVERSO DE ESTUDIO	31
3.3.1	Determinación Elección de la Muestra	31
3.4	SUJETOS VINCULADOS A LA INVESTIGACIÓN	31
3.5	FUENTES DISEÑO DE LOS INSTRUMENTOS DE RELEVAMIENTO DE INFORMACIÓN	32
3.5.1	Fuentes de Investigación	32
3.5.2	Diseño de los Instrumentos de Relevamiento de Información.....	33
3.5.2.1	Matriz de Fluctuación del agua	33
3.5.2.2	Matriz de Sitios Arqueológicos.....	33
3.6	PROCESAMIENTO ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	34
3.6.1	Extracción de las formas reales de cuerpos de agua.....	34
3.6.2	Delimitación de la subcuenca del río Suches	37
3.6.3	Elección de los sitios arqueológicos de la subcuenca del Suches	40
3.6.4	Modelación de Inundación Recesión del nivel de las aguas del Lago Titicaca el Río Suches	42
3.6.4.1	Cotas (curvas de nivel, curvas isobáticas)	42
3.6.4.2	Sitios Lacustres	46
3.6.4.3	Río Suches.....	46
3.6.4.4	Animación del movimiento de aguas	47
CAPÍTULO IV.....		48

4	INTERPRETANDO LA ARQUEOLOGÍA DE LA CUENCA NORTE DEL LAGO TITIKAKA, DESDE EL ANÁLISIS DE LAS MODELACIONES DE SIG SOBRE LOS NIVELES DE AGUAS.....	48
4.1	RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	48
4.1.1	Período Arcaico	48
4.1.2	Período Formativo	49
4.1.3	Período Horizonte Medio	53
4.1.4	Período Intermedio Tardío	54
4.1.5	Período Horizonte Tardío.....	56
4.1.6	Sitios Lacustres	57
4.2	CONCLUSIONES GENERALES	59
4.3	RECOMENDACIONES.....	64
	CAPÍTULO V.....	65
5	PROPUESTA DE MEJORAMIENTO.....	65
5.1	OBJETIVOS	65
5.2	ALCANCES	65
5.3	RESUMEN.....	65
5.4	DESARROLLO	66
5.4.1	Sitios Arqueológicos	66
5.4.2	Curvas isobáticas	67
5.4.3	Modelación de variaciones en el nivel de las aguas.....	68
5.4.4	Análisis espacial, patrones de asentamiento y modelos predictivos ...	69
	BIBLIOGRAFÍA.....	72
	ANEXOS	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa del Lago Titikaka su relación con el río Suches (propio)	4
Figura 2: Mapa del Río Suches ríos menores, de acuerdo a cartografía nacional (propio)	5
Figura 3: Mosaico de tomas satelitales SENTINEL 2 utilizadas (propio)	35
Figura 4: Mosaico de tomas con color falso (propio).....	36
Figura 5: Comparación del trazo obtenido y el trazo aproximado (propio)	37
Figura 6: Generación del mosaico DEM (propio)	38
Figura 7: Resultados del procedimiento de delimitación de la subcuenca (propio)	39
Figura 8: DEM recortado de la cuenca del río Suches (valores de 3873 a 6081) (propio)	40
Figura 9: Sitios arqueológicos seleccionados para el estudio: A) Formativo, b) Horizonte Medio, c) Intermedio Tardío, d) Horizonte Tardío. (propio)	41
Figura 10: Picos de variación tendencia de los niveles del Lago Titikaka (propio)	44
Figura 11: Modelo creado para la obtención de mapas de niveles del lago, con cotas diferenciadas (propio).....	46
Figura 12: Forma de la cuenca Norte del lago Titikaka, durante el período Arcaico (propio)	49
Figura 13: Niveles del lago en el rango entre el 1.400 el 1.000 a.C (propio) ...	50
Figura 14: Ciclos de fluctuación durante el Formativo Medio, desde el 1.000 al 250 a.C. (propio).....	51
Figura 15: Ciclos de fluctuación durante el Formativo Tardío, desde el 250 a.C. al 400 d.C (propio)	52
Figura 16: Ciclo de fluctuación del Horizonte Medio (del 400 al 1.150 d.C.) (propio)	54
Figura 17: Ciclo de fluctuación del Intermedio Tardío (del 1.150 al 1.450 d.C.) (propio)	55
Figura 18: Ciclo de fluctuación del Horizonte Tardío (del 1.450 al 1.500 d.C.) (propio)	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Secuencia cronológica aplicada a la región de investigación (propio) ..	7
Tabla 2: Operacionalización de variables de estudio (propio)	10
Tabla 3: Ejemplo de ciclos de lluvia/aridez de acuerdo a los núcleos del nevado Qelccaya (años d.C., propio)	19
Tabla 4: Variación ajustada de los niveles del lago, con respecto al nivel actual de 3.812 m.s.n.m. (propio)	26
Tabla 5: Media calculada de la variación ajustada de los niveles del lago (propio)	42
Tabla 6: Eventos generacionales de variación en los rangos temporales determinados (propio)	43
Tabla 7: Sitios lacustres en rango temporal de visibilidad (ordenamiento de Norte a Sur) (propio)	58
Tabla 8: Periodización maestra para los Andes Sur-Centrales (cuenca circumTitikaka) (propio)	67

GLOSARIO

a.C.: Antes de Cristo.

A.P.: Antes del Presente (B.P., en Inglés).

C14: Carbono 14. Isótopo radioactivo, empleado para las dataciones de elementos orgánicos hallados en contextos arqueológicos.

CPE: Constitución Política del Estado.

d.C.: Después de Cristo.

GADLP: Gobierno Autónomo Departamental de La Paz.

IDE-EPB: Comité Interinstitucional de la Infraestructura de datos Espaciales del Estado Plurinacional de Bolivia.

IGM: Instituto Geográfico Militar de Bolivia.

OPCA: Observatorio del Patrimonio Cultural Arqueológico (de las carreras de Antropología-Arqueología, de la Universidad Mayor de San Andrés).

ORSTOM: Instituto para la Investigación Científica y el Desarrollo de la Cooperación. Francés, actualmente IRD.

PARIAVI: Proyecto Arqueológico de Redes de Interacción Altiplano-Valles Interandinos.

PDLT: Proyecto de Desarrollo Sostenible de la región del Lago Titikaka.

SIG: Sistemas de Información Geográfica.

SNHN: Servicio Nacional de Hidrografía Naval.

USGS: United States Geological Survey.

INTRODUCCIÓN

Las modelaciones, en Sistemas de Información Geográfica (SIG), constituyen una excelente herramienta, en la búsqueda de interpretar patrones geoespaciales, que resultan de la actividad humana. Algunos de los fenómenos que mayor énfasis tienen en este aspecto, son aquellos relacionados al comportamiento del caudal o nivel de las aguas, siendo éste un requisito indispensable en la supervivencia de los organismos vivos en el planeta. El análisis y la generación de modelaciones -mediante SIG- debe ser contrastado, siendo que esta modelación, que dilucida el relacionamiento y sus probables razones, también puede ser empleada en la predicción del comportamiento de las variables que entran en juego en este tipo de análisis.

Aunque de larga data -al menos 30 años- en otras latitudes del globo (Hasenstab, 1983; Verhagen, 2017), los análisis de regresión y los modelos predictivos recientemente han sido aplicados a la ciencia arqueológica, en nuestro territorio. Baste señalar la existencia de un solo estudio que ha aprovechado estos recursos de modelación para interpretar la posible distribución de áreas arqueológicas, en relación a la presencia geográfica de sitios en el municipio de La Paz (Op. Cit. Lémuz y Aranda (eds.), 2008).

Específicamente en nuestro caso, hasta el momento ningún proyecto se ha enfocado en la sistematización conjunta del conocimiento geográfico (batimétrico), paleohidrológico, paleoambiental y arqueológico de la zona Norte del lago Titikaka, menos aún desde el enfoque de Sistemas de Información Geográfica que permitan su manejo y gestión. Además de ello, mucho se ha especulado, en la ciencia arqueológica, sobre el efecto del crecimiento y descenso de las aguas del Lago Titikaka en los patrones de ubicación e interrelación de los sitios, complejos y/o yacimientos arqueológicos cercanos a la costa del Lago.

El presente proyecto permite, entonces, crear una geodatabase (base de datos geográficos) que contiene el conocimiento científico en las especialidades arriba mencionadas, además de desarrollar una interpretación inicial sobre las características y particularidades de los patrones antropogénicos de poblamiento

y ocupación, y su relación con los ciclos de fluctuación, desde el pretérito, en el nivel de las aguas del lago.

En ese entendido, el documento se ordena bajo la siguiente lógica:

El capítulo I introduce al lector en el tema de investigación, presentando los antecedentes que contextualizan a la región de estudio y el grado de desarrollo de las investigaciones geográficas, paleohidrológicas, paleoambientales y arqueológicas de la región Noreste del lago Titikaka, con un énfasis especial en la subcuenca del río Suches. Además, delimita la problemática, los objetivos, los resultados buscados y los alcances de la presente investigación.

El capítulo II, por otra parte, presenta el marco teórico de la investigación, mismo que constituye el sustento teórico, en las dimensiones conceptual, referencial, histórico-arqueológica y legal, reflejando, de esta manera, el posicionamiento científico desde el que se desarrolla la presente investigación.

El tratamiento de nuestro problema de investigación, desde la metodología empleada, se halla descrito en el capítulo III. En éste se presenta, de forma particularizada, todos los aspectos relativos al universo de estudio, y a las herramientas, procesos y procedimientos diseñados para ejecutar los análisis pertinentes a nuestros objetivos.

El Capítulo IV expone -detalladamente- los resultados obtenidos, las conclusiones e interpretaciones que nacen de éstos, y las recomendaciones que aplican a ambos.

El último capítulo -V- es una propuesta para mejorar, en un futuro, los análisis y modelaciones de crecimiento/recesión aquí aplicados, además de exponer aquellos aspectos que han podido generar fallas identificadas en la presente investigación, de forma que sean subsanados mediante la obtención de otros tipos de información, o productos asociados a ellos.

CAPÍTULO I

1 ASPECTOS GENERALES

1.1 ANTECEDENTES

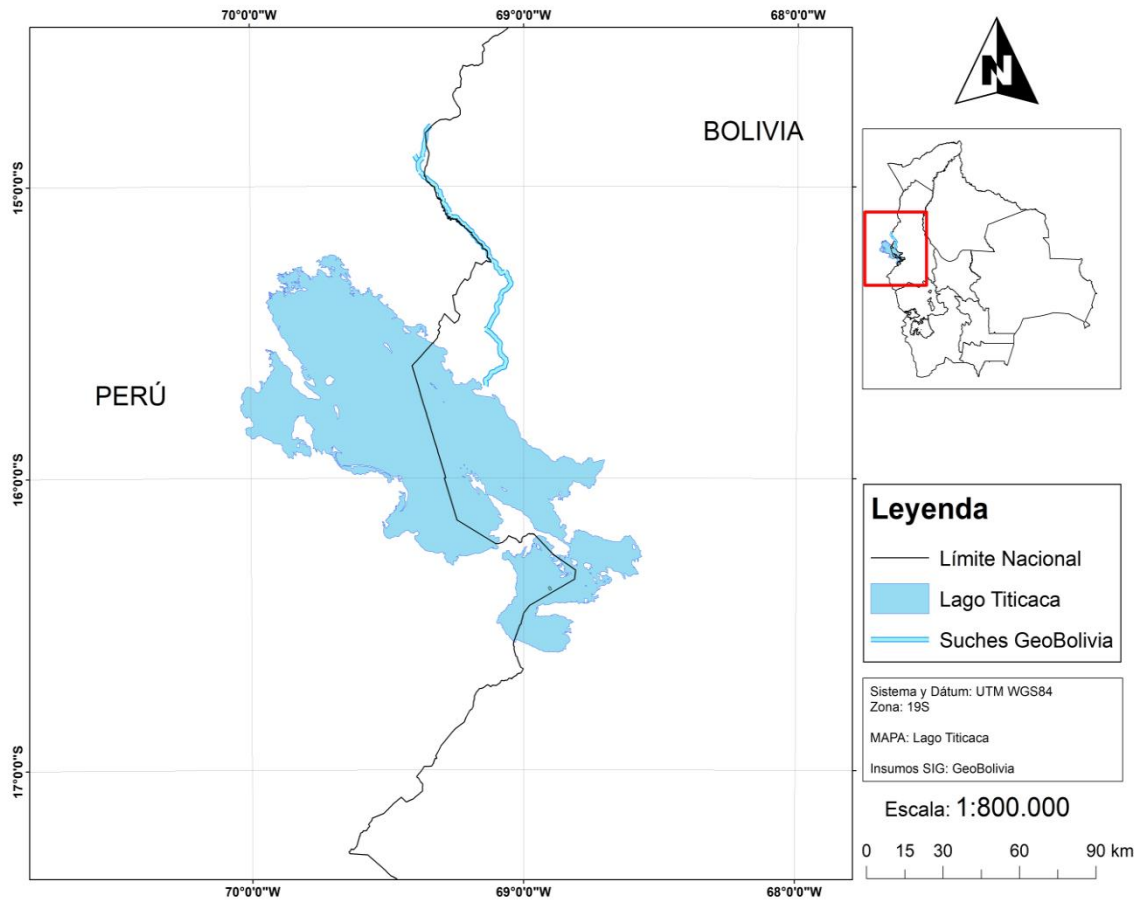
El lago Titikaka, ubicado entre 15°13'19" - 16°35'37" de Latitud Sur y 68°33'36" - 70°02'13" de Longitud Oeste, es uno de los más grandes cuerpos de agua navegables de Sudamérica, y responsable del comportamiento microclimático de la cuenca que domina. Algunas de sus principales características son (International Lake Environment Comitee, 2010):

- Altitud media de 3.812 m. s. n. m.
- Temperatura promedio anual de 13 °C.
- Área de 8.372 km².
- Profundidad máxima estimada de 281 m (media calculada de 107 m).
- Cuenca de alrededor de 58.000 km².

De acuerdo con el Diagnóstico del Sistema TDPS (Titicaca-Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa) de la OEA "La geología del Sistema TDPS ha sido determinada por los movimientos tectónicos que lo han afectado a lo largo de todos los ciclos orogénicos. Particularmente la región del altiplano ha sufrido una evolución estructural que llega hasta tiempos muy recientes, con fenómenos de levantamiento y vulcanismo aún activos." (UNEP, 1996)

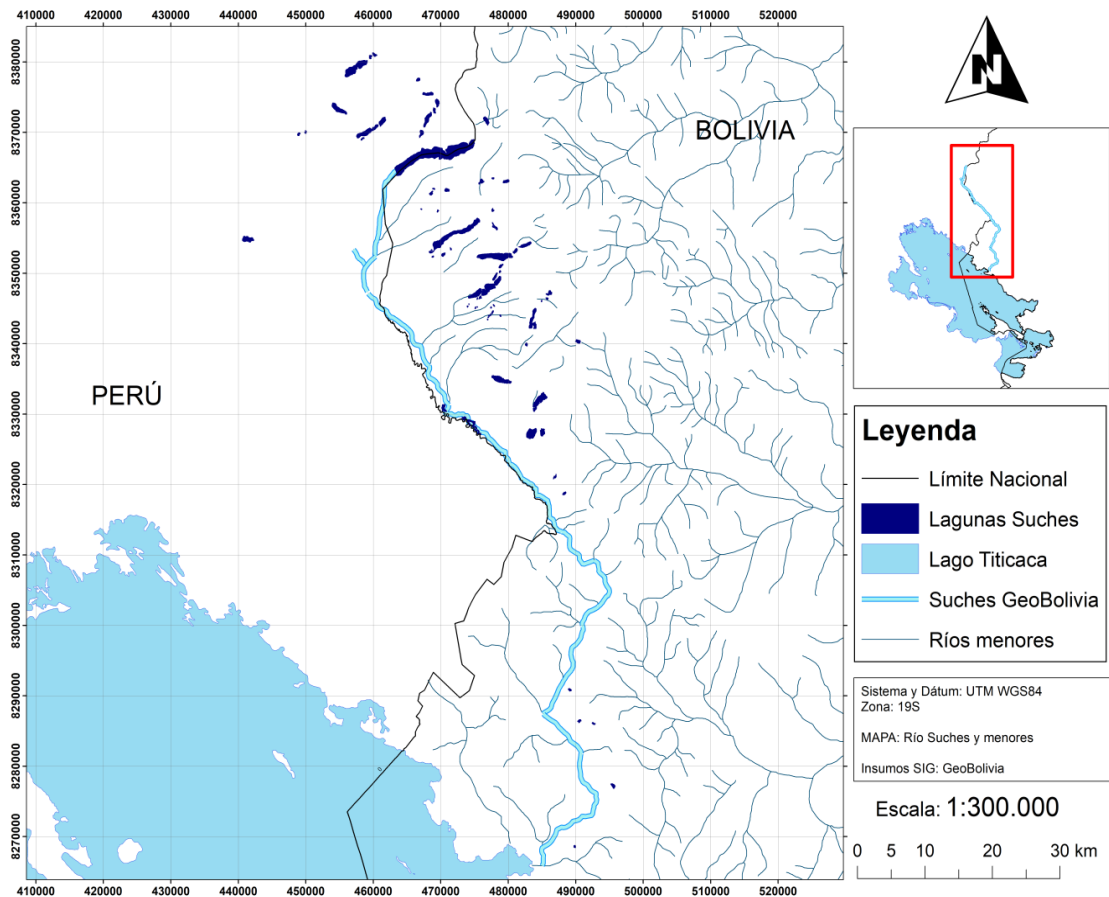
Uno de sus principales afluentes es el río Suches, que nace en la cordillera Real (en la laguna de Suches) y recorre, con rumbo norte-sur, hasta su desembocadura en el lago Titikaka, en la localidad de Escoma. Este río cuenta con una cuenca hidrográfica aproximada de 2.822 km², y un caudal medio anual, medido, de 11 m³/s. A su vez, el principal afluente de éste río es el río Grande, con el cual confluye en el distrito de Cojata (ALT, 2003), que se halla en la Provincia Huancané (Depto. de Puno, Perú).

Figura 1: Mapa del Lago Titikaca su relación con el río Suches (propio)



Actualmente, varios proyectos de investigación centran sus esfuerzos en el relevamiento de información geográfica y arqueológica de la región CircumTitikaka. De entre ellos, la Autoridad Binacional Autónoma del Sistema Hídrico del Lago Titikaca (ALT, Perú-Bolivia) es la principal generadora de información geográfica, ambiental social, con las unidades operativas *Proyecto Especial Lago Titicaca (PELT)*, que depende del Instituto Nacional de Desarrollo (INADE) y tiene la sede en la ciudad de Puno (Perú), la *Unidad Operativa Boliviana (UOB)*, que depende del Ministerio de Desarrollo Sostenible y tiene la sede en la ciudad de La Paz (Bolivia); geográficamente, la información es relevada por el *Servicio Nacional de Hidrografía Naval* (Bolivia) y la *Dirección de Hidrografía Navegación* (Servicio de Hidrografía de Puno, Perú).

Figura 2: Mapa del Río Suches ríos menores, de acuerdo a cartografía nacional (propio)



Además de los anteriores, como tienen a bien articular Lémuz y Janusek (2016), son varios los investigadores que se enfocaron en realizar estudios reconstrucciones paleoambientales y paleohidrológicas del Lago. Los núcleos tomados del nevado *Qelccaya* (en Perú) brindaron los datos iniciales para realizar reconstrucciones paleoambientales (Thompson et al., 1985), que fueron, posteriormente, complementados con los resultados de muestras palinológicas obtenidas en el *Proyecto Wila Jawira* (Abbot et al., 1997; Binford et al., 1997) y la *Misión ORSTOM* (Servant y Fontes, 1978; Wirrmann et al., 1992; Ybert, 1992; Mourguiart et al., 1995), conformando una secuencia de eventos de sequía/humedad remontables hasta 1.500 años a.C.

Una nueva publicación, en la revista *Quaternary Research*, nos presenta una secuencia de 6.000 años en las fluctuaciones del nivel del lago menor, o *Wiñaymarca*, cuyas particularidades podrían estar relacionadas con las

fluctuaciones del lago mayor, por lo que también fueron consideradas en el presente trabajo (Weide et al., 2017).

La historia del Lago Titikaka desde la Arqueología, y su relación con las poblaciones humanas asentadas en su cuenca, se inicia -comúnmente- en el período Arcaico Tardío/Formativo Temprano y continúa durante toda la época prehispánica. Varios fueron los trabajos de investigación, tanto en Perú como en Bolivia, que enfocaron sus esfuerzos en la identificación de sitios, complejos y yacimientos arqueológicos alrededor de la cuenca del lago, por lo que es también amplia diversa la potencial base de datos en la que dicho conocimiento podría sistematizarse. Especial mención merecen, dadas las características del presente proyecto (que desarrollaremos más adelante), las investigaciones de proyectos de Arqueología Subacuática en distintas locaciones de este cuerpo de agua.

Entre los años 1954 y 2004 han sido varias las expediciones científicas enfocadas en esta disciplina. Las operaciones de buceo más conocidas han estado a cargo de Jacques-Yves Cousteau (1968) y Johan Reinhard (entre 1989 1992), resultando de esta segunda un extenso volumen de resultados (Ponce et al., 1992). Sin embargo, no sería hasta el año 2004, con el *Proyecto AKAKOR*, que se registrarían los hallazgos arqueológicos más llamativos, y que han generado mayor interés en la opinión pública, al fotografiar un ídolo de oro, varios cimientos de estructuras sumergidas y una nueva isla -*Wilakota*- que se halla, actualmente, sumergida (fenómenos generados por la fluctuación del nivel de las aguas).

A partir de los datos obtenidos mediante investigaciones arqueológicas sistemáticas en la zona Norte del lago (Klarich, 2012; Flores y Tantaleán, 2012; Tantaleán y Zapata, 2014), que contiene a su vez la subcuenca del río Suches, la investigación considera el siguiente cuadro cronológico como base para su periodificación:

Tabla 1: Secuencia cronológica aplicada a la región de investigación (propio)

PERÍODO	AÑOS	CRONOLOGÍA RELATIVA
Horizonte Tardío	1.500 – 1.600 d.C.	Inka Expansivo
Intermedio Tardío	1.200 – 1.500 d.C.	Colla (o Altiplano)
Horizonte Medio	500 – 1.200 d.C.	Tiwanaku IV -V
Formativo Tardío	300 a.C. - 500 d.C.	Cusipata - Pucara - Tiwanaku Aldeano (?)
Formativo Medio	1.300 - 300 a.C.	Qaluyu - Cusipata
Formativo Temprano	1.800 – 1.300 a.C.	(?)
Arcaico	10.000 – 1.800 a.C.	Cazadores-Recolectores

En la especialidad de Arqueología y Patrimonio Cultural, del lado Boliviano, se conocen, al menos, 3 proyectos que se enfocan en el registro documentación de evidencias en la región: a) el *Proyecto Arqueológico de Redes de Interacción Altiplano-Valles Interandinos (PARIAVI)*, dentro del cual se circunscribe el presente proyecto de grado, que busca "comprender de manera integral, participativa multidimensional, la historia cultural del territorio en el que estará integrada toda la comunidad en su conjunto, en el entendido que la comprensión del pasado su valoración como patrimonio es parte de una construcción colectiva con todos los involucrados." (Lémuz, 2017); b) el *Proyecto del Lago Titikaka*, co-ejecutado por la Cooperación Técnica Belga (CTB) – Enabel y el Ministerio de Culturas y Turismo (MDCT) a través de la Unidad de Arqueología y Museos (UDAM), cuyo objetivo es "contribuir a mejorar la gestión comunitaria del patrimonio cultural de la cuenca del Lago Titikaka boliviano promover el desarrollo del turismo cultural comunitario" (ENABEL-CTB, 2017-2018) enfocándose, principalmente, en el patrimonio arqueológico subacuático (Delaere, 2014; 2016; 2019) de los márgenes del lago; c) el *Proyecto Construyendo una Cartografía Cultural: El Catastro Arqueológico en los*

municipios Jesús de Machaca Escoma, del Observatorio del Patrimonio Cultural Arqueológico (OPCA) de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), que tuvo por objetivo "la realización de Catastros arqueológicos en dos municipios paceños (Jesús de Machaca y Escoma), para que sean instrumentos para la gestión del patrimonio cultural arqueológico" (Portugal (Ed.), 2017).

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A partir de lo descrito con anterioridad, observamos que la información relacionada a la evidencia geográfica, ambiental, y arqueológica de la zona Norte del Lago Titikaka, que contiene a su vez la subcuenca del río Suches, se halla diseminada entre varias instituciones y proyectos de investigación (algunos de los cuáles aún no poseen publicaciones). Ello presenta a los Sistemas de Información Geográfica como una herramienta ideal para la sistematización y modelación de esta información, que deberá ser previamente acopiada y sintetizada (conforme a los requerimientos que se desarrollan más adelante).

Ahora cabe preguntarse: ¿Cómo pueden los Sistemas de Información Geográfica apoyar en la generación de una interpretación del relacionamiento entre la locación de sitios, complejos y/o yacimientos arqueológicos - prehispánicos- de la subcuenca del río Suches, y los fenómenos de crecimiento y descenso en el nivel de aguas del lago Titikaka? La forma sería, desde la óptica planteada aquí, generar una Modelación de Inundación y Recesión de las aguas del lago Titicaca para que, a partir del relacionamiento con sitios, complejos y/o yacimientos arqueológicos caracterizados y georreferenciados, se determinen patrones y particularidades para los períodos arqueológicamente discernibles, de forma que permitan interpretar las razones de la ubicación de las entidades arqueológicas observadas.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General

Crear una modelación de inundación y recesión en las aguas del lago Titikaka, mediante la aplicación de Sistemas de Información Geográficos, para su relacionamiento con yacimientos arqueológicos prehispánicos en la subcuenca del río Suches.

1.3.2 Específicos

- Acopiar la información existente en los ámbitos: geográfico (batimétrico), paleohidrológico y paleoambiental de la zona Norte del Lago Titikaka.
- Acopiar la información arqueológica existente en la zona Norte del Lago Titikaka.
- Sistematizar la información acopiada en los ámbitos geográfico (batimétrico), paleohidrológico, paleoambiental y arqueológico, en un modelo de Sistemas de Información Geográfico.
- Generar modelaciones de fluctuación de aguas para cada período presente en el registro arqueológico de la subcuenca del río Suches.
- Presentar mapas predictivos de áreas arqueológicas sensibles, para cada período de ocupación.

1.4 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Mediante la aplicación de herramientas de Sistemas de Información Geográfica, conjuntamente con bases de datos obtenidas mediante herramientas propias de la Arqueología, el proyecto pretende obtener los siguientes resultados:

- Una compilación de la información geográfico-batimétrica, paleohidrológica, paleoambiental y arqueológica de la zona Norte del lago Titikaka, concentrada en una geodatabase con formatos ráster vectoriales.
- Una modelación en SIG que refleje las fluctuaciones del nivel de agua del lago, que muestre las relaciones de éstas con los sitios, complejos y yacimientos arqueológicos de la subcuenca del río Suches.

1.5 OPERACIONALIZACIÓN DE LOS OBJETIVOS DE ESTUDIO

De acuerdo con los objetivos específicos de la investigación, se obtiene la siguiente tabla de operacionalización de variables:

Tabla 2: Operacionalización de variables de estudio (propio)

Objetivos Específicos	Variables	Dimensiones	Instrumento de recolección de datos
<p>Acopiar la información existente en los ámbitos geográfico (batimétrico), paleohidrológico o y paleoambiental de la zona Norte del Lago Titikaka.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Batimetrías • Variación paleohidrológica • Variación Paleoambiental 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Curvas batimétricas actuales de la zona Norte del Lago Titikaka. ✓ Niveles históricos de crecimiento y descenso de las aguas del Lago. ✓ Reconstrucciones paleoambientales, en base a muestras palinológicas de la zona Norte del lago Titikaka. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Investigación documental
<p>Acopiar la información arqueológica existente en la zona Norte del Lago Titikaka.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sitios arqueológicos - conocidos- en la zona Norte del Lago Titikaka. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sitios del período Arcaico. ✓ Sitios del Período Formativo (sus fases, de ser posible). ✓ Sitios del Período Horizonte Medio. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Investigación documental

		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sitios del Período Intermedio Tardío. ✓ Sitios del Período Horizonte Tardío. 	
<p>Sistematizar la información acopiada en los ámbitos geográfico (batimétrico), paleohidrológico, paleoambiental y arqueológico, en un modelo de Sistemas de Información Geográfico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bancos de datos georreferenciados. • Digitalización de información acopiada. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Hojas de cálculo con información cualitativa. ✓ Cargado de información creación de archivos .shp 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Trabajo de gabinete de tabulación de datos en matriz Excel. ▪ Trabajo de gabinete con paquete informático de SIG.
<p>Generar modelaciones de fluctuación de aguas para cada período presente en el registro arqueológico de la subcuenca del río Suches.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de herramientas de modelación. • Modelación Simulación de variaciones en el nivel del agua. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Uso de QGIS. ✓ Uso de ArcGIS. ✓ Uso de ArcScene. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Trabajo de gabinete con paquete informático de SIG.

<p>Presentar mapas predictivos de áreas arqueológicas sensibles, para cada período de ocupación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis territorial. 	<p>✓ Uso de ArcMap.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Trabajo de gabinete con paquete informático de SIG.
---	---	-------------------------	---

1.6 ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

El presente proyecto se relaciona con varios de los cursos desarrollados en el currículo de la Especialidad en "Teledetección y Sistemas de Información Geográfica para el Desarrollo Sostenible". Considera principalmente, aunque no limitativamente, una serie de operaciones básicas y avanzadas en los SIG, cartografía avanzada y generación de bases de datos espaciales, además de análisis hidrológico de cuencas, mediante Modelos de Elevación Digital.

A nivel temporal, el estudio abarca todo el rango temporal de ocupación humana en la cuenca Norte del lago Titikaka, entre 1.400 años a.C. y 1500 años d.C., siempre que exista un registro paleoambiental o paleohidrológico para cada período -documentado- de ocupación humana.

Geográficamente, todos los datos a analizar y modelar se relacionan a la subcuenca del río Suches (del lado Boliviano), que comprende los municipios de Puerto Mayor de Carabuco, Escoma, Puerto Acosta, Mocomoco, Humanata, Charazani, Curva y Pelechuco.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

El uso de SIG en las investigaciones arqueológicas comenzó a fines de la década de los ochenta. Su aplicación en arqueología, así como en otras disciplinas humanísticas como la Historia, facilitó la identificación de patrones espaciales. Se ha usado principalmente de dos formas: por un lado, para la gestión de recursos culturales al nivel local y regional, fundamentalmente en EE.UU. Europa, por otro lado, se han aprovechado sus capacidades analíticas para estudiar la conducta locacional humana, intentando responder la pregunta de por qué la gente se asienta donde lo hace. La generación de estos sistemas, y de los modelos que resultan de ellos, parte del supuesto de que la conducta humana no es azarosa y que, por lo tanto, los lugares de asentamiento, o de otras actividades, se distribuyen de manera intencional.

2.1 MARCO CONCEPTUAL

Como puede verse reflejado en una extensa bibliografía, que supera el alcance de la presente investigación, todo el siglo XIX y la primera mitad del XX fueron testigos de la importancia de la excavación, como la principal herramienta de obtención del dato arqueológico científico. Como resultado, la identificación de indicadores arqueológicos, en la superficie del terreno, se hallaba supeditada al principal objetivo de delimitar los mejores espacios para ser excavados.

Este enfoque sufrió un cambio a partir de la década de 1960, con la aparición de la "nueva Arqueología" o *Arqueología Procesual* (dentro de la que se desarrolla la disciplina del *Análisis Espacial*). Ésta nueva escuela caracteriza a la prospección de superficie como un vehículo para la producción de evidencia que nos acerca a la comprensión de los procesos y pautas que se relacionan con el comportamiento humano pasado, ya que se hallaba claramente influenciada por la teoría ecológico-cultural (García, 2004). Además de ello, crecía, por entonces, la necesidad de registrar y documentar los yacimientos arqueológicos, principalmente en EE.UU. y el reino Unido, frente al crecimiento y expansión urbanos. Es a partir de estos trabajos iniciales, que se plantean los principios de

la prospección arqueológica, de superficie, contemporánea (Redman y Watson, 1970; Plog, 1978; Plog et al., 1978; Schiffer et al., 1978, entre otros).

Un resultado lógico de éste nuevo interés es su relacionamiento con las ciencias de la tierra, en su dimensión territorial. Nuevas tecnologías como la teledetección y la prospección geofísica, aunadas a la fotografía aérea (con un desarrollo que proviene desde la década de 1920), han conformado un marco en el que los últimos 40 años se han centrado en el desarrollo de procedimientos, métodos, técnicas, principios y herramientas para el reconocimiento del territorio, con un carácter disociado y previo a la excavación. Para completar el panorama, el rápido proceso de formalización y sistematización de la prospección arqueológica se hallaría relacionado, de forma clara, con la incorporación de las herramientas de la informática, en lo que Ruiz Zapatero (1988:39) calificaría como un "proceso de informatización", en el que los Sistemas de Información Geográfica tienen un rol predominante.

Sin embargo, la aplicación de SIG en Arqueología ha sido objeto de intensos debates en la academia. Inicialmente, es necesario comprender, como propone Araneda, que " un Sistema de Información Geográfico (SIG) es un sistema asistido por computador para la captura, almacenamiento, recuperación, análisis despliegue de la información espacial, permitiendo procesar generar nueva información derivada de la a existente sobre la base de conceptos como localización, relación, descripción base de datos relacional." (2002:60). Debido a esta conceptualización, mucho se ha discutido que el enfoque "representacional" (Hacigüzeller, 2012) -estático y determinista- de la actividad humana pretérita es errado, en tanto no considera la dimensión fenomenológica (Tille, 1994) -dinámica y "experiencial"- del productor de la evidencia representada. La presente investigación relaciona un fenómeno natural (las fluctuaciones temporales en el nivel de las aguas del lago), con el uso humano del espacio geográfico a través de su asentamiento, por lo que posturas como la que propone Llobera (1996, 2012), que Parcero-Oubiña (2018, p. 54) etiqueta

como "Arqueología Digital Humanística"¹, se adecúan de mejor manera. Al tratar los cambios en el nivel de las aguas del lago Titikaka, se debe considerar que éste es un fenómeno constante a lo largo de su historia (Abbott et al., 1997; Baker et al., 2005), por lo que el mismo debió haber afectado, de distintas maneras, a varias generaciones de humanos asentados en la región.

Para visualizar los cambios en el nivel de las aguas, es necesario contar con las batimetrías (relieve en cuerpos de agua) y curvas de nivel (en el terreno que circunda los cuerpos de agua), de forma que pueda observarse la crecida disminución en el nivel de agua de estos cuerpos, creando una suerte de modelación hidrológica de inundabilidad/recesión. En el *Glosario Hidrológico Internacional* (OMM, 2012) se define inundación como: "1) desbordamiento del agua fuera de los confines normales de un río o cualquier masa de agua. 2) Acumulación de agua procedente de drenajes en zonas que normalmente no se encuentran anegadas." (p. 127), y recesión como la "Disminución de la descarga subterránea hacia masas de aguas superficiales como consecuencia de la disminución del agua almacenada en el acuífero en períodos de recarga nula." (p. 156). No debe olvidarse que, desde el punto de vista del componente humano, los más tempranos desarrollos culturales, con cierto grado de complejidad tecnológica, eran conscientes y utilizaban los aspectos beneficiosos de las inundaciones, principalmente para la fertilización natural de los campos agrícolas, como se ha documentado -extensamente- en los valles del Éufrates, Tigris, Nilo y Ganges (Instituto Geológico Minero de España, 2008). Cabe esperar, por lo tanto, que el caso de los grupos humanos alrededor del lago Titikaka no hubiese sido distinto, así como cabe imaginarse lo desastroso de una situación inversa (sequía prolongada).

Los datos de inundabilidad y recesión, en nuestro caso, deberán ser relacionados con los datos geográficos de ocupación humana por cada período

¹ Cuya propuesta es que la aceptación de herramientas como los SIG, y la modelización en general, dentro de un marco de arqueología interpretativa del paisaje, requiere que reconozcamos la diferencia entre el estudio de paisajes pasados, que siempre se hace "a distancia", y nuestras teorías sobre cómo estos se vuelven parte de la existencia humana. (Llobera, 2012).

prehispánico determinado (sitios, complejos y yacimientos arqueológicos de la subcuenca del río Suches).

2.2 MARCO REFERENCIAL

La cuenca del Lago Titikaka es una de las regiones arqueológicas de mayor importancia en el mundo andino (Kolata, 1993; Moseley, 2001; Stanish, 2003). Desde su poblamiento inicial por parte de grupos humanos a inicios del Holoceno (alrededor de 10.000 años A.P.), ésta región constituyó un centro de desarrollo cultural, social, económico, político e ideológico. Aproximadamente hace 1.500 años atrás, la cuenca fue testigo del inicio del desarrollo del fenómeno estatal-religioso conocido como Tiwanaku que, a similitud de otros procesos de cambio y continuidad histórica cultural, han dejado su impronta en la geografía de la región. En este sentido, la cuenca del Lago Titikaka es considerada como un paisaje con un fuerte componente antropogénico. Numerosas investigaciones arqueológicas, iniciadas de forma sistemática desde inicios del siglo XX, han permitido tener una perspectiva informada acerca de las diferentes trayectorias de cambio y continuidad humanas en la región (como observaremos en el siguiente sub-acápite).

Como señalara José Capriles, durante el diagnóstico ejecutado para el PDLT, se reconoce que:

"La Zona Norte del Lago de Titikaka tiene un importantísimo potencial en términos de recursos arqueológicos. No obstante, es la zona que menor cantidad de investigaciones arqueológicas ha recibido a lo largo de su historia. Debido a este vacío de información, se considera a la Zona Norte como marginal dentro de los desarrollos culturales concentrados en las regiones Sur y Oeste del lago. Este hecho es, no obstante, un producto más de la tradición de investigación arqueológica en la cuenca del Lago Titikaka que de la prehistoria e historia de la región. Dentro de una perspectiva más amplia, esta zona ha tenido un rol muy importante en rutas de tráfico e intercambio no solamente entre poblaciones ubicadas en extremos opuestos del lago sino también en la articulación de poblaciones asentadas en el altiplano con aquellas de los valles orientales o

mesotérminos [sic] ubicados al este de la Cordillera Oriental." (2007, p. 2)

Afortunadamente, desde que el estudio referido se hubiera ejecutado, existe un incremento en la investigación arqueológica en la zona Norte, resultando en un banco de datos que supera las dos centenas de entidades arqueológicas registradas, combinando los bancos de datos de todas las instituciones de investigación que han ejecutado proyectos en la zona. La subcuenca del Suches, por su parte, cuenta con más de 100 de éstas entidades, convirtiéndola, de esta manera, en una muestra suficientemente representativa del contenido arqueológico de la zona Norte.

A nivel paleoambiental y paleohidrológico, la zona Norte del lago ha sido el foco de investigación de los principales proyectos científicos que se han especializado en el tema. Las reconstrucciones paleoambientales (Abbot et al., 1997; Argollo y Mourguiart, 1995; Binford et al., 1997; Mourguiart et al., 1995a, 1995b) y paleohidrológicas (Lavenue, 1992; Wirrmann et al., 1992; Ybert, 1992) se han enfocado, la mayoría del tiempo, en muestras, testigos, y núcleos obtenidos de la zona Norte. Esta característica nos permite afirmar, debido a la ubicación geográfica -en relación a esta zona- de la subcuenca del río Suches, que los datos que son empleados en esta investigación, son precisos a la hora de generar modelaciones.

2.3 MARCO HISTÓRICO-ARQUEOLÓGICO

2.3.1 Síntesis de la investigación en la Zona Norte del lago Titikaka

Aunque la investigación en el área de estudio es la menos desarrollada, en relación a otras áreas alrededor del lago, actualmente varios proyectos científicos centran su interés en ésta. Sin embargo, es necesario comprender la evolución de la investigación arqueológica, paleohidrológica y paleoambiental en la zona, en orden de caracterizar, de la forma más fiable posible, la evolución del pensamiento científico que, hasta el momento, se ha acumulado.

En la temática arqueológica, muy tempranamente, destacan investigadores como Ephraim George Squier (1877) quien visitó Escoma en 1864, describiendo un gran conjunto de chullpas o torres funerarias elaboradas en piedra, además de una pucara -fortificación- generando un mapa en el que

registra algunas ruinas al norte de Escoma (Cuhuani, en el mapa, Tiahuaní, en su texto) con torres funerarias de piedra planta cuadrangular. Otro viajero temprano es Adolph Bandelier quién en 1877, por solicitud del Museo Americano de Historia Natural de Nueva York, realizó una visita a ésta zona. Su aporte fue una etnografía de los ritos y creencias asociados con la cruz de Carabuco, referidas por Alonso Ramos Gavilán (1976 [1621]) y otros (Paredes, 1955, 1968; Gozuela, 1985). Complementan esta información los trabajos de Teresa Gisbert en relación al patrimonio artístico cultural de la región (Gisbert, 1994; Gisbert et al., 2006) y trabajos de síntesis generales acerca de su etnohistoria (Ballivián, 1995; Bouysse-Cassagne, 1975, 1992; Choque, 1993; Saignes, 1986).

En la primera mitad del siglo XX habrían de iniciarse las indagaciones arqueológicas -sistemáticas- en la zona. Una de las primeras, y más relevantes, investigaciones sería llevada a cabo por Maks Portugal Zamora (1961), quién se ocupó de recabar información de los residentes locales y seguir los reportes de viajeros, evacuados desde la década de 1940. Su registro contempla varios sitios con esculturas líticas, que asoció con la tradición escultórica pre-Tiwanaku que denominaría "Pa-Ajanu".

Como refiere Ponce (et al., 1992), en 1968, como complemento a sus exploraciones en el Lago Titikaka, el investigador francés Jacques Cousteau, y su equipo, realizaron inmersiones subacuáticas exploratorias en la Bahía de Huaychu, en las cercanías de Puerto Acosta. Se eligió esa locación debido a rumores de que ahí existía una posible ciudad sumergida, llegando solamente a relevar los restos de muelles republicanos abandonados.

Se conoce que entre finales de la década de 1970 y mediados de la década de 1980, el Instituto Nacional de Arqueología de Bolivia -INAR- realizó el primer catastro arqueológico de la región del Lago Titikaka (ejecutando extensas prospecciones, algunas de ellas en la zona Norte). Varios reportes generados por este emprendimiento constituyen el sustento investigativo más importante de éste marco histórico-arqueológico (c.f., Arellano, 1985; Estévez, 1985; Ostermann, 1978; Portugal Ortiz, 1985a, 1985b; Rivera y Tapia, 1984). El

investigador Eduardo Pareja Siñanis (1996), también parte del INAR, ha realizado varios reconocimientos arqueológicos en la Zona Norte.

Jimena Portugal Loayza (2001) realizó la primera prospección regional de cobertura total en la Zona Norte, que fuera acompañada con excavaciones y análisis del material recuperado; la misma fue complementada y mejorada recientemente (Portugal (Ed.), 2017).

Actualmente, el *Proyecto Arqueológico de Redes de Interacción Altiplano-Valles Interandinos (PARIAVI)*, realiza prospecciones a escala regional de la zona Norte, cubriendo, hasta el momento, todo el municipio de Escoma (Lémuz et al., 2016; Janusek et al., 2017), e iniciando etapas prospectivas en Puerto Acosta este año. El proyecto está construyendo una geodatabase de gran alcance, cuyo registro será enriquecido en base a los resultados de la modelación que pretende generar el presente proyecto de grado.

Por otra parte, desde 1978 (con la ORSTOM) hasta 1997 (proyecto Wila Jawira), varios han sido los aportes en investigación paleoambiental y paleohidrológica en la cuenca del Titikaka, y zonas aledañas. Estos aportes constituyeron, inicialmente, una complementación a los estudios de Thompson (et al., 1985) realizados a núcleos obtenidos en el nevado *Qelccaya*, que podrían resumirse en una tabla de ciclos lluviosos a áridos (años d.C.), insuficiente para ésta investigación (aunque esclarecedora), como la siguiente:

Tabla 3: Ejemplo de ciclos de lluvia/aridez de acuerdo a los núcleos del nevado Qelccaya (años d.C., propio)

CICLOS LLUVIOSOS	CICLOS ÁRIDOS
1870 - 1984	
	1720 - 1860
1500 - 1720	
	1250 - 1310
760 - 1040	
	650 - 730
610 - 650	
	540 - 610

A partir de ella, podemos ver que existe un patrón en los ciclos, de entre 40 y 80 años –inicial- y de 140 a 220 años –tardíamente- de estabilidad climático-ambiental, para dar paso a un cambio. El esquema paleoambiental y paleohidrológico, resultante de todas las investigaciones mencionadas con anterioridad (Abbot et al., 1997; Binford et al., 1997; Mourguiart et al. 1995; Servant y Fontes, 1978; Wirrman et al., 1992; Ybert, 1992) y otras más modernas, debe ser entendido en contexto con el esquema prehispánico de poblamiento humano, como se desarrolla en el siguiente sub-acápite.

Finalmente, es importante reseñar que las particularidades observadas en el registro paleoclimático se corresponden, de alguna forma, con las mediciones y análisis modernos de la cuenca del Titicaca. En su informe sobre el *Balance Hídrico y Escenarios de Cambio Climático en el Lago Titicaca*, Gutierrez y Molina (2014) señalan que la precipitación contribuye con más del 50% al aporte de agua directa al lago, constituyéndose en una de las principales fuentes de aporte. Ya en 1967, Kessler y Monheim señalaban que “Debido a la fuerte evaporación en la inmensa superficie del lago, el aire es aquí mucho más húmedo que en los territorios vecinos por lo que se registran también aquí de un modo correspondiente más precipitaciones.” (1967:4). Ambas publicaciones coinciden en señalar que existe una correlación directa entre las precipitaciones medidas en el lago y el incremento del nivel de las aguas, o su descenso (puesto que en ausencia de precipitaciones la evaporación mantiene su promedio).

Lo anterior es claramente explicado por Carmouze et al. (1977) al puntualizar que la mayor parte de los aportes meteóricos del lago tienen lugar en el transcurso de la estación de lluvias (diciembre-marzo), mientras que las pérdidas están repartidas de manera uniforme durante el año (aseguradas en un 90% por la evaporación, que varía muy poco entre estaciones). De acuerdo con su trabajo, el lago recibiría el 72,8% de los aportes anuales totales entre diciembre y marzo, por lo que la fluctuación estacional del plano de agua se relacionaría a una irregularidad de éstos aportes. Además, se enfatiza que a cada metro que disminuye o aumenta el nivel de las aguas, corresponde una variación de 290 km² de superficie (unos 1450 km de zona ribereña inundable).

2.3.2 Características y particularidades en la periodificación

Para complementar el resumen precedente, sobre las investigaciones científicas en la zona, se despliega la siguiente síntesis del conocimiento arqueológico, paleohidrológico y paleoambiental, ordenado en base al cuadro cronológico presentado en el capítulo I (conformando así nuestra periodificación zonal).

2.3.2.1 Período Arcaico (10.000-1.800 a.C.)

Las evidencias de asentamientos de este período en la Zona Norte, al igual que en buena parte del Lago Titikaka, son escasas. Según información paleoambiental y paleohidrológica, desde inicios del Holoceno, hasta aproximadamente 1.400 años a.C. (a en el Formativo), el Lago Titikaka estaba en su nivel más bajo y era prácticamente inexistente, reportándose que este período habría presentado un lago Titikaka de 21 metros por debajo del nivel actual (que es de aproximadamente 3.812 m.s.n.m.), como señalan Wirrmann y De Oliveira (1987), Wirrmann (et al. 1988), Binford (et al., 1997), Cross (et al., 2000, 2001) y D'Agostino (et al., 2002). Sin embargo, la presencia de diatomeas de agua dulce, justamente en la zona Norte, sugeriría un período breve de humedad, acaecido entre 5.100 4.900 años a.C. (Baker et al., 2001; Servant-Vildar, 1992; Tapia et al., 2003).

Como resultado de lo anterior, puede suponerse una mayor aridez y enfriamiento en la región, por lo que el asentamiento humano sería, también, menos probable. Sin embargo, existen evidencias, provenientes de la subcuenca del río llave en el Perú, mostrando que podrían existir restos de poblaciones humanas adaptadas a los recursos ambientales regionales (Stanish et al. 2006). Partiendo de los mismos indicadores reconocidos en esa investigación, podría suponerse que las terrazas aluviales y arenales asociados con el Río Suches, y otros ramales menores que desembocan en el Lago Titikaka, se muestran como idóneas locaciones para la investigación de sitios tempranos, relacionados con éste período inicial de ocupación humana.

Portugal Loayza (2001), sugiere la posible presencia de este tipo de ocupaciones en algunas cuevas y abrigos en la zona de Villa Puni, hipótesis apoyada, parcialmente, por Capriles (2007).

2.3.2.2 Período Formativo (1.800 a.C. - 500 d.C.)

Paleoambiental y paleohidrológicamente hablando, se trata de una época de mejora en las condiciones de humedad, a partir del 1.400 a.C. (Argollo Mourguiart, 1995; Abbot et al., 1997; Binford et al., 1997; Mourguiart et al. 1995; Servant y Fontes, 1978; Wirrman et al., 1992; Ybert, 1992). Se calcula que el lago Titikaka, luego del 1.400 a.C. hasta el 1.000 a.C., se encontraba oscilando entre 11 y 4 metros por debajo del nivel actual. Posteriormente, habría sufrido:

1. Un período de aridez (entre el 1.000 el 800 a.C.) con 11 a 14 metros por debajo del nivel actual.
2. Un período lluvioso (entre 800 500 a.C.) con una subida hasta casi el nivel actual.
3. Un período de aridez (entre 450 250 a.C.) con 16 a 18 metros bajo el nivel actual.
4. Un período lluvioso (entre 250 a.C. el año 100 d.C.) con una subida hasta el nivel actual.
5. Un período de aridez (entre el año 100 el 350 d.C.) con 16 a 18 metros bajo el nivel actual.

En la cuenca del Lago Titikaka, el período Formativo constituye uno de los mejor estudiados. Varios son los fenómenos que suceden durante éste, siendo el sedentarismo, la domesticación de plantas y animales, y el uso de cerámica, aquellos que suelen caracterizarlo. Además, es durante este período que empiezan a gestarse las formaciones políticas que, en períodos posteriores, se convertirán en ejemplos de la complejidad social en la región (incluso como entes identificadores de períodos enteros, en todos Los Andes). En la Zona Norte, destacan los sitios Titimani, Challapata (ambos en Escoma) y Kachwirkala (en Achacachi), posiblemente asociados con el Período Formativo Tardío, debido a su mayor dimensión, así como a la presencia de arquitectura ceremonial compleja escultura monumental.

De acuerdo con Capriles, "La Zona Norte del Lago Titikaka durante el Período Formativo es ocupada de manera intensiva. Los asentamientos asociados a este período pueden dividirse en al menos tres fases, el Período Formativo

Temprano, el Período Formativo Medio y el Período Formativo Tardío. El Período Formativo Temprano se caracteriza por los inicios de sedentarización en la región. El Período Formativo Medio está asociado a un tipo de tecnología cerámica similar a la cultura Chiripa del sur del lago pero también se notan influencias de la cultura Qaluyo definida para la región norte del lado peruano del lago. Sociopolíticamente, durante este período se inician las primeras tradiciones ideológicas de importancia en la arquitectura ceremonial. El Período Formativo Tardío se caracteriza por desarrollos locales particulares que incluyen experimentación con tecnologías cerámicas localizadas. Es durante esta fase que se notan los inicios de sociedades jerarquizadas y se producen articulaciones a nivel regional en muchas zonas. La cultura Pucará del norte del lado peruano del lago se desarrolla durante este lapso temporal con claras influencias en varias regiones del lago, incluyendo la Zona Norte." (2007:7).

Éstas observaciones, relacionadas con la fase cerámica Qaluyo y la entidad Pucará, son apoyadas por investigadores del Perú (Flores et al., 2012; Klarich, 2005, 2012; Klarich Flores, 2010; Tantaleán Zapata, 2014), al precisar que la fase Qaluyo es el inmediato antecedente del desarrollo Pucará, una entidad con un fuerte dominio -político e ideológico- en la zona Norte peruana.

2.3.2.3 Período Horizonte Medio (500 – 1.200 d.C.)

En éste período, se observa una gran estabilidad en el nivel de las aguas del lago Titikaka. Tratándose de un período lluvioso y húmedo, sus aguas superaron, por muy poco, el nivel actual que conocemos. (Argollo Mourguiart, 1995; Abbot et al., 1997; Binford et al., 1997).

Éste período se caracteriza por presentar una integración regional, bajo el control del Estado de Tiwanaku (Albarracín-Jordan, 1999; Kolata, 1993; Stanish, 2003). Éste fenómeno, a su vez, se refleja en la aparición de centros de control regional, que facilitaban el intercambio y articulaban asentamientos menores (enfocados en la extracción de recursos y la agricultura a gran escala). Sobresale, especialmente, la construcción de importantes campos agrícolas terrazados. Como precisa Capriles, "El acceso hacia los valles orientales era de primera importancia para Tiwanaku, y existen fuertes evidencias de su presencia en

valles como Sorata y Charazani, de donde se proveían de maíz, coca, plantas psicotrópicas y otros productos de tierras bajas." (2007, p. 8).

Los principales asentamientos Tiwanaku de la zona Norte, centros de alta importancia política y religiosa, son: Kachwirkala (en Achacachi), Pucara de Escoma (en Escoma) y Keskapa (en Ancoraimos). Stanish (2003), explicando la hegemonía y la estrategia de control sociopolítico de Tiwanaku, ha planteado que el control directo de la cuenca por parte de este Estado, culminaba hacia el Este en el Río llave y hacia el Oeste en el Río Suches.

2.3.2.4 Período Intermedio Tardío (1.200 – 1.500 d.C.)

Se trata de un período de severa aridez, que, de acuerdo con los registros paleoambientales y paleohidrológicos, habría generado un descenso de entre 13 a 18 metros de las aguas del lago Titikaka, entre el 1.150 y el 1.450 d.C. (Abbot et al., 1997; Wirrman et al., 1992; Ybert, 1992).

Posterior al Período de hegemonía Tiwanaku, se presenta una disgregación de los distintos grupos étnicos de la región, conformando agrupaciones locales y macrorregionales amplias, con miras a lo que se ha denominado el modelo de "Control Vertical de un Máximo de Pisos Ecológicos" (Murra, 1975). La región del Lago Titikaka contemplaba al menos tres grandes confederaciones, los Pacajes al sudeste, los Lupaqa al sudoeste y los Qollas en el noroeste. La Zona Norte correspondería a la región de Omasuyus, siendo Ancoraimos el último poblado importante de la división Qolla-Omasuyus, y Achacachi el primero de la división Pacajes-Omasuyus (Bouysse-Cassagne, 1987, 1992; Julien, 1979, 2004; Saignes, 1986).

Dada la gran cantidad de fortalezas diseminadas por la región, es claro que la misma se hallaba enfrascada en fuertes conflictos entre las distintas zonas. De hecho, la mayoría de los sitios de gran tamaño, en la zona Norte, datan de este período, así como la mayor densidad de terrazas agrícolas, y las estructuras funerarias de tipo torre (también denominadas *chullpas*).

2.3.2.5 Período Horizonte Tardío (1.500 – 1.600 d.C.)

En este período, las aguas del lago Titikaka habrían alcanzado su nivel actual. (Abbot et al., 1997; Wirrman et al., 1992; Ybert, 1992).

El dominio Inca de la porción sur del Imperio, conocido como Collasuyu, se inició a inicios del siglo XV a partir de las conquistas de Inca Pachacuti y culminó con la invasión española. En el caso de la Zona Norte, numerosas fuentes relatan la conquista y el subsiguiente aplacamiento de diversas rebeliones de los Qollas a través de una invasión inicial apoyada por alianzas con los Lupaqas y otros grupos vecinos. La conquista de los Collas fue uno de los mayores logros del Imperio Inca, ya que permitió consolidar su hegemonía en los Andes sur centrales (Bouysse-Cassagne, 1992; Choque, 1993; Gisbert, 1994; Julien, 2004).

Meyers (2002) y Saignes (1986) sugieren que varios grupos de *mitimaes* fueron localizados en la Zona Norte, como parte de las estrategias de control y cambio poblacional del imperio. Las evidencias más concretas de la hegemonía Inca, además del camino de Omasuyos (parte fundamental del Qapaq Ñan), incluyen componentes en los actuales poblados de Achacachi, Ancoraimes, Carabuco y Escoma, que fueron centros de administración regional del imperio. De acuerdo con Capriles, "Debido a la continuidad de ocupación pasada y actual de estos poblados, las evidencias de ocupaciones prehispánicas han sido fuertemente obliteradas dejando escasos restos visibles en superficie. Es posible que algunos de los conjuntos de chullpas o torres funerarias y particularmente las de mayor tamaño daten al Período Inca. Interesantemente, es en los sitios rituales donde se encuentra mayor cantidad de evidencia Inca en la zona." (2007, p. 11).

2.3.2.6 Síntesis de variaciones de nivel en las aguas del Lago Titikaka

De acuerdo al desarrollo precedente, las aguas del lago habrían sufrido variaciones constantes, relacionadas a particularidades ambientales sucedidas en distintos momentos, al interior de cada período. El punto de partida de éstas variaciones sería el nivel más bajo del lago, registrado para el 1.400 a.C., en el que se habría hallado a un promedio de 3.791 m.s.n.m.

El cuadro resultante, considerando descensos y ascensos, sería el siguiente:

Tabla 4: Variación ajustada de los niveles del lago, con respecto al nivel actual de 3.812 m.s.n.m. (propio)

PERÍODO	Etapa	RANGO TEMPORAL	VALOR MÁXIMO
Formativo	I	1.800-1.400 a.C.	3.791 m.s.n.m.
	II	1.400-1.000 a.C.	3.808 m.s.n.m.
	III	1.000-800 a.C.	3.798 m.s.n.m.
	IV	800-500 a.C.	3.812 m.s.n.m.
	V	500-250 a.C.	3.794 m.s.n.m.
	VI	250 a.C.-100 d.C.	3.812 m.s.n.m.
	VII	100-400 d.C.	3.794 m.s.n.m.
Formativo - Horizonte Medio	I	400-1.150 d.C.	3.812 m.s.n.m.
Horizonte Medio – Intermedio Tardío	I	1.150-1.450 d.C.	3.794 m.s.n.m.
Intermedio Tardío – Horizonte Tardío	I	1.450-1.500 d.C.	3.812 m.s.n.m.

2.4 MARCO LEGAL

Al tratarse de una investigación que trata con Patrimonio Arqueológico, la misma se halla circunscrita a los principios de protección del patrimonio que emanan de la Constitución Política del Estado, la Ley nº 530 "del Patrimonio Cultural Boliviano", y las cartas y convenios internacionales suscritos por nuestro Estado.

Nuestra CPE señala:

Artículo 99.

II. El Estado garantizará el registro, **protección**, restauración, recuperación, revitalización, enriquecimiento, promoción y difusión de su patrimonio cultural, de acuerdo con la ley.

III. La riqueza natural, **arqueológica**, paleontológica, histórica, documental, y la procedente del culto religioso y del folklore, es patrimonio cultural del pueblo boliviano, de acuerdo con la ley.

Artículo 108. Son deberes de las bolivianas y los bolivianos:

14. Resguardar, defender y proteger el patrimonio natural, económico y cultural de Bolivia.

La Ley N° 530 (2014) señala:

ARTÍCULO 4. (DEFINICIONES). Para efectos de la presente Ley y su reglamento, entiéndase por:

32. **Protección.** Son todas las medidas necesarias para evitar el daño, deterioro o pérdida del Patrimonio Cultural.

ARTÍCULO 35. (DECLARATORIAS DE PATRIMONIO CULTURAL NACIONAL).

II. Los vestigios y contextos arqueológicos, paleontológicos y subacuáticos no requieren declaratoria expresa para ser reconocidos como Patrimonio Cultural Boliviano.

Debido a ello, las ubicaciones georreferenciadas de sitios, complejos y yacimientos arqueológicos se presentan solo en mapas, nombrando, durante el desarrollo del documento, a las instituciones que poseen los bancos de datos centralizados, con datos originales, para su solicitud, en caso de necesidad.

Finalmente, todos los datos vectoriales iniciales, empleados en la generación de redes hídricas y la subcuenca del Suches, proceden del portal GeoBolivia, y sus metadatos los presentan como productos validados bajo los estándares del Instituto Geográfico Militar (IGM) el Comité Interinstitucional de la Infraestructura de datos Espaciales del Estado Plurinacional de Bolivia (IDE-EPB) para el Sistema de Referencia Geodésico del Estado Plurinacional de Bolivia (Bolivia, 2015). Por lo tanto, el proyecto generará un producto acorde con los

requerimientos técnicos del Marco de Referencia Geocéntrico Nacional (MARGEN), de acuerdo a los parámetros de la *Norma Nacional de Generación, Intercambio Difusión de Información Geográfica del Estado Plurinacional De Bolivia - NIG Bolivia*, mismos que han sido tratados *in extenso* por los especialistas del campo (Echalar y Sánchez, 2010a; 2010b).

CAPÍTULO III

3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

La investigación se fundamenta en un enfoque holístico-inductivo-ideográfico, combinando tanto características cuantitativas como cualitativas (investigación mixta), por lo que no contempla la creación de hipótesis previas, si no que se desarrolla partiendo de los constructos que van generando los datos y modelaciones que se crearán con ellos. (Hernández-Sampieri et al., 2014).

3.1.1 Método Mixto

Este método recolecta y analiza datos de índole cuantitativa y cualitativa, generando una interpretación de toda la información en su conjunto. Hernández-Sampieri (et al., 2014), y otros, lo definen como "un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada (metainferencias) y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2008)" (citado en Hernández-Sampieri et al., 2014). De acuerdo con ello, datos verbales, textuales, numéricos, simbólicos, visuales, espaciales, paisajísticos, y de otras variedades, se emplean para afrontar problemas científicos.

De acuerdo con los autores citados, existe una sustentación filosófica que caracteriza y explica las ventajas de los métodos mixtos en la investigación. A saber:

"De acuerdo con Creswell (2013a), Teddlie y Tashakkori (2012) y Hernández-Sampieri y Mendoza (2008), los métodos mixtos tienen las siguientes características:

- Eclecticismo metodológico (multiplicidad de teorías, supuestos e ideas).
- Pluralismo paradigmático.

- Aproximación iterativa y cíclica a la investigación.
- Orientación hacia el planteamiento del problema para definir los métodos a emplearse en un determinado estudio.
- Enfoque que parte de un conjunto de diseños y procesos analíticos, pero que se realizan de acuerdo con las circunstancias.
- Énfasis en la diversidad y pluralidad en todos los niveles de la indagación.
- Consideración de continuos más que dicotomías para la toma de decisiones metodológicas.
- Tendencia al equilibrio entre perspectivas.
- Fundamentación pragmática (lo que funciona, “la herramienta que necesitamos para la tarea: martillo, lija, serrucho, destornillador..., o una combinación de herramientas”).

Tales características se las otorga su sustento epistemológico que es el **pragmatismo** (O'Brien, 2013, Johnson y Christensen, 2012; Creswell y Plano-Clark, 2011; Morris y Burkett, 2011; Lieber y Weisner, 2010; y Greene, 2004), en el cual pueden tener cabida prácticamente la mayoría de los estudios e investigadores cuantitativos o cualitativos. También, un modelo paradigmático multidimensional de la metodología de la investigación que se ha desarrollado (Niglas, 2010)." (Ibíd., 2014:539).

Por lo tanto, la razón de su elección, bajo los parámetros, características y particularidades arriba expuestos, se relaciona con el tratado de un fenómeno natural (cuál es la inundación y recesión de las aguas del lago Titicaca) en relación con un fenómeno cultural (la elección de espacios y áreas de ocupación en distintos períodos del pasado prehispánico).

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente proyecto responde a las características de una investigación de tipo *descriptiva* en los fenómenos observados (fluctuación del nivel de las aguas del lago, locación de los sitios, complejos y/o yacimientos arqueológicos),

correlacional en el grado de asociación de estos fenómenos (Hernández et al., 2006) e *interpretativa* en cuanto a los resultados, a escala humana, de la asociación de estos fenómenos (Arnal, del Rincón Latorre, 1992), reflejada en la elección de la ubicación de los sitios, complejos y/o yacimientos arqueológicos.

3.3 UNIVERSO DE ESTUDIO

El universo de estudio de la presente investigación es la zona Norte del Lago Titikaka, reflejada en sus variaciones paleoambientales y paleohidrológicas, ambas responsables del comportamiento de éste cuerpo de agua y de sus afluentes, además de influir en la forma en la que el ser humano usó y ocupó el espacio geográfico inmediato.

3.3.1 Determinación Elección de la Muestra

La muestra a estudiar se halla relacionada a una extensión geográfica específica, la subcuenca del río Suches (cuyo trazo parte del lago, aproximadamente, en la coordenada 483207/8264929), y a una serie de elementos contenidos en su interior (los sitios arqueológicos, que reflejan la ocupación humana).

El río Suches cruza por 3 provincias (Camacho, Bautista Saavedra y Franz Tamayo) y 8 municipios (Escoma, Puerto Mayor de Carabuco, Moco Moco, Puerto Acosta, Humanata, Charazani, Curva y Pelechuco) del departamento de La Paz, cuyas características ambientales van desde los pisos ecológicos de tipo altiplano, hasta los de tipo valle. Su subcuenca atraviesa, también, territorio peruano (que no será evaluado en ésta investigación).

Acorde con la división político-administrativa, los sitios arqueológicos seleccionados se filtraron, en primera instancia, por su ubicación municipal. En segunda instancia, fueron filtrados aquellos que se hallaban al interior de la subcuenca del río Suches, descartando los que se hallaran fuera del límite.

3.4 SUJETOS VINCULADOS A LA INVESTIGACIÓN

Para el caso presente, se ha procedido a sistematizar y digitalizar la información obtenida de seis distintas entidades y/o proyectos de investigación:

- *USGS*. Quienes son los encargados, entre otros, de proveer datos de sensores satelitales como Landsat y Sentinel.

- *IDE-EPB*. Quienes, a través de la plataforma *GeoBolivia*, distribuyen, de forma abierta, las delimitaciones político-administrativas, entidades hídricas y otros archivos que forman parte de la cartografía nacional.
- *SNHN*. Mapa de batimetrías del Lago Titikaka (carta No. 3300, año 2015).
- *ORSTOM*. Actual IRD, responsable de la generación de la mayoría del conocimiento –científico- paleohidrológico y paleoambiental de la cuenca del Titikaka.
- *PARIAVI*. Inventario de sitios arqueológicos en el municipio de Escoma.
- *Proyecto del Lago Titikaka*. Inventario de sitios arqueológicos, y recopilación bibliográfica de sitios, en la zona Norte del lago Titikaka.
- *Proyecto Construyendo una Cartografía Cultural: El Catastro Arqueológico en los municipios Jesús de Machaca Escoma*. Catastro de sitios arqueológicos en el municipio de Escoma, del OPCA.

3.5 FUENTES DISEÑO DE LOS INSTRUMENTOS DE RELEVAMIENTO DE INFORMACIÓN

3.5.1 Fuentes de Investigación

De acuerdo con la propuesta de investigación, las fuentes empleadas son de naturaleza secundaria. Ello se debe a que no fueron recogidos datos de campo, o se aplicaron entrevistas, encuestas u observación directa, relacionada con la información georreferenciada a procesar.

De hecho, la información obtenida, como puede apreciarse en acápites anteriores, es el resultado del análisis documental y bibliográfico, de aquellos trabajos que se han ocupado de abordar el paleoambiente, la paleohidrología y la arqueología de la zona Norte del Lago Titikaka.

Por lo tanto, las principales fuentes son: Información Geográfica pre-procesada (USGS, IDE-EPB, SNHN), investigaciones científicas publicadas (ORSTOM, OPCA, e investigaciones independientes) e informes de investigación científica (PARIAVI, PDLT).

3.5.2 Diseño de los Instrumentos de Relevamiento de Información

Con la intención de sistematizar la información obtenida, para procesarla, posteriormente, mediante la aplicación del paquete de SIG definido (ArcGIS 10.5), se ha creado dos tipos de matrices de datos: a) Fluctuación del agua, b) Sitios Arqueológicos. Ambas matrices contienen la información total, que luego fue dividida en hojas de cálculo separadas, de acuerdo a las necesidades de análisis.

3.5.2.1 Matriz de Fluctuación del agua

La matriz, parcialmente adaptada de la presentada por Lémuz y Janusek (2016), contiene información de los ciclos de humedad/aridez de las variaciones (incrementos/descensos) de las aguas del Lago Titikaka, obtenida de publicaciones científicas del ORSTOM e investigadores independientes, que han publicado sus resultados en distintas revistas especializadas (ver Anexos 1).

La necesidad de crear una matriz de este tipo fue realizar una sistematización de toda la información que se hallaba semi-dispersa. Además, mediante ésta sistematización fue posible sintetizar la información en los cuadros de ciclos de lluvia/aridez y de variación de los niveles del lago (tabla 4).

Con la existencia de ésta matriz, es posible alimentar el paquete de SIG para modelar éstas variaciones en las aguas del lago.

3.5.2.2 Matriz de Sitios Arqueológicos

Contiene la totalidad de sitios arqueológicos de la cuenca Norte del Lago Titikaka, obtenida de la revisión de informes de proyectos de investigación (PARIIVI, PDLT) y publicaciones científicas (OPCA, investigaciones independientes), que han registrado y/o documentado evidencia arqueológica, con filiación cultural y/o temporal (ver Anexos 2).

El énfasis de la matriz es la separación de los sitios por período (ocupando cada uno una hoja de cálculo), y su georreferenciación espacial. También son importantes aspectos como el tipo de evidencia documentada, el nombre local – actual- del lugar de emplazamiento del sitio (o su código de inventario), y la tipología a la que se circunscribe. La columna de identificación de los sitios

corresponde a su código de inventario institucional, primando, en el caso de sitios registrados dos veces, aquellos que han sido publicados.

La matriz alimenta el paquete de SIG, para el relacionamiento de las modelaciones paleohidrológicas con los puntos de ocupación/actividad humana.

3.6 PROCESAMIENTO ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Toda la información obtenida, y sistematizada a partir de matrices de datos, se procesó en los paquetes informáticos de SIG QGIS y ArcGIS, versión 10.5, y las extensiones requeridas; la información está georreferenciada en el sistema UTM, dátum WGS84, zona 19 del Sur.

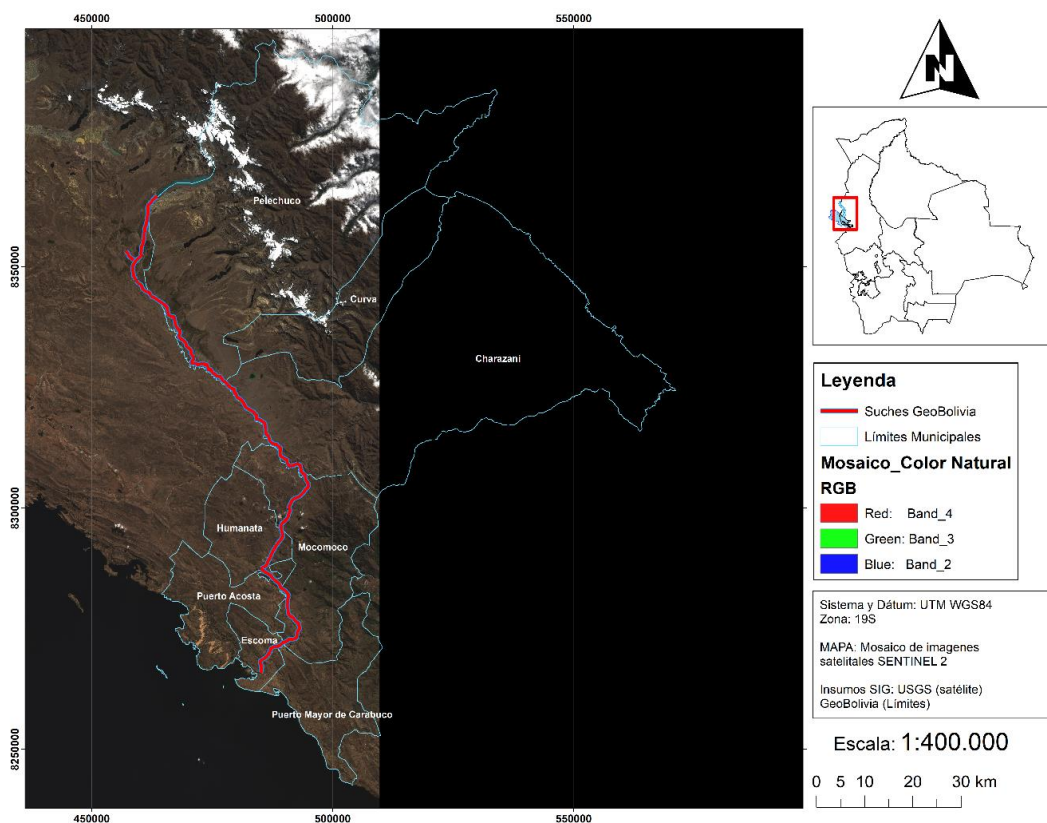
Varias fueron las etapas de procesamiento de información, desde la generación de archivos vectoriales que representen las formas de las entidades hídricas relacionadas (zona Norte del Lago, río Suches), pasando por la generación de la subcuenca hídrica del Suches y la elección de los sitios arqueológicos al interior de ella, hasta la modelación de inundación y recesión de las aguas en cada período prehispánico.

A continuación, se describe cada uno de los procedimientos ejecutados.

3.6.1 Extracción de las formas reales de cuerpos de agua

El proceso de extracción del trazo real del río Suches, que se justifica por las necesidades de modelación posteriores, involucró el uso de imágenes satelitales SENTINEL 2, obtenidas desde el servidor de la USGS. Las imágenes cubren la banda vertical que ocupa el río Suches, tienen los siguientes códigos: T19LDC_20180522T144729 (al Sur, desde el origen del río en el Lago Titicaca hasta los municipios de Humanata Moco Moco) T19LDD_20190706T144739 (al Norte, desde Humanata y Moco Moco hasta el final del río en la laguna Suches). Ambas fueron seleccionadas, empleando el trazo aproximado del río (obtenido de GeoBolivia), por la casi total ausencia de nubes en la toma, lo que las hace poco comunes, dada la presencia casi constante de nubes en el área. (Figura 3)

Figura 3: Mosaico de tomas satelitales SENTINEL 2 utilizadas (propio)

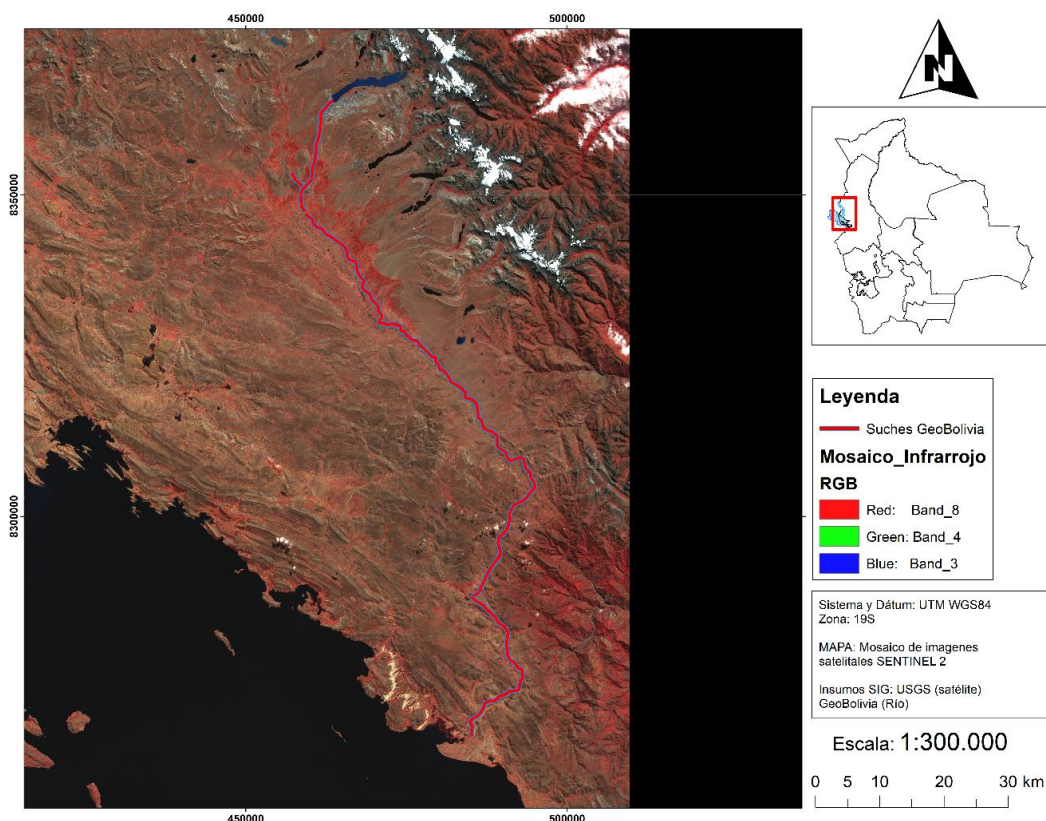


El procedimiento de extracción es el siguiente:

Inicialmente, se empleó el programa QGIS para la corrección atmosférica, mediante Sustracción de Objetos Oscuros (o DOS, en inglés) con el “método de Chávez” (Chávez, 1988; 1996), de las tomas satelitales, aplicando la herramienta de Pre procesamiento automatizada, de la Extensión Semi-Automática de Clasificación (SCP).

Con las tomas corregidas, ya en el programa ArcGIS, se generó un ráster de composición de bandas de color falso, para la diferenciación de agua/tierra. En el caso de nuestras tomas, la composición más útil fue la de Falso Color Infrarrojo (bandas 8, 4 y 3), para cada toma satelital. Luego se unió ambas tomas en un mosaico (Figura 4).

Figura 4: Mosaico de tomas con color falso (propio)



Lo siguiente es emplear una herramienta de clasificación automática, para la definición de clases en las imágenes. Aquí se empleó la herramienta *Iso Cluster Unsupervised Classification* en “*Spatial Analyst Tools*”. Se usó el guarismo 6 en el número de clases, un valor de 2 para el tamaño mínimo de clase (el número mínimo de celdas en una clase válida) y un valor de 10 en el intervalo de muestreo. Definidas las clases, se re-clasificó la imagen, mediante *Reclassify* en “*Spatial Analyst Tools*”, en dos clases válidas (identificando y agrupando aquellas que representaban agua, separándolas de las que no).

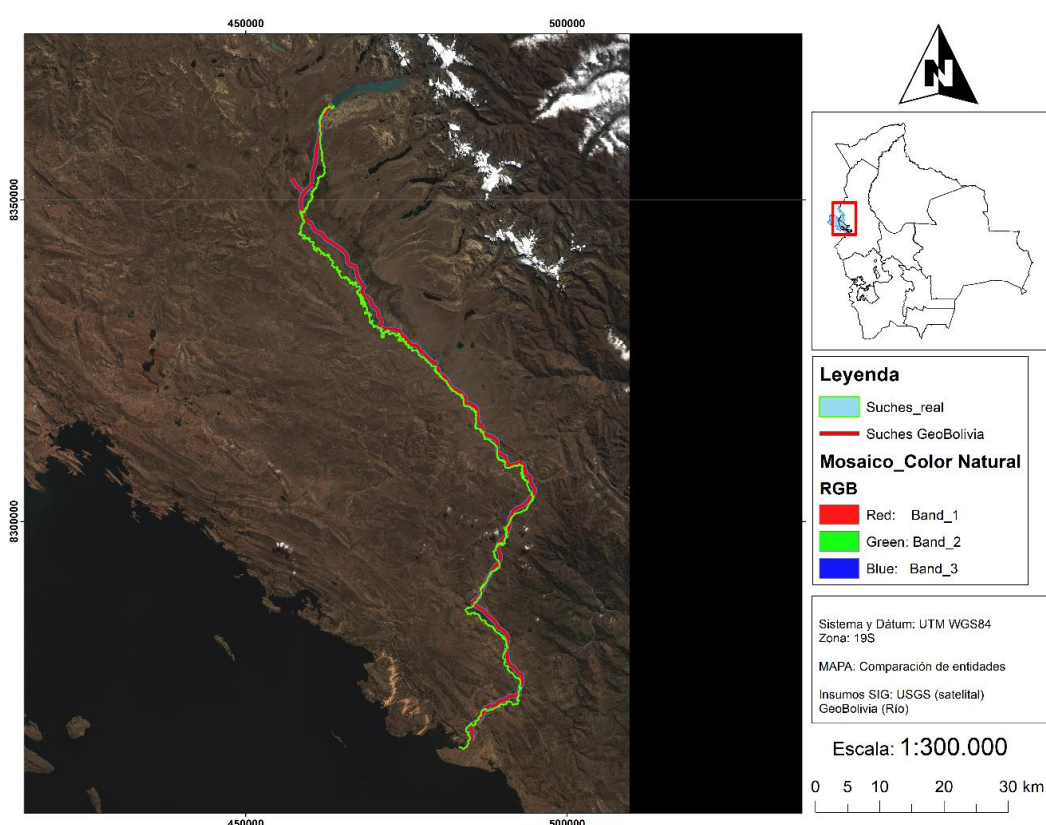
A continuación, se convirtió el ráster resultante, en una entidad vectorial de polígono (*Shapefile*). Se seleccionó los polígonos del trazo del río, extrayéndolos a una nueva capa vectorial.

Todo el trazo fue revisado y comparado con la imagen satelital (como capa inferior). Luego de algunas ediciones (eliminando áreas innecesarias), se obtuvo el trazo y forma real del río Suches, desde su nacimiento en la laguna Suches, hasta su desembocadura en el Lago Titikaka. Vale la pena recordar que aunque

las variaciones parecen insignificantes, la modelación podría verse afectada por imprecisiones en la consideración del trazo real, ya que al momento de comparar el trazo estimado (GeoBolivia) con el trazo real, se obtiene variaciones significativas. (Figura 5)

Aunque el mismo procedimiento puede ser empleado para obtener la forma del Lago Titicaca, se optó por utilizar el archivo de “Lagos del Estado Plurinacional de Bolivia, 2016” del servidor de GeoBolivia (proporcionada por el IGM, a partir de levantamientos y digitalizaciones de la Unidad Técnica Nacional de la Información de la Tierra, del Viceministerio de Tierras).

Figura 5: Comparación del trazo obtenido y el trazo aproximado (propio)



3.6.2 Delimitación de la subcuenca del río Suches

Para la delimitación de la subcuenca se empleó los siguientes elementos:

1. Archivos DEM (ALOS PALSAR) de la región del Lago Titicaca (tomas

AP_26534_FBS_F6850_RT1,	AP_26534_FBS_F6860_RT1,
AP_26884_FBS_F6850_RT1,	AP_26884_FBS_F6860_RT1,
AP_26884_FBS_F6870_RT1,	AP_26884_FBS_F6880_RT1,

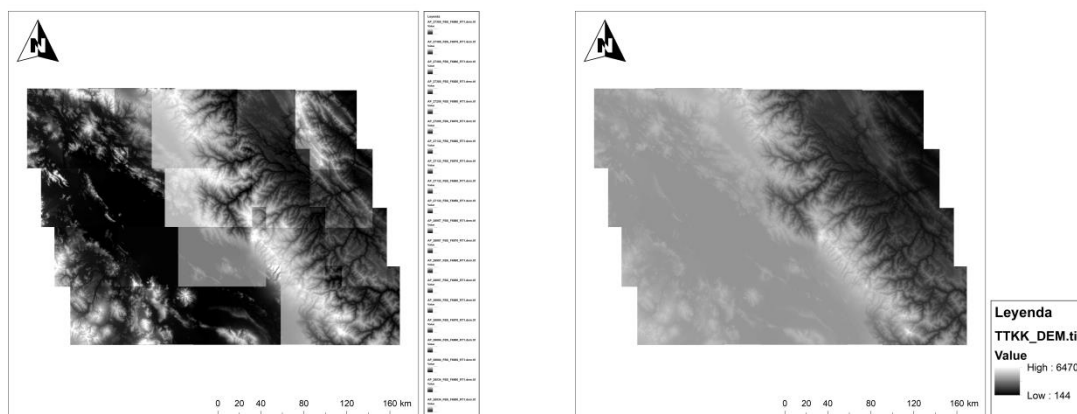
AP_26957_FBS_F6850_RT1,
 AP_26957_FBS_F6870_RT1,
 AP_27132_FBS_F6850_RT1,
 AP_27132_FBS_F6870_RT1,
 AP_27205_FBS_F6870_RT1,
 AP_27380_FBS_F6850_RT1,
 AP_27380_FBS_F6870_RT1, AP_27380_FBS_F6880_RT1),

AP_26957_FBS_F6860_RT1,
 AP_26957_FBS_F6880_RT1,
 AP_27132_FBS_F6860_RT1,
 AP_27132_FBS_F6880_RT1,
 AP_27205_FBS_F6880_RT1,
 AP_27380_FBS_F6860_RT1,

2. El archivo *Shapefile* resultante de la extracción del río Suches, realizada en el anterior sub-acápite.

En cuanto al tratamiento del DEM, se empleó la herramienta *Mosaic to New Raster*, contenida en "*Data Management Tools*" del ArcToolbox, con lo que se obtuvo un sólo ráster de toda la región, como se presenta a continuación:

Figura 6: Generación del mosaico DEM (propio)



Tomas DEM en Mosaico

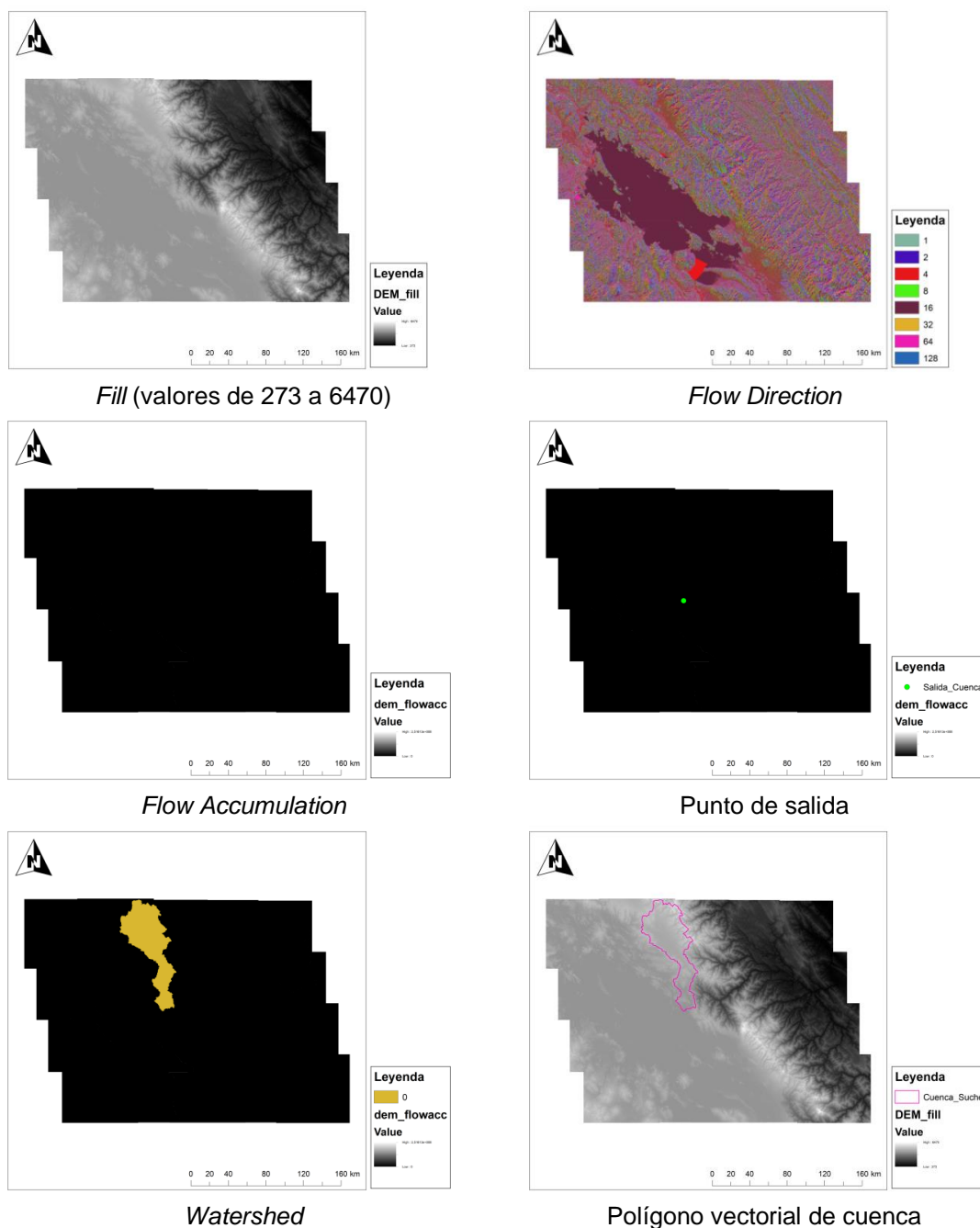
Mosaico procesado (valores de 144 a 6470)

Para la delimitación de la subcuenca, se procedió a usar las siguientes herramientas, de la caja *Hydrology* de "*Spatial Analyst Tools*" y de la caja *From Raster* de "*Conversion Tools*", en pasos sucesivos:

- a) *Fill* en el DEM procesado, para rellenar/limpiar espacios sin detección (ej. sumideros),
- b) *Flow Direction* en el DEM rellenado,
- c) *Flow Accumulation*, en el DEM de dirección de flujo,

- d) Creación de un *shapefile* que contiene el punto de salida de la subcuenca (dibujado sobre el DEM de acumulación de flujo anterior) en base a comparaciones con el polígono del Río Suches (previamente obtenido),
- e) *Watershed*, utilizando el DEM de dirección de flujo y el punto de salida,
- f) *Raster to Polygon (Conversion Tools)*, para transformar la subcuenca resultante, del paso anterior, a formato vectorial. Los resultados son:

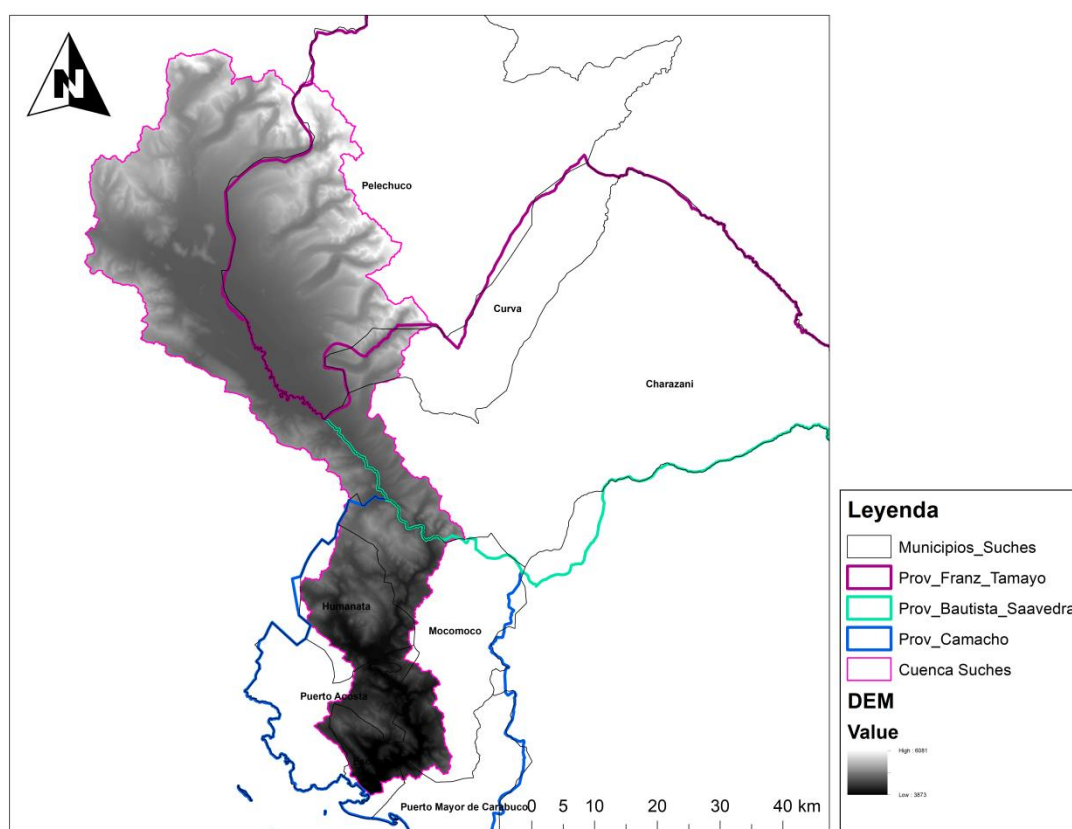
Figura 7: Resultados del procedimiento de delimitación de la subcuenca (propio)



Los cálculos aplicados al polígono de la subcuenca cuantifican un área total de 2956,31847 km², de los que 1800,924848 km² se hallarían al interior del territorio boliviano.

Finalmente, el DEM rellenado (*Fill*) fue recortado, con la herramienta *Extract by Mask* (*Spatial Analyst Tools*) en base al polígono calculado con anterioridad, para obtener el DEM de la cuenca. El resultado es el siguiente:

Figura 8: DEM recortado de la cuenca del río Suches (valores de 3873 a 6081) (propio)



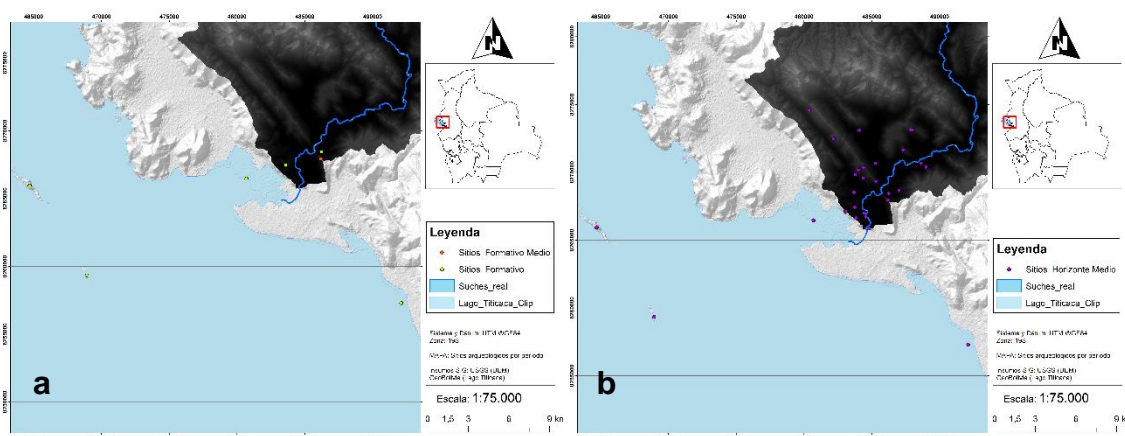
3.6.3 Elección de los sitios arqueológicos de la subcuenca del Suches

La base de datos inicial, que considera todos los municipios relacionados al trazo del río Suches, contempla un total de 4 sitios arqueológicos para el período Arcaico, 13 para el Formativo (en general), 4 para el Formativo Medio, 3 para el Formativo Tardío, 46 para el Horizonte Medio, 144 para el Intermedio Tardío y 38 para el Horizonte Tardío, contabilizando un total de 252 sitios arqueológicos.

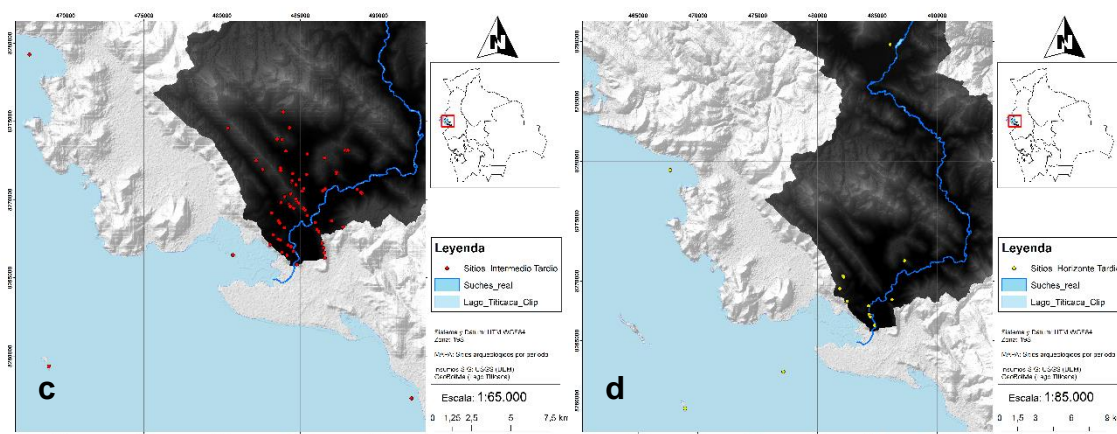
Sin embargo, no todos son útiles para la investigación, debido a que no serían afectados por la subcuenca del río Suches. Por lo tanto, una primera elección de los sitios se realizó borrando aquellos puntos que se hallan por fuera de la subcuenca, mediante la herramienta *Erase Point* de “*Editing Tools*”. El resultado, fue un total de 2 sitios para el Formativo, 1 para el Formativo Medio, 24 para el Horizonte Medio, 78 para el Intermedio Tardío y 14 para el Horizonte Tardío, no reportándose sitios para el Arcaico, ni para el Formativo Tardío. Llama la atención, que los sitios se agrupan en la porción extrema Sur de la subcuenca, en los municipios de Humanata y Escoma. (Figura 9)

La segunda elección de sitios se realizó mapeando los puntos de hallazgo “lacustre”² de la cuenca Norte del lago, tratándose de puntos con presencia de restos estructurales o hallazgo de materiales de ofrenda. Aunque las fuentes presentan muy poca información georreferenciada, se optó por una técnica de digitalización, mediante georreferenciación de mapas, para la ubicación de los puntos de hallazgo, contabilizando un total de 6 puntos. Éstos son presentados en el mapa del período al cuál se asocian (de acuerdo a interpretaciones de los investigadores que registraron los sitios).

Figura 9: Sitios arqueológicos seleccionados para el estudio: A) Formativo, b) Horizonte Medio, c) Intermedio Tardío, d) Horizonte Tardío. (propio)



² En base a información vertida en Ponce (ed., 1992) Delaere (2016).



3.6.4 Modelación de Inundación Recesión del nivel de las aguas del Lago Titicaca el Río Suches

3.6.4.1 Cotas (curvas de nivel, y curvas isobáticas)

Para la modelación, es necesario, inicialmente, definir los parámetros mediante los cuales se aplicarán los cálculos. Inicialmente, se partió determinando dos valores: el nivel actual (3812 metros) y el nivel más bajo registrado (3791 metros). Además, se retomó la información existente en la matriz de datos de fluctuación del agua, y se determinó una media de crecimiento/descenso, en metros, dividiendo la variación máxima en el nivel de las aguas entre la cantidad de años que le tomó al Lago Titicaca el completar el ciclo de variación. Como resultado, se obtuvo la siguiente tabla:

Tabla 5: Media calculada de la variación ajustada de los niveles del lago (propio)

PERÍODO	Etapas	RANGO TEMPORAL	VARIACIÓN	MEDIA
Formativo	I	1.800-1.400 a.C.	-21 m del nivel actual	INICIO
	II	1.400-1.000 a.C.	+17 m	+0,042 m/año
	III	1.000-800 a.C.	-10 m	-0,05 m/año
	IV	800-500 a.C.	+14 m	+0,047 m/año
	V	500-250 a.C.	-18 m	-0,072 m/año
	VI	250 a.C.-100 d.C.	+18 m	+0,05 m/año

	VII	100-400 d.C.	-18 m	-0,06 m/año
F.-H.M.	I	400-1.150 d.C.	+18 m	+0,024 m/año
H.M.-I.T.	I	1.150-1.450 d.C.	-18 m	-0,06 m/año
I.T.-H.T.	I	1.450-1.500 d.C.	Nivel actual	+0,36 m/año

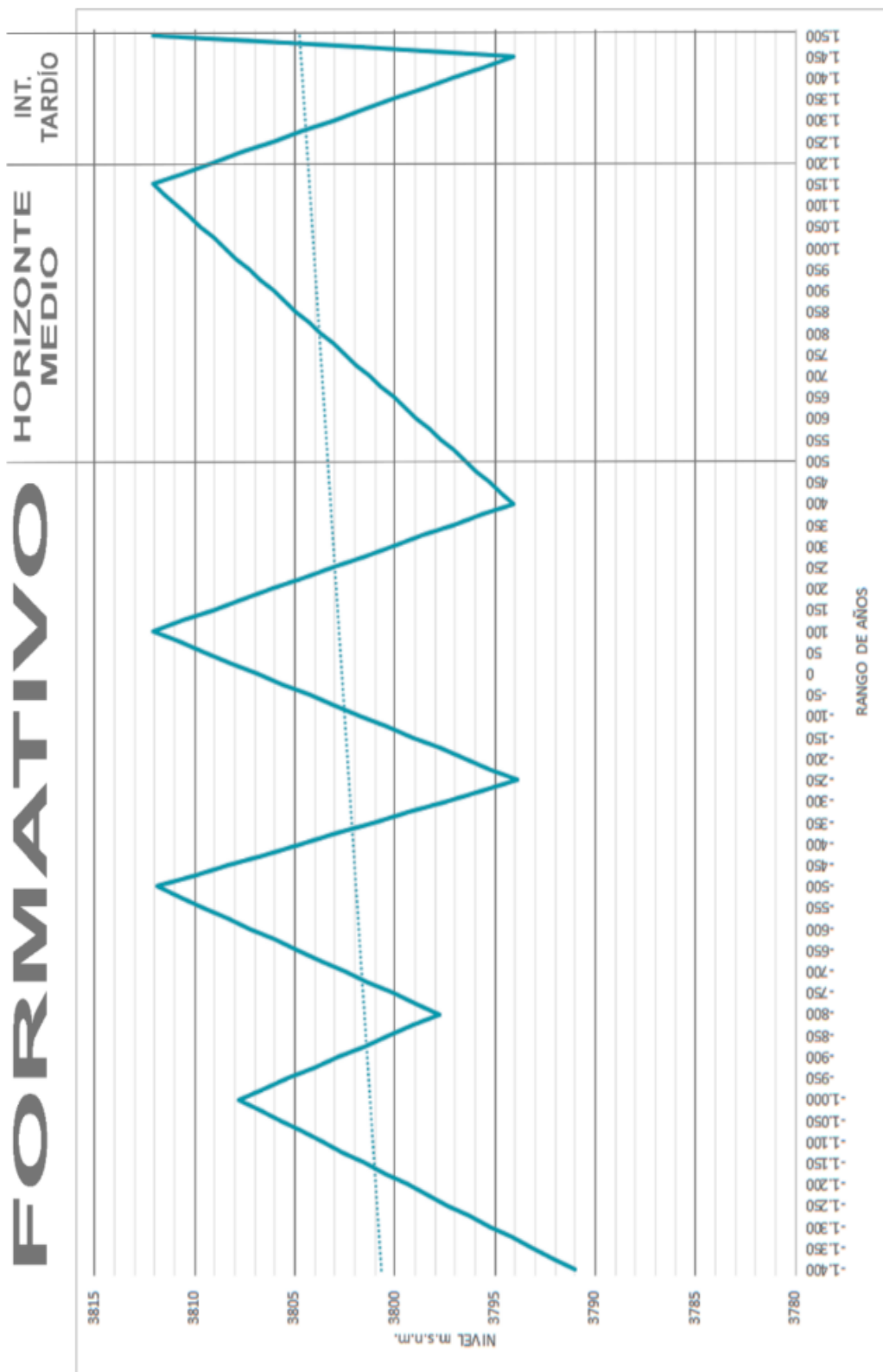
Con los valores de medias, se decidió emplear factores de incremento/disminución cada 25 años (denominados eventos), tomados como un valor promedio –estandarizado y ampliamente aceptado- de generación, de acuerdo al método histórico de la genealogía. De ésta manera, la tabla resultante sería:

Tabla 6: Eventos generacionales de variación en los rangos temporales determinados (propio)

PERÍODO	Etapa	RANGO TEMPORAL	NÚMERO DE EVENTOS	VALOR POR EVENTO
Formativo	I	1.800-1.400 a.C.	1	INICIO
	II	1.400-1.000 a.C.	16	+1,05 m
	III	1.000-800 a.C.	8	-1,25 m
	IV	800-500 a.C.	12	+1,175 m
	V	500-250 a.C.	10	-1,8 m
	VI	250 a.C.-100 d.C.	14	+1,3 m
	VII	100-400 d.C.	12	-1,5 m
F.-H.M.	I	400-1.150 d.C.	30	+0,6 m
H.M.-I.T.	I	1.150-1.450 d.C.	12	-1,5 m
I.T.-H.T.	I	1.450-1.500 d.C.	2	+9 m

El desarrollo de ésta tabla puede observarse en el Anexo 2. Vistos de otra manera, los 117 eventos generacionales se graficarían de la siguiente forma:

Figura 10: Picos de variación y tendencia de los niveles del Lago Titikaka (propio)



Con los parámetros definidos, se abordó el procesamiento de las batimetrías referidas en la carta naval HIDRONAV – 3300 (Pto. Acosta - Ancoraimes) del año 2015, que contempla la cuenca Norte del Lago.

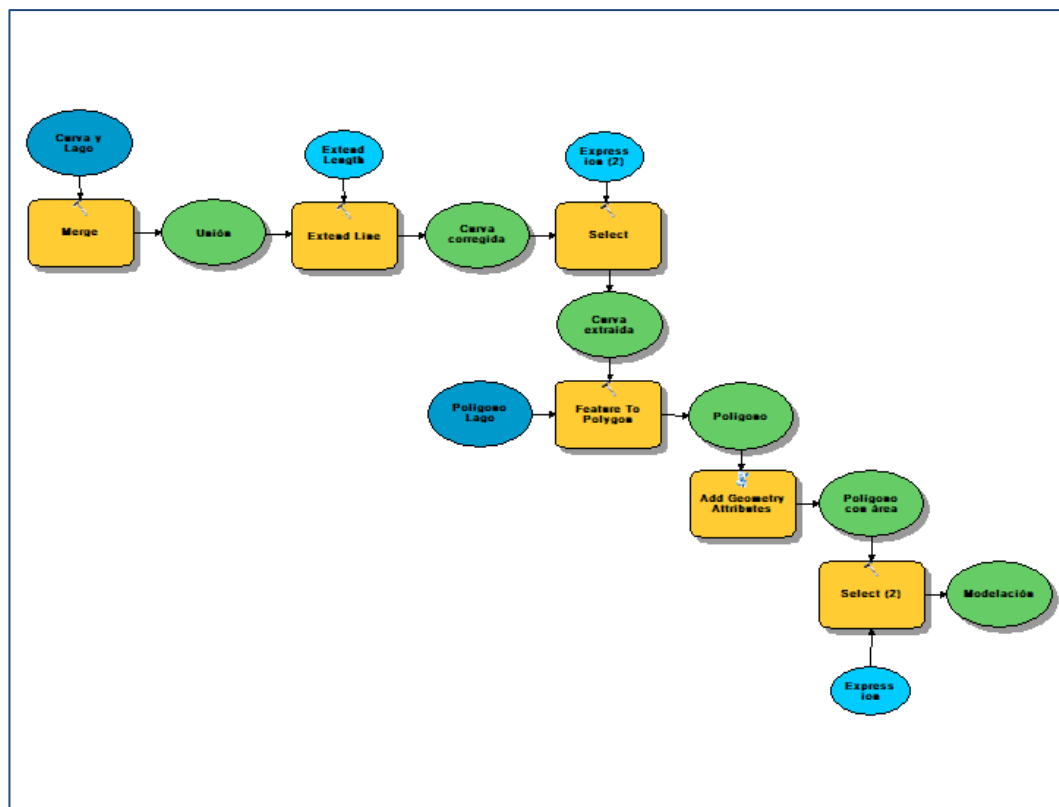
Se generó puntos georreferenciados a partir de la malla de medidas (herramienta *Feature to Point*, en *Data Management Tools*). Los puntos fueron usados en la creación de un TIN (herramienta *Create TIN*, en *3D Analyst Tools*), que fue transformado en un DEM (*TIN to Raster*, en *3D Analyst Tools*), del que se obtuvieron curvas isobáticas con 1 metro de intervalo (herramienta *Contour*, en *3D Analyst Tools*); se depuró todas las curvas profundas en la desembocadura del Suches y en el extremo Este de la cuenca, por tratarse de parámetros modernos que, en la antigüedad, podrían haber conformado pequeñas lagunas cerradas o reservorios de agua. Finalmente, se convirtió el polígono de la cuenca Norte en una polilínea, para compatibilizar los tipos de entidad (con las curvas).

Se decidió generar un mapa que resuma la situación de inicio y final de cada uno de los picos observados en la figura 10, contabilizando un total de 9 mapas, en correlación con el rango temporal en el que se encontrarían los sitios arqueológicos asignados para cada período. Para ello, se diseñó una serie de pasos que deberían conformar un modelo que permita automatizar el proceso. Los pasos son los siguientes:

1. Se unió las capas: Lago Titikaka (polilínea) y la curva isobática necesaria.
2. Para corregir problemas con la extensión de las curvas, en caso que no intersectaran al Lago, las mismas se extendieron hasta intersectar los márgenes del Lago.
3. Luego de corregir la extensión de las curvas, se eliminó el contorno del Lago (por no representar una curva en sí).
4. Se unió las curvas (polilínea) con el Lago Titikaka (polígono) en una nueva forma de polígono multiparte.
5. Se calculó el área de las nuevas partes de polígono generadas.
6. Se eliminó todos los polígonos que no cumplieran con un mínimo de área (en nuestro caso 200.000 ha), de forma que los espacios no consignados al interior de las curvas desaparecieran.

El resultado de lo anterior, es el siguiente modelo:

Figura 11: Modelo creado para la obtención de mapas de niveles del lago, con cotas diferenciadas (propio)



3.6.4.2 Sitios Lacustres

Posterior a la obtención del modelo con las cotas correspondientes, se vació los puntos de sitios lacustres, para determinar la cota de afectación (para su visibilidad, o cobertura por las aguas).

Para ello, se empleó la herramienta *Interpolate Shape*, de *3D Analyst Tools*, utilizando el DEM del lago como superficie de ingreso. Luego de obtener la nueva entidad de puntos, se agregó el campo "Z" se aplicó la herramienta *Calculate Geometry*, para obtener los valores.

3.6.4.3 Río Suches

Dada la ausencia de mediciones para el río Suches, que sirvan como parámetro predictivo o comparativo, se tuvo que presuponer un menor flujo de éste en las épocas en que el lago se halla en niveles más bajos. Sin embargo, ésta suposición no afectaría las modelaciones, debido a que éstas no involucran las

variables de flujo y caudal como parámetros de alimentación del modelo (al no ser un modelo hidrológico).

3.6.4.4 Animación del movimiento de aguas

Como producto final, se generó una animación de la modelación de los 3.000 años de variación de los niveles de las aguas del lago, además de 4 animaciones que cubren el rango temporal de cada período.

Las mismas fueron realizadas empleando el paquete ArcScene, mediante la utilización de la barra de herramientas *Animation*. Inicialmente, se cargó el DEM de la cuenca Norte, además de la entidad Lago Titikaka (polígono), referida a las alturas base del DEM.

Con la barra *Animation*, en la pestaña *Animation Manager*, se introdujeron, manualmente, los valores de cota de los 117 eventos de variación (uno por cada cuadro); luego, se mantendría los necesarios para cada período. En los controles de animación se programó una duración de 60 segundos para cada una de las 5 animaciones.

El resultado, con la superposición de la capa de sitios lacustres con valores “Z”, es empleado como parte de la exposición del trabajo, para entender las variaciones correspondientes.

CAPÍTULO IV

4 INTERPRETANDO LA ARQUEOLOGÍA DE LA CUENCA NORTE DEL LAGO TITIKAKA, DESDE EL ANÁLISIS DE LAS MODELACIONES DE SIG SOBRE LOS NIVELES DE AGUAS

4.1 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Tanto las modelaciones como la generación de mapas, por período, fueron realizados en el paquete ArcGIS, con la aplicación del modelo referido en el anterior acápite. Generados los 9 mapas referidos con anterioridad, se obtuvo una serie de resultados para cada período de ocupación, que se desarrollan a continuación:

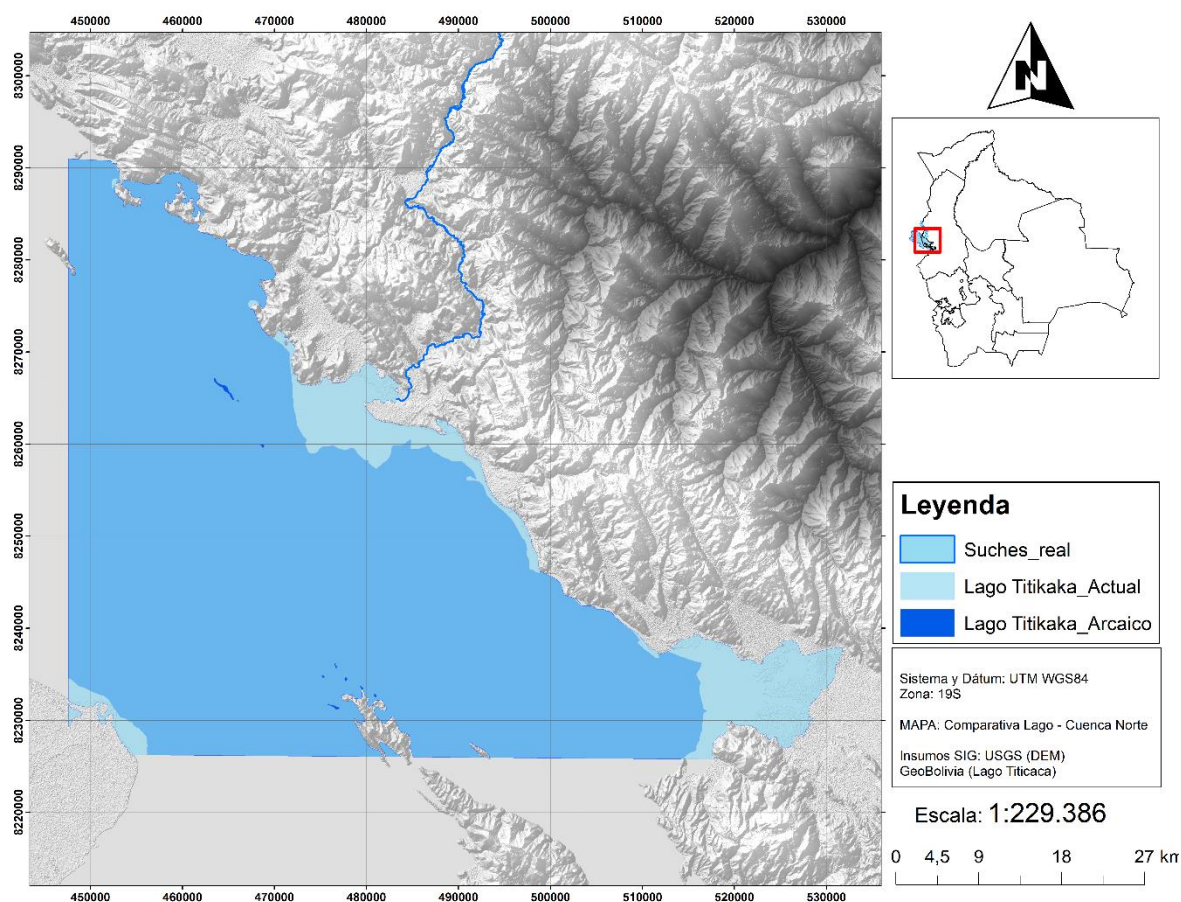
4.1.1 Período Arcaico

La inexistente evidencia arqueológica –verificada-, en la subcuenca del Suches, en éste período, no permite generar ningún tipo de interpretación en el relacionamiento de la variación de los niveles del lago Titikaka y la elección de espacios de actividad/asentamiento.

Sin embargo, las modelaciones de la cuenca Norte señalarían que, a diferencia de los propuesto por los investigadores de la misión ORSTOM, la cota en la que se hallaba el lago, a pesar de ser la más baja identificada, no afecta mucho su forma en la región (Figura 12), dado que es aquí que se detectan las cotas más bajas de todo el lago (llegando a 3538 m.s.n.m., según el DEM y las curvas isobáticas generados). La mayor probabilidad se halla relacionada con una desaparición del Lago Menor (Huiñaymarca), cuya modelación se halla fuera de los objetivos de éste trabajo.

Sin embargo, queda claro que un área de más de 10.000 ha, entre la desembocadura del río Suches y la ribera Sur de Puerto Carabuco, no existiría, afectando la forma que conocemos actualmente, durante más de 8.000 años.

Figura 12: Forma de la cuenca Norte del lago Titikaka, durante el período Arcaico (propio)



4.1.2 Período Formativo

Coincidiendo con el período Formativo Temprano, se observaría un Lago Titikaka que se recupera, muy lentamente, de su nivel más bajo (3.791 m.s.n.m.), para llegar a una cota de 3.795 m.s.n.m. Aunque las condiciones ambientales reflejan una mejora, especialmente significativa para la agricultura incipiente en andenes/terrazas (Lémuz y Janusek, 2016), los sitios arqueológicos fechados en ésta fase son prácticamente inexistentes en la subcuenca del Suches.

Hacia el Formativo Medio, el panorama nos mostraría un lago que incrementa su nivel desde 3.795 hasta 3.808 m.s.n.m., aproximadamente hacia el año 1.000 a.C. Ello coincide con el inicio de la tradición religiosa denominada “Yaya-Mama” (o Pa-Ajanu) (Chávez, 2012), cuyas poblaciones, como se ha observado en las regiones de la cuenca Este Sur del Lago Titikaka, exhiben un patrón de asentamiento relacionado con un óptimo aprovechamiento de recursos, por lo

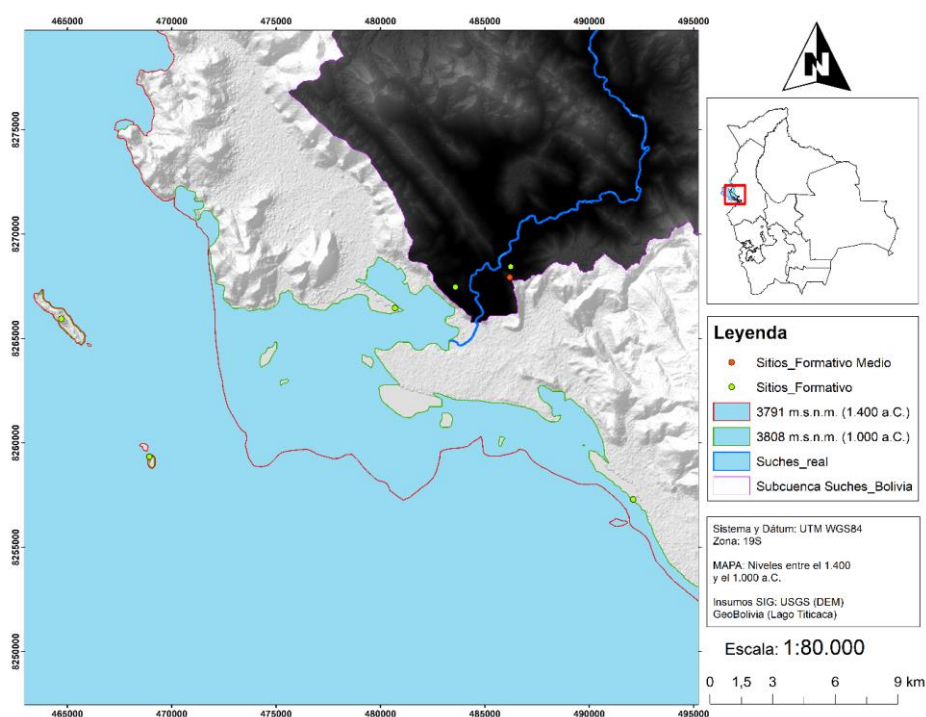
que la ocupación –no centralizada- refleja un uso discontinuo del espacio, bajo parámetros igualitarios/no jerárquicos (Browman, 1981; Albarracín-Jordan, 1992; Mathews, 1992; Lémuz, 2001, 2011; Stanish, 2007).

El mapa inicial (Figura 13), cubriendo un rango temporal entre el año 1.400 el 1.000 a.C., nos muestra un Lago Titikaca en dos extremos de su curva de crecimiento.

El primer extremo exhibe grandes áreas –más de 10.000 ha- desiertas visibles, en la desembocadura del río Suches y en el extremo este de la cuenca. Específicamente en la desembocadura, se observa dos sitios probablemente Formativos –con estructuras templarias- en islas lacustres, además de dos sitios con restos estructurales (supuestos muelles) fuera del límite de las aguas en la costa, con la cota más alta (3.808 m.s.n.m.). Los sitios en tierra se ubican entre 580 680 metros de distancia del río Suches, su distancia mínima con la costa del lago (hacia el 1.000 a.C.) es de 800 metros.

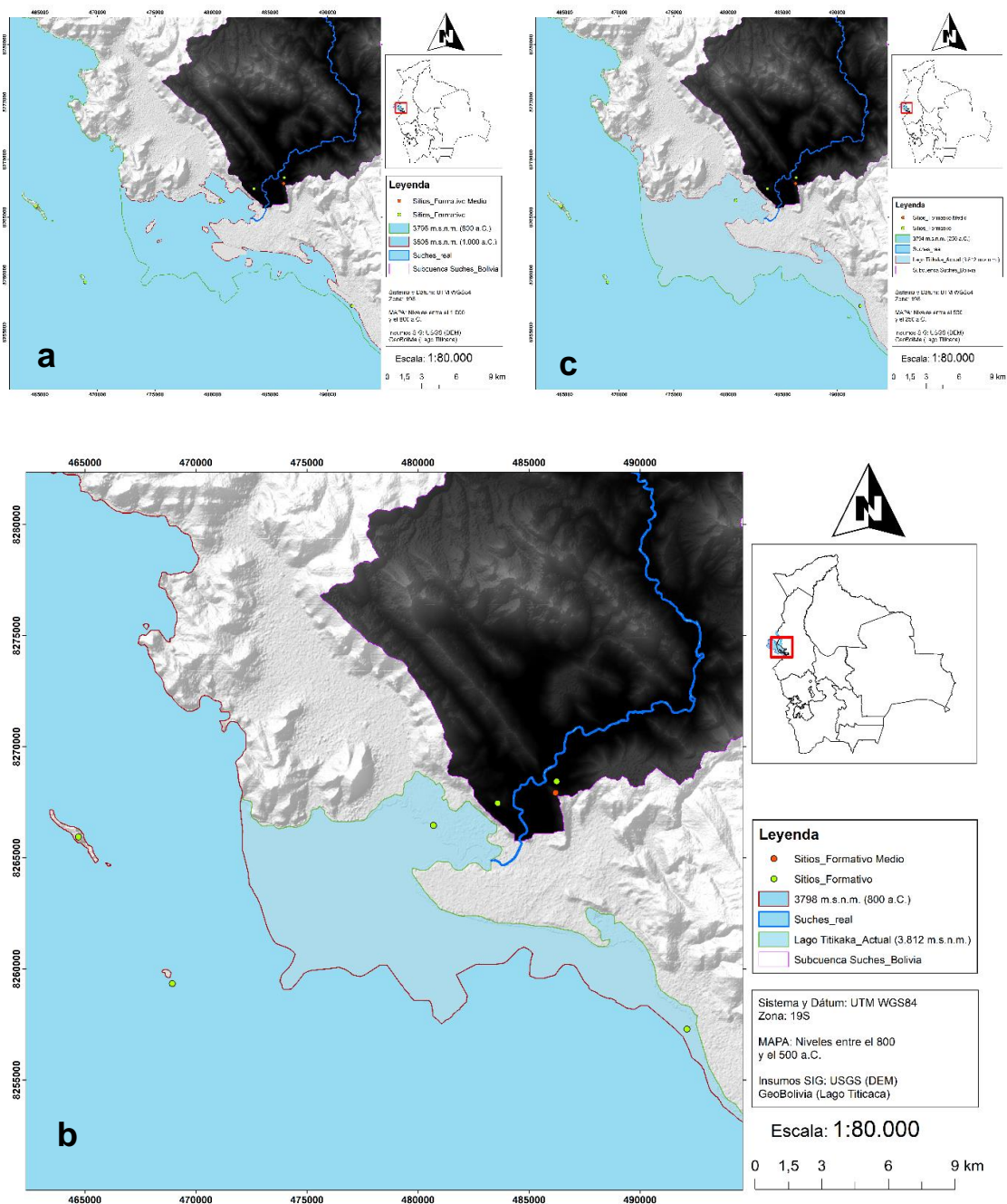
El otro extremo de la línea de crecimiento, exhibe un lago muy cercano a su forma actual, que aún no cubriría los sitios de la costa, aunque se hallaría a menos de 150 metros de éstos.

Figura 13: Niveles del lago en el rango entre el 1.400 el 1.000 a.C (propio)



El mismo fenómeno, con similar disposición espacial de los sitios, se repetirá durante todo el Formativo Medio, en los ciclos comprendidos entre el 1.000-800 a.C., 800-500 a.C. (en el que los sitios de la ribera son cubiertos por las aguas entre el 575-550 a.C.), 500-250 a.C. (en el que los sitios de la ribera son visibles de nuevo, hacia el 450 a.C.). (Figura 14, a, b, c, respectivamente).

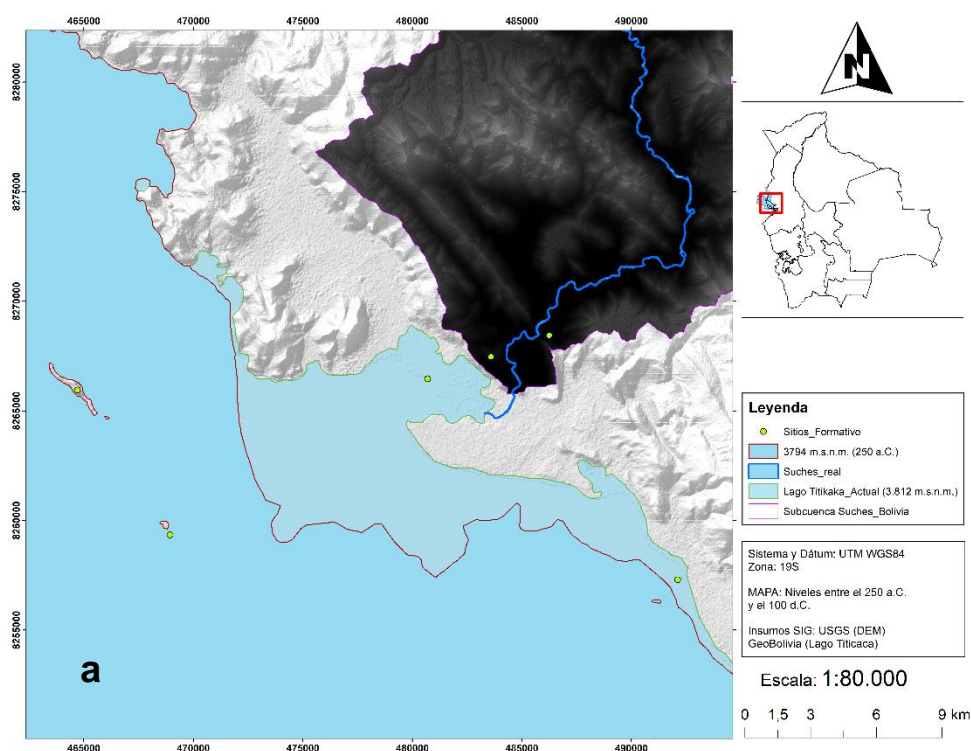
Figura 14: Ciclos de fluctuación durante el Formativo Medio, desde el 1.000 al 250 a.C.
(propio)

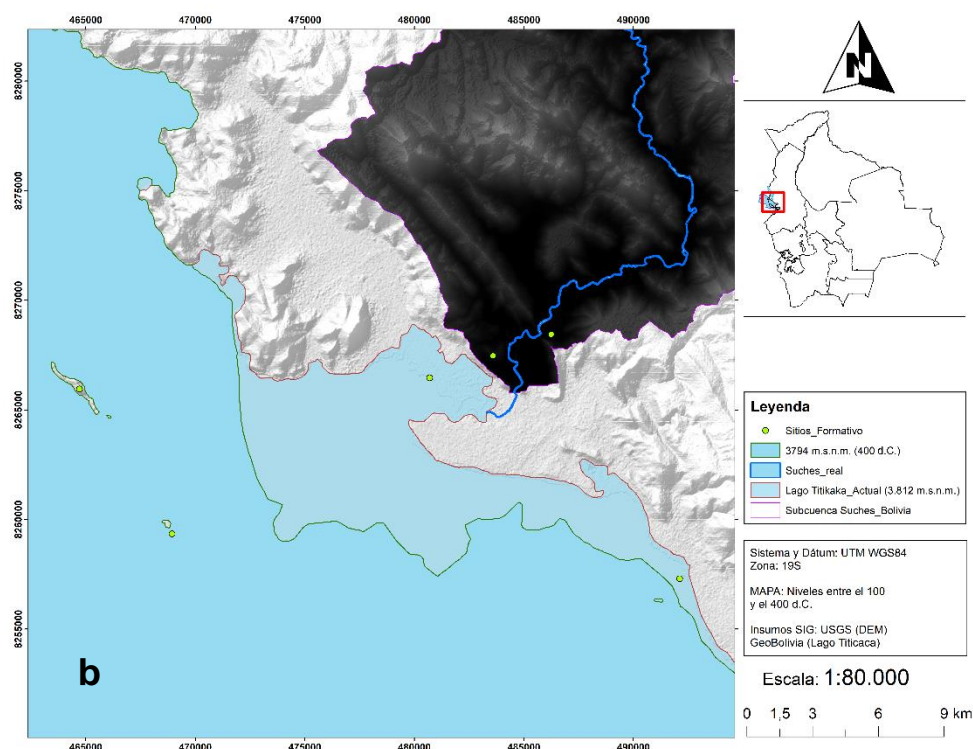


Entonces, el inicio del Formativo Tardío estaría caracterizado, de nuevo, por una mejora en las condiciones ambientales, que se traduciría en una intensificación progresiva en el uso del terraceo agrícola para la producción, hasta llegar a un clímax hacia el final del período Formativo aproximadamente en el 500 d.C. (Lémuz, 2001).

Los mapas grafican un incremento notable de las aguas del lago entre el 250 a.C. el 100 d.C. (llegando a los niveles actuales), seguida por un descenso, igualmente marcado, entre el 100 el 400 d.C. (Figura 15 a b, respectivamente), momento en el que la mayoría de los autores sitúa el inicio del fenómeno Tiwanaku que caracteriza el Horizonte Medio, pues podría significar el colapso del sistema productivo Formativo. La distribución de los sitios se mantiene dentro de los patrones que caracterizaron el Formativo Medio.

Figura 15: Ciclos de fluctuación durante el Formativo Tardío, desde el 250 a.C. al 400 d.C (propio)



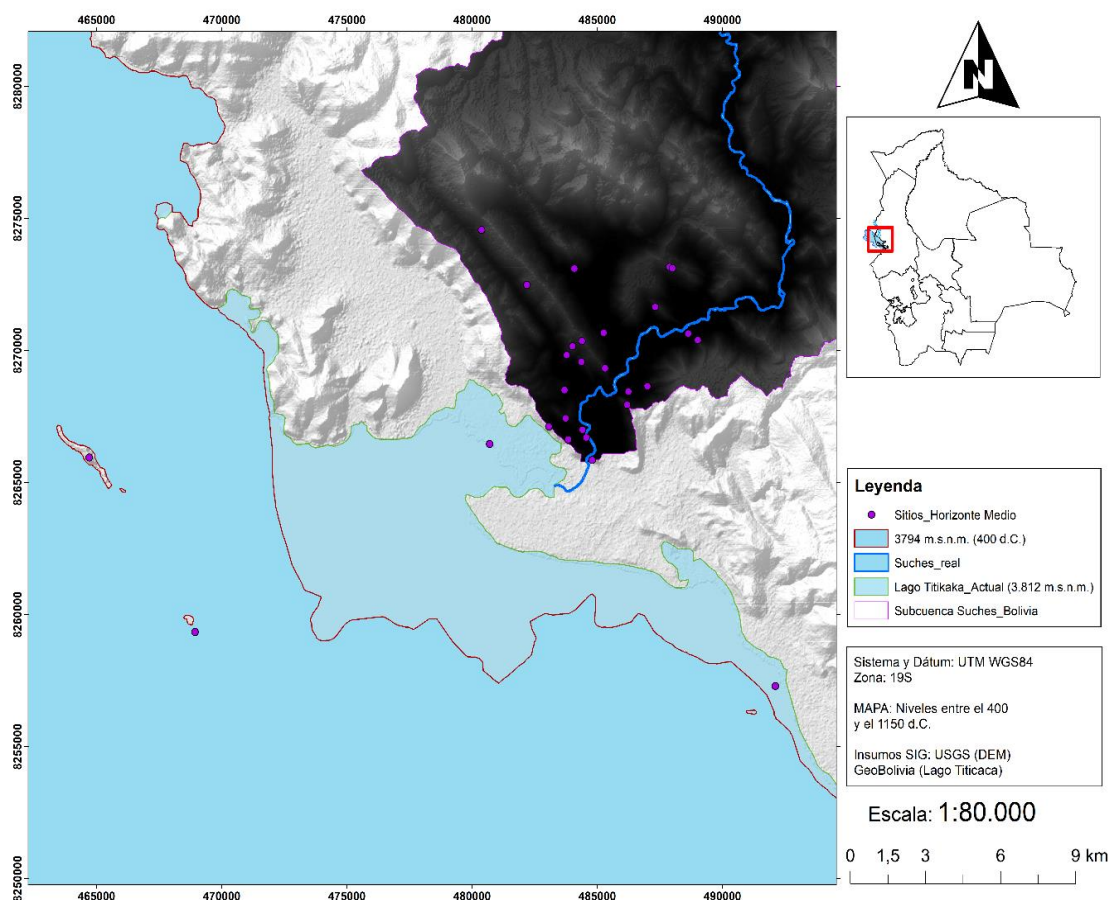


4.1.3 Período Horizonte Medio

El período es dominado por el fenómeno político-religioso Tiwanaku, cuyo desarrollo, en la región, iniciaría hacia el 500 d.C., con su desaparición hacia el 1.200 d.C. Para el caso de la modelación, se observa la continuación de ocupación en los sitios lacustres, mientras que una proliferación de sitios, la mayoría -65%- funerarios (11) y habitacionales (8), ocupa todo el vértice extremo Sur de la subcuenca del Suches. (Figura 16)

La mayoría de los autores se halla de acuerdo en que el período se caracteriza por el desarrollo e intensificación en la aplicación de nuevas tecnologías para la producción agrícola, además del uso continuado –con mejoras- de las terrazas agrícolas formativas, como los campos elevados/camellones y los reservorios de agua/qochas (Albarracín–Jordan, 1992; Graffam, 1992; Ortloff y Kolata, 1993; Seddon, 1994; Kolata, 1996; Lémuz y Janusek, 2016).

Figura 16: Ciclo de fluctuación del Horizonte Medio (del 400 al 1.150 d.C.) (propio)



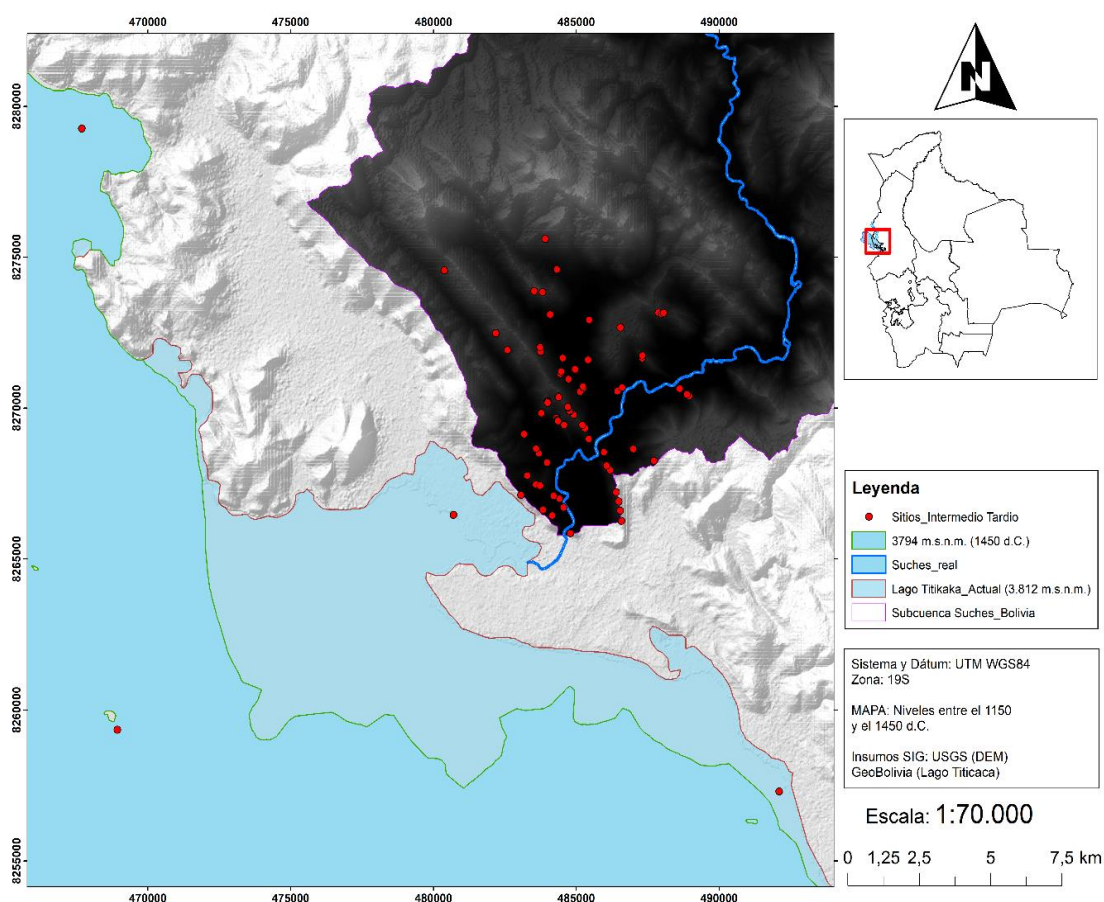
Las distancias de los sitios habitacionales (en tierra), en relación al río Suches, se ubican en el rango de los 500 a 7.000 metros, mientras que su distancia, al inicio del período, va desde 7 hasta 12 km, y de 200 metros a 7 km, hacia el final del período. Los sitios lacustres, por otro lado, son cubiertos totalmente entre el 1.000 el 1.075 d.C., dejando un lapso promedio de 600 años en el período – desde el 400 d.C.-, para la construcción de estructuras en la ribera.

4.1.4 Período Intermedio Tardío

Durante el período, una intenso desequilibrio climático habría producido un abrupto descenso del Lago, en 300 años, hasta casi la cota menor (llegando a 3.794 m.s.n.m.). A pesar de éstas condiciones, que uno supondría indicativas de escasos recursos para la supervivencia, existe un incremento exponencial de sitios habitacionales (28) y funerarios (42) que estaría relacionada con la disgregación de los grupos y el nucleamiento en ciudadelas fortificadas, para la

gestión y obtención de recursos a partir del conflicto bélico (Arkush, 2008, 2009, 2012; Covey, 2008; Frye y De la Vega, 2005; Janusek, 2004) mediante el control de un máximo de pisos ecológicos (Murra, 1972).

Figura 17: Ciclo de fluctuación del Intermedio Tardío (del 1.150 al 1.450 d.C.) (propio)



En éste corto período se exploran y adecúan nuevos espacios, convirtiéndolos en zonas de asentamiento con protección y control del entorno geográfico circundante. Para lograr ello, la tendencia es construir ciudadelas fortificadas en la cima de los cerros, serranías montículos. Sin embargo, también es clara la tendencia de agrupar dichas ciudadelas alrededor del Suches y sus afluentes menores (presentes en las quebradas circundantes), al igual que fundar sitios habitacionales/residenciales con la misma cercanía a este cuerpo de agua permanente.

Si se presupone la continuidad en la utilización de los sitios lacustres, los mismos se hallarían plenamente descubiertos durante todo el período, y es importante

considerar que no habría podido pasar desapercibidos, debido, principalmente, a la densidad y cantidad de asentamientos a menos de 5 km de distancia de la costa seca del lago. De acuerdo con los especialistas (Eduardo Pareja, com. pers. 2020) aparecería, además, el sitio tardío en la bahía de Waychu, compuesto por restos estructurales que, se presume, conforman un muelle.

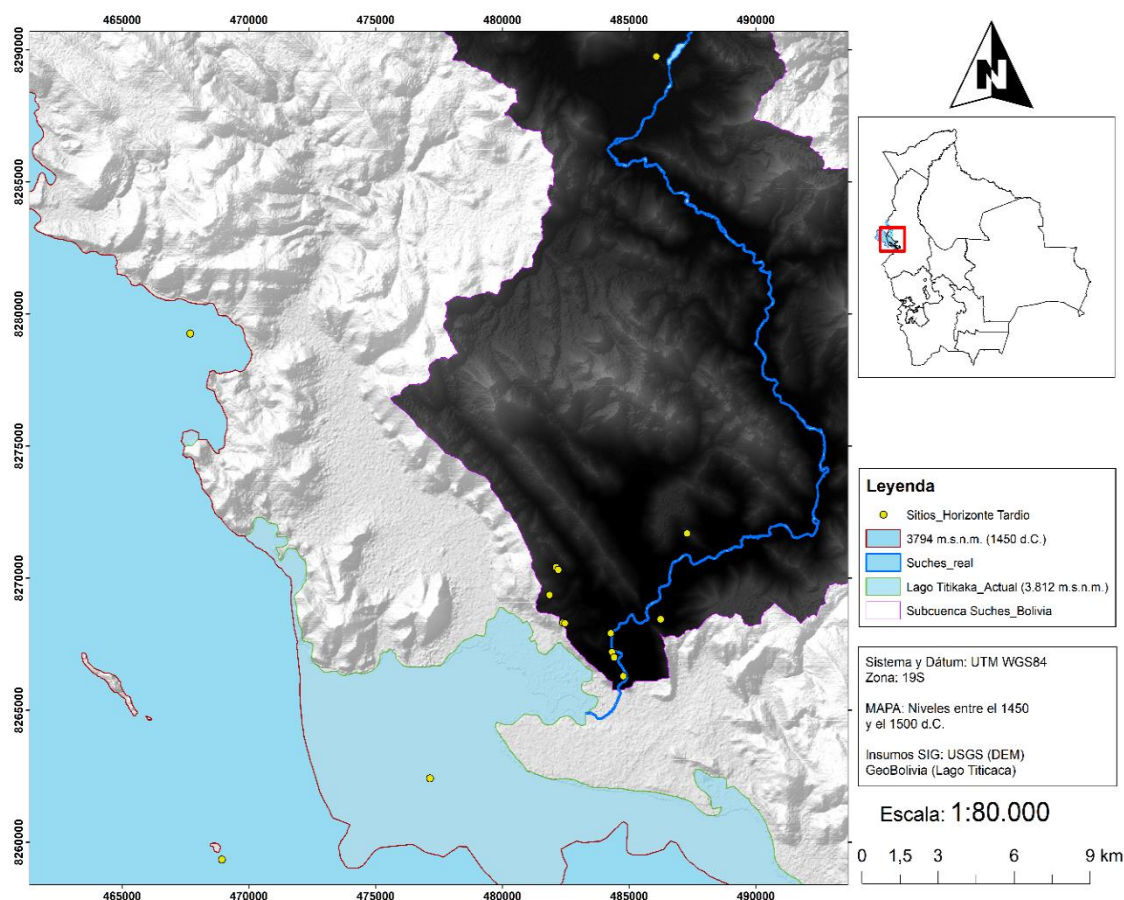
En general, el distanciamiento mínimo de los sitios habitacionales con el río Suches es de 500 metros, el distanciamiento del sitio habitacional más cercano a la costa del lago (al inicio del período) de 3 km, para luego ser de 11 km (hacia el final del período).

4.1.5 Período Horizonte Tardío

El final del Intermedio Tardío coincide con una mejora en el entorno ambiental, una mayor cantidad de precipitaciones, que hacen crecer el nivel de las aguas desde 3.794 m.s.n.m. en el año 1.450 d.C., hasta la cota actual (3.812 m.s.n.m.) en sólo 50 años, para mantenerse en una constante hasta la época actual.

Este cambio ambiental coincide, también, con el momento cúspide de la expansión del imperio Inka en la región (Pärssinen, 2003; Stanish, 2012). Sin embargo, son pocos los sitios que atestiguan su presencia en el lado Boliviano de la cuenca Norte, tratándose éstos, principalmente, de sitios administrativos, bajo el patrón geo-político instaurado por el incanato.

Figura 18: Ciclo de fluctuación del Horizonte Tardío (del 1.450 al 1.500 d.C.) (propio)



Los sitios habitacionales se agrupan, una vez más, en el extremo Sur de la subcuenca del Suches, con la excepción de Umanata en el extremo Norte (dentro de la jurisdicción del municipio homónimo). Los restantes sitios respetan la lógica de uso del espacio instaurada en el período Intermedio Tardío, muy probablemente debido al poco tiempo de presencia Inka –efectiva- en la región. Lo más llamativo del período, es la aparición de un nuevo sitio lacustre, datado para éste corto período, relacionado con la tradición de ofrendas subacuáticas que han identificado varios investigadores (Ponce et al., 1992; Delaere, 2016).

4.1.6 Sitios Lacustres

Los sitios lacustres se hallaron visibles, de acuerdo a su ubicación aproximada, en los siguientes rangos de tiempo:

**Tabla 7: Sitios lacustres en rango temporal de visibilidad (ordenamiento de Norte a Sur)
(propio)**

SITIO	COTA DE VISIBILIDAD (m.s.n.m.)	RANGO TEMPORAL DE VISIBILIDAD
Muelle de Waychu	3692	Nunca
Templete de Isla Campanario	3906	Siempre
Cimientos de Villa Puni	3809	1.400–550 a.C., 475 a.C. – 50 d.C., 150–1.050 d.C., 1.200–1.480 d.C. (aprox.)
Templete de Isla Choquilla	3812	Siempre
Ofrenda subacuática de K'akaya	3804	1.400–1.050 a.C., 950-650 a.C., 400–25 a.C., 225-875 d.C., 1.275-1.475 d.C.
Cimientos de Chawaya	3808	1.400–575 a.C., 450 a.C. – 25 d.C., 150–1.025 d.C., 1.200–1.480 d.C. (aprox.)

Tomando en cuenta la tecnología, ingeniería y arquitectura existentes en cada período de ocupación, además de las características constructivas que definen a las estructuras de cada período³, y cruzando ésta información con la tabla

³ Ver, por ejemplo, Hastorf et al. (2008), Janusek (ed., 2018), Lémuz (2001), Marsh (2011) y Smith (2011) para el Formativo; Protzen y Nair (2016) para el Horizonte Medio; Arkush (2012) y Stanish et al. (1997) para el Intermedio Tardío; Protzen (1992) y Gasparini y Margolies (1980) para el Horizonte Tardío.

precedente, se considera altamente probable que los distintos restos subacuáticos hayan sido construidos en períodos de ocupación diferentes.

A guisa de ejemplo, las construcciones del período Formativo suelen estar caracterizadas por el uso de cimientos de muros con doble hilera de rocas – unidas con argamasa de barro- con un centro relleno de tierra y piedras pequeñas, cuya materia prima son las rocas del lugar; mientras que los cimientos de muros en el Horizonte Medio –especialmente en Tiwanaku- se construyen con sillares rectangulares (preferentemente de Andesita o Arenisca) en hilera simple y también doble.

El caso de los templetos en las islas, podría corresponder, fácilmente, con la tradición de templetos semisubterráneos, que se instaura en el Formativo Medio. Por información de los investigadores relacionados con su hallazgo y primeras descripciones, dichas estructuras presentarían una continuidad en su uso y ocupación hasta el Horizonte Tardío, con una pausa durante el Intermedio Tardío.

4.2 CONCLUSIONES GENERALES

La creación de una modelación de inundación y recesión de las aguas del Lago Titikaka, para períodos prehispánicos, se ha mostrado como una herramienta eficaz en el apoyo de las interpretaciones e hipótesis desarrolladas en el campo de la Arqueología. El relacionamiento de los resultados de modelación con la información arqueológica de asentamientos y sitios en el terreno de la cuenca, y en el área lacustre, se muestra como una nueva herramienta en la dilucidación de los principios y razones que podrían haber llevado a los pobladores del pretérito a elegir ciertas zonas y espacios de ocupación, frente a otros (cuyas características geográficas podrían ser diferentes de las actuales).

Inicialmente, debe considerarse que el estado actual de la investigación arqueológica en la región, como se observa en los mapas con presencia de sitios arqueológicos (Figuras 9 y 12 a 18), refleja una ausencia casi absoluta de iniciativas de catastro e inventario de sitios, exceptuando los trabajos intensivos realizados en el municipio de Escoma. Esta ausencia de información, redundaría en una falta de elementos de juicio para la realización de mayores análisis, a

nivel espacial, que permitan generar interpretaciones sobre patrones más claros, tomando como base muestreos estadísticos validados (basados en un universo mayor), razón por la que, actualmente, es muy difícil generar mapas predictivos de asentamiento.

Para un uso ideal de las modelaciones propuestas, es necesario que la investigación arqueológica considere realizar dataciones precisas, por el método del C¹⁴, que puedan ser cotejadas con las variaciones de niveles en el lago, para contar con mapas temáticos que consideren la aparición de los sitios en el rango temporal que les corresponde, generando correlaciones ambientales e hidrográficas con las tablas aquí expuestas.

En base a lo anterior, por ejemplo, podría verificarse si los sitios del Período Formativo, excepto aquellos con cronología asociada al Formativo Medio, podrían haber surgido en distintos momentos. Una hipótesis que requeriría contrastación, mediante datación, es que los sitios lacustres de costa pudieran haber sido construidos, ya tratándose de muelles o de estructuras habitacionales, durante la recesión de las aguas, hacia el final del Formativo Tardío, o si podrían haber sido construidos en el lapso de los 600 años que le siguen (durante el Horizonte Medio).

A pesar de lo anterior, aún pueden aventurarse algunas interpretaciones, basadas en los resultados de análisis de las modelaciones:

La ausencia casi absoluta de sitios pertenecientes al período Arcaico en la subcuenca, podría deberse a dos posibilidades: a) en una medida mucho mayor a lo que se supondría, con la necesidad de los grupos cazadores- recolectores de aprovisionarse de alimentos; su característica trashumante, en un entorno frío y árido, funcionaría mejor como una estrategia de supervivencia en zonas más bajas de valles, en las que la “estabilidad” ambiental estaría acompañada de mejores temperaturas, precipitaciones más sostenidas una biodiversidad más variada, b) al hecho que los sitios, al no tratarse de asentamientos formales, recaerían en las categorías de talleres y campamentos de caza, mismos que se habrían instalado cerca de las orillas del lago, mismas que, en la cota 3.791, se

habrían ubicado en un rango de alejamiento de 10 km desde la actual desembocadura del Suches (quedando, actualmente, bajo las aguas).

Las constantes crecidas y recesiones de las aguas del Titikaka durante el Período Formativo, se ven reflejadas en la poca presencia de asentamientos, y en la cercanía de éstos con las fuentes inmediatas de aprovisionamiento de agua. La falta de estabilidad ambiental, por lo tanto, podría explicar la estrategia de uso descentralizado del espacio, en la búsqueda de asegurar el acceso al agua para una producción que dejó, de manera progresiva mediante la aplicación de estrategias tecnológicas innovadoras –como las terrazas agrícolas–, el hábito de la caza y recolección como principal fuente de sustento (característica del período Arcaico).

Otra perspectiva se percibe durante el Horizonte Medio, período en el que el desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías de producción, muy probablemente diseñadas como una estrategia de mitigación de las variaciones climáticas que anteceden, permiten multiplicar/densificar y centralizar los asentamientos, en un uso continuo del espacio. Aunque la dinámica de ocupación y uso del espacio se halla fuertemente relacionada con las condiciones ambientales favorables, durante el rango más largo –con picos de variación- observado en la modelación, es prácticamente ilógico señalar que en el lapso de los 50 años que anteceden al final del período, los cambios climáticos han afectado tanto la estructura productiva que ésta ha colapsado tan rápidamente. Esto lleva a proponer que es necesario abordar nuevas líneas de evidencia que soporten o invaliden la hipótesis paleoecológica, desde ópticas poco exploradas como la Arqueoastronomía (cf. Méncias, 2008; Sagárnaga Méncias, 2014) y sus implicancias en el comportamiento de sociedades antiguas.

Para el Intermedio Tardío, hallamos una serie de grupos humanos en una densa ocupación continua, aunque separada en núcleos disgregados, del espacio. Las muy desfavorables condiciones, aunada con el conocimiento previo de las tecnologías de producción y reserva de agua, habrían estimulado la lucha por recursos, que se traduciría en la numerosa presencia de ciudadelas fortificadas en todo el extremo Sur de la subcuenca del Suches.

El Horizonte Tardío, finalmente, presenta un período de tiempo tan corto de duración, que el impacto ambiental y de variación del lago sólo podría ser medido a partir de la datación de cada uno de sus restos, y la creación de mapas correlacionales entre fases de ocupación. Sin embargo, no puede negarse que las condiciones favorables allanaron el camino para una gestión efectiva de la producción de alimentos (con tecnología pre-existente), y el control de las poblaciones locales mediante la redistribución equitativa. Sin embargo, todavía quedan por analizar los impactos negativos de un crecimiento tan acelerado de las aguas del lago, dado que los mismos tendrían que estar relacionados con un incremento significativo de las precipitaciones, a causa de algún fenómeno climático.

Sobre los sitios lacustres, se aventura que los subacuáticos habrían sido construidos en distintos períodos. A este respecto, llaman la atención, especialmente, los restos estructurales de Villa Puni y Chawaya que, a decir de los investigadores involucrados en su estudio (Ponce et al., 1992; Pareja, com. pers. 2020), se tratarían de muelles/puertos. Aventurando que podrían estar relacionados con la tradición de templetos semisubterráneos del Formativo Medio, construidos en la Isla Campanario y la Isla Choquella, las estructuras podrían haber sido construidas en algún momento entre el 475 y el 25 a.C. (cuando las aguas dejaban a la vista una extensa porción de tierra en el lugar), y su uso, al igual que el de los templetos, podría haber sido continuado durante los períodos posteriores.

El caso del muelle de Waychu es llamativo, debido a que se presume su construcción bajo agua, y también podría estar relacionado con las incursiones formativas a las islas de la cuenca Norte. Existe una notable ausencia en la descripción de éstos restos subacuáticos, a pesar de la cantidad de observaciones a las que han sido sometidos. Los “restos de cimientos y muros” fueron observados, inicialmente, por un equipo argentino de buzos encabezados por el investigador Ramón Avellaneda. En su informe reportó 30 muros, un camino de 30 metros de largo y media docena de estructuras semicirculares (Avellaneda, 1966) que fueron interpretados como posibles ruinas de un templo y muelles del período Tiwanakota; posteriormente Jacques Cousteau (1973:147)

señaló que se trataría de “piedras utilizadas para hacer muros para proteger los botes de las olas”. Las variadas interpretaciones, aunque no cuentan con documentación y descripciones suficientes (que puedan permitir comparaciones con el registro arqueológico conocido), han dado lugar a posicionamientos diversos entre la academia arqueológica: Portugal Ortiz (1992) acepta que el hecho que actualmente se hallen bajo el agua es prueba de su antigüedad prehispánica, mientras que Ponce (1992), secundado por Delaere (2016), los califica como desembarcaderos modernos (S. XIX a principios del XX). En cualquier caso, la construcción de desembarcaderos prehispánicos bajo agua no es un fenómeno anómalo, como ha sido reportado en otras zonas del lago como Iwawe (Ponce y Mogrovejo, 1970), e incluso se conoce de estructuras templarias y muros, cuyos cimientos habrían sido necesariamente construidos, extrapolando los resultados de nuestra modelación para el Horizonte Medio, bajo las aguas (Ponce, 1981). Lo anterior sólo nos anima a promover una necesaria documentación de ésta área para dirimir, finalmente, la antigüedad de los restos en Waychu.

Por otro lado, se conoce que la ofrenda de la isla K’akaya está asociada, directamente, con el período Horizonte Tardío (Delaere et al., 2014; Delaere y Capriles, 2020). Ello nos lleva a pensar que, en general, no existe evidencia de interacción, a nivel de construcción de estructuras u ofrendas, entre las poblaciones del Intermedio Tardío y el lago Titikaka. Ello podría deberse, también, a las adversas condiciones ambientales, razón por la que relacionar a cualquiera de los restos lacustres con éste período, no tiene razón ni sustrato.

Por todo lo anterior, se sostiene que los grupos humanos de la cuenca Norte del Lago Titikaka, con énfasis en la subcuenca del río Suches, eligieron aplicar una serie de medidas y acciones relacionadas con el entorno ambiental e hidrológico que caracteriza su período. Éstas medidas y acciones constituyen estrategias de aprovechamiento o mitigación de los fenómenos ambientales, y deben entenderse en el marco de la adaptabilidad al entorno. Así, la necesidad de asegurar una fuente constante de alimentación podría haber empujado a las poblaciones del Formativo a explorar el lago y desarrollar tecnología productiva agrícola, tanto como los pobladores del Horizonte Medio habrían intensificado

ésta tecnología y desarrollado otras que aprovecharan la bonanza, a más de crear un complejo aparato religioso, enfocado en el agradecimiento a deidades como el Lago (expresado en su profusa iconografía en litos y ceramios); los pobladores del Intermedio Tardío se habrían enfocado en mitigar los impactos de un entorno ambiental desfavorable, así como asegurar el acceso a recursos constantes mediante la proliferación de asentamientos fortificados distribuidos en cursos de ríos, dejando de lado su interacción con el lago (como ente vivo). El breve período de lluvias en el Horizonte Tardío habría preparado la región para el sistema y patrón de asentamiento actual, mediante el cual las poblaciones circundantes al lago emplean sus recursos y se aseguran espacios de asentamiento cada vez más cercanos a la costa.

4.3 RECOMENDACIONES

A pesar lo anterior, la obtención de resultados de correlación, enfocados, por necesidad, en el municipio de Escoma, permite suponer que, frente a una mayor cantidad de datos disponibles, es posible la obtención de patrones que permitan construir –inclusive- modelos predictivos de elección de espacios de asentamiento y actividad.

Para verificar ello, un buen ejercicio sería la aplicación del modelo aquí propuesto, a una escala suprarregional, que considere el mapeo de todos los sitios arqueológicos conocidos en la cuenca del lago Titikaka, en una franja predeterminada desde la costa del lago.

Sin embargo, debe considerarse que, frente al hecho que el Lago Titikaka se halla actualmente en su cota histórica más alta, el mayor potencial del modelo usado, se relaciona con el estudio de sitios lacustres (ya sea en islas, como en ofrendas subacuáticas). Por ello, lo más recomendable, inicialmente, es aplicarlo en el análisis y contrastación de información con éstos sitios que, las más de las veces, cuentan con dataciones o se hallan asociados a un período reconocido.

CAPÍTULO V

5 PROPUESTA DE MEJORAMIENTO

5.1 OBJETIVOS

- Obtener patrones de asentamiento en la ribera del lago, para cada período de ocupación prehispánica.
- Presentar mapas predictivos de áreas arqueológicas sensibles, para cada período de ocupación prehispánica.

5.2 ALCANCES

Dado que el análisis de los resultados iniciales, generados mediante la modelación de los acápites precedentes, refleja una ausencia de datos de entrada, que puedan conformar un universo que justifique la aplicación de muestreo estadístico o la obtención de modelos o patrones predictivos, se ha considerado subsanar ésta ausencia, mediante la extensión geográfica a toda la ribera del lago Titikaka.

Por lo tanto, institucionalmente, es necesario considerar la obtención de las batimetrías de todo el lago (mediante gestión con el Servicio Nacional de Hidrografía Naval de Bolivia), y acceder al banco de datos de sitios arqueológicos georreferenciados de toda la cuenca del Titikaka (mediante gestión con el Gobierno Autónomo Departamental de La Paz).

Ésta extensión consideraría, a nivel geográfico, la mancomunidad de municipios del Lago Titikaka (MLT), compuesta por los municipios de Achacachi, Ancoraimes, Batallas, Copacabana, Desaguadero, El Alto, Guaqui, Jesús de Machaca, Laja, Pucarani, Puerto Acosta, Puerto Carabuco, Puerto Pérez, San Andrés de Machaca, San Pedro de Tiquina, Taraco, Tiwanaku, Tito Yupanqui y Viacha, y los sitios arqueológicos –registrados- en sus costas, considerando una franja de 10 km desde el lago.

5.3 RESUMEN

Se pretende extender el rango de análisis de la Modelación de Inundación y Recesión de las aguas del lago Titicaca, considerando una mayor muestra de sitios arqueológicos, que conformen un universo suficiente para la obtención de

patrones que puedan facilitar la generación de mapas predictivos sobre áreas arqueológicas sensibles, para cada período prehispánico de ocupación. Esto es, considerar todo el universo de sitios arqueológicos, lacustres y en ribera, de la cuenca del Lago Titikaka (del lado boliviano).

Asimismo, la extensión en la muestra significaría una extensión geográfica, mediante la cual se consideraría la modelación de los niveles de variación en las cuencas Este, Sur y Oeste del Lago Titikaka, a lo largo, entonces, de toda su ribera. A nivel político-administrativo, ello significaría la ribera de los 19 municipios que conforman la Mancomunidad del Lago Titikaka.

Para ello, se hace necesario considerar datos de entrada que provienen de dos fuentes principales: el Servicio Nacional de Hidrografía Naval de Bolivia (batimetrías actualizadas) y el Gobierno Autónomo Departamental de La Paz (inventario de sitios arqueológicos del Departamento de La Paz). Los datos considerados en el estudio precedente, conformarían una parte de la muestra, y pueden ser considerados a partir de la revisión de fuentes bibliográficas citadas.

El mismo proceso de modelación aplicado en anteriores acápite, sumado a una serie de análisis que contemplen la altitud, pendiente, zona geográfica y características topográficas de los espacios de asentamiento, permitiría delinear interpretaciones sobre los patrones de asentamiento, en cada período de ocupación prehispánica, e, incluso, crear un modelo predictivo, que calcule zonas arqueológicas sensibles (siguiendo el ejemplo de Lémuz y Aranda (eds.), 2008).

5.4 DESARROLLO

5.4.1 Sitios Arqueológicos

Además de los valores para las modelaciones, desarrollados en el capítulo III, existe una matriz clave para la alimentación de las modelaciones necesarias: la matriz de sitios arqueológicos, para cuya generación, el investigador deberá considerar las fuentes consideradas en la revisión bibliográfica, principalmente de Delaere (2016) y Portugal Loayza (2017), además de acceder al banco de datos del inventario de sitios arqueológicos del GADLP.

En ésta última entidad, debe solicitarse el inventario, georreferenciado, de los sitios arqueológicos de los 19 municipios que conforman la Mancomunidad de Municipios del Lago Titikaka – MLT: Achacachi, Ancoraimes, Batallas, Copacabana, Desaguadero, El Alto, Guaqui, Jesús de Machaca, Laja, Pucarani, Puerto Acosta, Puerto Carabuco, Puerto Pérez, San Andrés de Machaca, San Pedro de Tiquina, Taraco, Tiwanaku, Tito Yupanqui y Viacha.

Se recomienda emplear la siguiente secuencia cronológica maestra, aceptada por consenso académico, para toda la región circumTitikaka:

Tabla 8: Periodización maestra para los Andes Sur-Centrales (cuenca circumTitikaka) (propio)

PERÍODO	AÑOS
Precerámico	6.000 – 1.500 a.C.
Formativo	1.500 a.C. – 400 d.C.
Horizonte Medio	400 - 1100 d.C.
Intermedio Tardío	1.100 – 1.470 d.C.
Horizonte Tardío	1470 – 1.540 d.C.

Una vez que los sitios sean subidos al paquete de SIG empleado, deberá filtrarse los mismos por período de la secuencia maestra y por tipo (considerando sólo sitios habitacionales y/o residenciales), en base a un buffer del contorno actual de Lago Titikaka, con un valor recomendado de entre 3 y 7 km (siguiendo los guarismos de relacionamiento de distancias sitio-costa, obtenidos en el capítulo III). Todos los sitios al interior del buffer serán empleados en los análisis subsecuentes.

5.4.2 Curvas isobáticas

Para un adecuado modelamiento de los niveles del lago, es necesario acceder a las batimetrías actualizadas del Servicio Nacional de Hidrografía Naval de

Bolivia, idealmente en formato digital. Dichas batimetrías deben considerar la extensión de todo el lago.

La generación del DEM del lago debe seguir la misma secuencia de elaboración de cualquier DEM:

1. Convertir los valores de batimetría en puntos georreferenciados (con valores Y y X).
2. Asegurarse que los puntos contengan una columna con el valor de batimetría que les corresponde.
3. Crear una columna, en la tabla de atributos de la entidad, que contenga valores Z.
4. Calcular los valores Z, restando el valor de la columna de batimetría, de los 3.812 metros (que representan la altura media actual de las aguas del lago).
5. Crear un TIN a partir de la entidad de puntos, tomando como referencia de altura la columna de valores Z.
6. Crear un DEM a partir del TIN generado.

En caso de presentarse espacios “vacíos”, el DEM del lago debe rellenarse con el DEM topográfico normal. Se recomienda emplear un DEM con resolución igual o menor a una imagen ALOS PALSAR (12,5 m de valor de píxel).

Finalmente, deben generarse las curvas isobáticas, a partir del DEM rellenado.

5.4.3 Modelación de variaciones en el nivel de las aguas

Siguiendo el modelo propuesto en el Capítulo III (subtítulo 3.6.4, figura 11), se obtendrá mapas de las costas del lago al inicio y final de cada período, inicialmente, y para cualquier evento arqueológico datado (con información de cronología absoluta), empleando los valores existentes en el Anexo 2.

Retomando el procedimiento:

1. Se une las capas: Lago Titikaka (polilínea) y la curva isobática necesaria.
2. Para corregir problemas con la extensión de las curvas, en caso que no intersectaran al Lago, las mismas se extenderán hasta intersectar los márgenes del Lago.

3. Luego de corregir la extensión de las curvas, se eliminará el contorno del Lago (por no representar una curva en sí).
4. Se unirá las curvas (polilínea) con el Lago Titikaka (polígono) en una nueva forma de polígono multiparte.
5. Se calculará el área de las nuevas partes de polígono generadas.
6. Se eliminará todos los polígonos que no cumplieran con un mínimo de área (en nuestro caso 200.000 ha), de forma que los espacios no consignados al interior de las curvas desaparecerán.

5.4.4 Análisis espacial, patrones de asentamiento y modelos predictivos

A partir de la obtención de los contornos –del lago- necesarios, y la consideración de sitios arqueológicos espacialmente cercanos a éstos, es posible realizar una serie de análisis de tipo espacial, que relacionen ambas entidades, para la determinación de patrones y la creación de modelos predictivos.

Los principales indicadores calculables son:

1. Pendiente del terreno.
2. Cálculo de la distancia a la línea de la costa (considerando el relieve topográfico).
3. Cálculo de la insolación potencial en cada sitio.
4. Cálculo del coste acumulado de movimiento por cada sitio.
5. Cálculo de la visibilidad (cuenca visual e intervisibilidad) por cada sitio.

A partir de éstos, es posible calcular correlaciones entre variables, por ejemplo:

1. Distancia a la costa vs. Pendiente.
2. Distancia a la costa vs. Insolación potencial.
3. Distancia a la costa vs. Accesibilidad al territorio.
4. Distancia a la costa vs. Visibilidad.
5. Pendiente vs. Insolación potencial.
6. Pendiente vs. Accesibilidad.
7. Pendiente vs. Visibilidad.

Los resultados de estos análisis, por período, permitirán esbozar algunos patrones de elección de espacios de asentamiento, cuyos valores habrán de ser

empleados en la elaboración de un modelo predictivo, que permita definir zonas arqueológicas sensibles (aunque las mismas no cuenten con sitios arqueológicos identificados).

Para la elaboración de un modelo predictivo, dos elementos constituyen el punto de partida inicial de la modelación: el DEM del Lago Titikaka y su entorno, y el polígono del Lago Titikaka. Además, deben considerarse los valores de los indicadores calculados anteriormente, y sus patrones para la asignación de puntajes correspondientes.

Siguiendo a Lémuz y Aranda (eds., 2008), el modelo predictivo de asentamiento debería considerar, mínimamente, los siguientes pasos:

1. Partir de un DEM que contenga todo el Lago Titikaka y su ribera, hasta 10 km al interior del territorio (desde la línea de costa), previamente recortado con una máscara del polígono del lago.
 - 1.1. Asignar el puntaje de elevación para el asentamiento humano.
 - 1.2. Asignar el puntaje de insolación potencial para el asentamiento humano.
 - 1.3. Asignar el puntaje de accesibilidad para el asentamiento humano.
 - 1.4. Asignar el puntaje de visibilidad para el asentamiento humano.
 - 1.5. Calcular la pendiente del DEM.
 - 1.5.1. Asignar el puntaje de pendiente para el asentamiento humano.
 - 1.5.2. Asignar el puntaje de pendiente para la accesibilidad.
 - 1.5.3. Asignar el puntaje de pendiente para la visibilidad.
2. Partir de los polígonos de costa del Lago Titikaka.
 - 2.1. Calcular distancia a la costa, en cualquier punto.
 - 2.1.1. Asignar puntaje de distancias a la línea de costa, para asentamiento humano.
 - 2.1.1.1. Convertir distancias a números enteros.
 - 2.1.1.2. Construir tabla de atributos para el ráster.
 - 2.1.1.3. Exclusión de distancias menores o iguales a "X" (obtenido de los patrones).

3. Sumar y ponderar los rásters resultantes de los procesos 1.1. a 1.4. y 2.1.1.
4. Sumar y ponderar rásters resultantes de los procesos 3. y 2.1.1.3.

El resultado serían los mapas de predicción de asentamiento, en la ribera del lago, para cada período de ocupación prehispánica.

BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, M., Binford, M., Brenner, M., y Kelts, K. (1997). 3500 14C yr High-Resolution Record of Water-Level Changes in Lake Titicaca, Bolivia-Peru. *Quaternary Research*(47), 169-180.
- Albarracín-Jordan, J. (1992). *Prehispanic and early colonial settlement patterns in the lower Tiwanaku valley, Bolivia*. Disertación doctoral, Universidad Metodista del Sur, Departamento de Antropología, Dallas.
- Albarracin-Jordan, J. (1999). *Tiwanaku. Historia de una antigua civilización andina*. La Paz: Fundación Bartolomé de las Casas.
- ALT - Autoridad Binacional Autónoma del Sistema Hídrico del Lago Titicaca, Río Desaguadero, Lago Poopó y Salar de Coipasa. (2003). *Plan Maestro de Biodiversidad para el Sistema TDPS*. La Paz: PNUD.
- Araneda, E. (2002). Uso de Sistemas de Información Geográficos y análisis espacial en arqueología: Proyecciones y limitaciones. *Estudios Atacameños*(22), 59-76.
- Arellano, J. (1985). Síntesis cultural prehispánica de la zona circumlacustre norte de Bolivia. *Arqueología Boliviana*(2), 6-16.
- Argollo, J., y Mourguiart, P. (1995). Los Climas Cuaternarios de Bolivia. En J. Argollo, y P. Mourguiart (Edits.), *Cambios cuaternarios en América del Sur* (págs. 135-155). La Paz: ORSTOM.
- Arkush, E. (2008). War, chronology, and causality in the Titicaca Basin. *Latin American Antiquity*, 19(4), 339-373.
- Arkush, E. (2009). Pukaras de los collas: Guerra y poder regional en la cuenca norte del Titicaca durante el período Intermedio Tardío. En M. Ziolkowski, J. Jennings, L. Belan, y A. Drusini (Edits.), *Arqueología del Área Centro Sur Andina* (págs. 463-480). Varsovia: Centro de Estudios Precolombinos, Universidad de Varsovia.
- Arkush, E. (2012). Los pukaras y el Poder: Los Collas en la cuenca Septentrional del Titicaca. En L. Flores, y H. Tantaleán (Edits.), *Arqueología de la*

- cuena del Titicaca, Perú* (págs. 295-319). Lima: Instituto Francés de Estudios Andinos, Cotsen Institute of Archaeology.
- Arnal, J., Del Rincón, D., y Latorre, A. (1992). *Investigación educativa. Metodologías de investigación educativa*. Barcelona: Labor.
- Avellaneda, R. (1966). Titicaca, viaje al fondo del enigma. *Revista Clarín*, I; II; III(18; 24), 18-21; 10-13; 10.
- Baker, P., Fritz, S., Garland, J., y Ekdahl, E. (2005). Holocene hydrologic variation at Lake Titicaca, Bolivia/Peru, and its relationship to North Atlantic climate variation. *Journal of Quaternary Science*, 20(7-8), 655-662.
- Baker, P., Seltzer, G., Fritz, S., Dunbar, R., Grove, M., Tapia, P., . . . Broda, J. (2001). The history of South American tropical precipitation for the past 25,000 years. *Science*(291), 640-643.
- Ballivián, F. (1995). La Visita de Gerónimo Luis de Cabrera a Larecaja y Omasuyo. *Anales de la Academia Boliviana de Historia*, 95-107.
- Binford, M., Kolata, A., Brenner, M., Janusek, J., Seddon, M., Abbott, M., y Curtis, J. (1997). Climate Variation and the Rise and Fall of an Andean Civilization. *Quaternary Research*(47), 235-248.
- Bolivia, V. d. (18 de diciembre de 2015). RESOLUCION 009/2015. *DEL SISTEMA GEODESICO DE REFERENCIA DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA*. La Paz, Bolivia.
- Bouysse-Cassagne, T. (1975). Presencia étnica, status económico y lenguas en Charcas a fines del Siglo XVI. En N. Cook (Ed.), *Tasa de la Visita General de Francisco Toledo* (págs. 312-328). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Bouysse-Cassagne, T. (1987). *La Identidad Aymara. Aproximación histórica (Siglo XV, Siglo XVI)*. La Paz: Hisbol, IFEA.

- Bouysse-Cassagne, T. (1992). Poblaciones humanas antiguas y actuales. En C. Dejoux, y A. Iltis (Edits.), *El Lago Titicaca: síntesis del conocimiento limnológico actual* (págs. 481-498). La Paz: Hisbol, ORSTOM.
- Browman, D. (1981). New Light on Andean Tiwanaku. *American Scientist*, 69(4), 408-419.
- Brunsdon, C. F., y Charlton, M. (1996). Geographically weighted. *Geographical Analysis*, 28(4), 281-298.
- Capriles, J. (2007). *Inventario, Diagnóstico y Jerarquización de Recursos Arqueológicos en la Zona Norte del Lago Titikaka, Bolivia*. La Paz: Viceministerio de Turismo, Banco Mundial.
- Carmouze, J., Arce, C., y Quintanilla, J. (1977). La régulation hydrique des lacs Titicaca et Poopó. *Cahier O.R.S.T.O.M., Série Hydrobiologie*, XI(4), 269-283.
- Chavez Jr, P. (1988). An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. *Remote sensing of environment*, 24(3), 459-479.
- Chavez Jr, P. (1996). Image-based atmospheric corrections revisited and improved. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 62(9), 1285-1294.
- Chávez, S. (2012). Agricultural Terraces as Monumental Architecture in the Titicaca Basin: Their Origins in the Yaya-Mama Religious Tradition. En R. Burger, y R. Rosenswig (Edits.), *Early New World Monumentality* (págs. 431-453). Gainesville: University of Florida Press.
- Choque Canqui, R. (1993). *Sociedad y economía colonial en el sur andino*. La Paz: Hisbol.
- Comité Interinstitucional de la Infraestructura de datos Espaciales del estado Plurinacional de Bolivia (IDE-EPB). (octubre de 2016). *Norma Nacional de Generación, Intercambio y Difusión de Información Geográfica del Estado Plurinacional de Bolivia – NIG BOLIVIA*. Recuperado el 17 de mayo de 2019, de GeoBolivia - Infraestructura de Datos Espaciales del

Estado Plurinacional de Bolivia (IDE-EPB):
https://geo.gob.bo/portal/IMG/pdf/norma_tecnica_v14_noviembre_2016_1_.pdf

Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia. (7 de febrero de 2009).
Sucre, Bolivia: Gaceta Oficial de Bolivia.

Cousteau, J. (1973). *Three adventures, Galapagos, Titicaca, blue holes*. New York: Doubleday.

Covey, R. (2008). Multiregional perspectives on the archaeology of the Andes during the Late Intermediate Period (c. AD 1000-1400). *Journal of Archaeological Research*, 16, 287-338.

Cross, S., Baker, P., Seltzer, G., Fritz, S., y Dunbar, R. (2000). A new estimate of the Holocene lowstand level of Lake Titicaca, central Andes, and implications for tropical palaeohydrology. *Holocene*(10), 21-32.

Cross, S., Baker, P., Seltzer, G., Fritz, S., y Dunbar, R. (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.

D'Agostino, K., Seltzer, G., Baker, P., Fritz, S., y Dunbar, R. (2002). Late-Quaternary lowstands of Lake Titicaca: evidence from high-resolution seismic data. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*(179), 97-111.

Delaere, C. (2016). *Le patrimoine subaquatique du lac Titicaca, Bolivie. Utilisation et perception de l'espace lacustre durant la période Tiwanaku (500-1150 PCN)*. Tesis doctoral, Université Libre de Bruxelles, Faculté de Philosophie et Sciences sociales, Bruselas.

Delaere, C., y Capriles, J. (2020). The context and meaning of an intact Inca underwater offering from Lake Titicaca. *Antiquity*, 94(376), 1030-1041.
doi:10.15184/aqy.2020.121

- Delaere, C., Capriles, J., y Stanish, C. (2019). Underwater ritual offerings in the Island of the Sun and the formation of the Tiwanaku state. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(17), 8233-8238.
- Delaere, C., Medina, M., Fontenla, R., Capriles, J., Huybrechts, A., y Declerck, M. (2014). *Informe Final (Técnico y Científico) Proyecto Huiñaimarca 2014 - PH14. Proyecto de prospección y excavación arqueológica subacuática prehispánica en el lago Titicaca – Bolivia*. Informe inédito, Unidad de Arqueología y Museos, La Paz.
- Echalar, A., y Sánchez, L. (12 de noviembre de 2010). *Ajuste del Marco de Referencia Geodésico Nacional de Bolivia en SIRGAS: MARGEN-SIRGAS*. Lima, Perú.
- Echalar, A., y Sánchez, L. (25 de octubre de 2010). *Ajuste del Marco de Referencia Geodésico Nacional de Bolivia MARGEN – ROC en SIRGAS: MARGEN-ROC-SIRGAS*. La Paz, Bolivia.
- ENABEL-CTB. (2017-2018). *Proyecto del Lago Titicaca*. Obtenido de Proyecto del Lago Titicaca: <https://www.lactiticaca.com/es/>
- Estévez, J. (1985). Prospección y catalogación de asentamientos prehispánicos del norte del Departamento de La Paz. *Arqueología Boliviana*(2), 89-101.
- Flores, L., y Tantaleán, H. (Edits.). (2012). *Arqueología de la Cuenca del Titicaca, Perú*. Lima: IFEA, Cotsen Institute of Archaeology at UCLA.
- Flores, L., Craig, N., y Aldenderfer, M. (2012). Las qochas y su relación con sitios tempranos en el Ramis, norte de la cuenca del Titicaca. En L. Flores, y H. Tantaleán (Edits.), *Arqueología de la Cuenca del Titicaca, Perú* (págs. 225-242). Lima: IFEA, Cotsen Institute of Archaeology at UCLA.
- Frye, K., y De la Vega, E. (2005). The Altiplano period in the Titicaca basin. En C. Stanish, A. Cohen, y M. Aldenderfer (Edits.), *Advances in Titicaca Basin Archaeology I* (págs. 173-184). Los Angeles: Cotsen Institute of Archaeology Press, UCLA.
- García, L. (2004). La prospección arqueológica de superficie y los SIG. En J. Martín, y A. Lucena (Edits.), *Informática Aplicada a la Investigación y la*

- Gestión Arqueológicas : Actas del I Encuentro Internacional : 5-7 de mayo, 2003, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Córdoba* (págs. 185-221). Córdoba: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba.
- Gasparini, G., y Margolies, L. (1980). *Inca Architecture*. (P. Lion, Trad.) Bloomington: Indiana University Press.
- Gisbert, T. (1994). *Iconografía y mitos indígenas en el arte* (Segunda ed.). La Paz: Fundación BHN, Gisbert y Cia.
- Gisbert, T., Arze, S., y Cajías, M. (2006). *Arte Textil y Mundo Andino* (Tercera ed.). La Paz: Plural Editores.
- Goyzueta, E. (1985). *Origen y Reseña Histórica de Carabuco*. La Paz.
- Graffam, G. (s.f.). Beyond state collapse: rural history, raised fields, and pastoralism in the south central Andes. *American Anthropologist*(94), 882-904.
- Gutierrez, B., y Molina, J. (2014). *Balance hídrico y escenarios de cambio climático en el Lago Titicaca*. International Development Research Centre - IDRC. La Paz: IHH, Agua Sustentable, SENAMHI.
- Hacigüzeller, P. (2012). GIS, Critique, Representation and Beyond. *Journal of Social Archaeology*(12), 245-263.
- Hasenstab, R. (1983). *A Preliminary Cultural Resource Sensitivity Analysis for Flood Control Facilities Construction in the Passaic River Basin of New Jersey*. Marietta: US Army Corps of Engineers.
- Hastorf, C., Steadman, L., Moore, K., Dean, E., Whitehead, W., Killackey, K., . . . Bruno, M. (2008). *Proyecto Arqueológico Taraco: 2006 Excavaciones en Chiripa, Bolivia*. Informe Final de investigación, Dirección Nacional de Arqueología y Antropología (Bolivia), Universidad de California (Berkeley), La Paz.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). México, D.F.: McGraw-Hill.

- Instituto Geológico y Minero de España. (2008). *Mapas de peligrosidad por avenidas e inundaciones. Guía Metodológica para su elaboración*. Madrid: Ministerio de Ciencia e Innovación.
- International Lake Environment Comitee. (12 de Junio de 2010). *Internet Archive Wayback Machine: International Lake Environment Committee*. Obtenido de International Lake Environment Committee. World Lakes Database: <https://web.archive.org/web/20100612125716/http://www.ilec.or.jp/database/sam/sam-04.html>
- Janusek, J. (2004). Collapse as cultural revolution: Power and identity in the Tiwanaku to Pacajes transition. En *Foundations of Power in the Prehispanic Andes* (págs. 175-210). Arlington: Archaeological Papers of the American Anthropological Association, vol. 14.
- Janusek, J. (Ed.). (2018). *Khonkho Wankane: Archaeological Investigations in Jesus de Machaca, Bolivia*. Berkeley: Contributions of the ARchaeological Research Facility No. 68, University of California.
- Janusek, J., Lémuz, C., Plaza, V., y Roddick, A. (2017). *Informe de Investigaciones Arqueológicas en la Península de Challapata, Temporada 2016*. Informe Inédito, La Paz.
- Julien, C. (1979). Investigaciones recientes en la capital de los Qolla, Hatunqolla, Puno. En A. Castelli, y M. Koth (Edits.), *Arqueología Peruana, Seminario Investigaciones Arqueológicas en el Perú 1976* (págs. 199-213). Lima: Comisión Fullbright.
- Julien, C. (2004). *Hatunqolla: una perspectiva sobre el Imperio Incaico desde la región del Lago Titicaca*. La Paz: Producciones CIMA.
- Kessler, A., y Monheim, F. (1967). *El balance hidrológico del lago Titicaca. Una contribución al aprovechamiento de sus aguas*. Ministerio de Fomento y Obras Públicas, Dirección de Irrigación. Lima: Comisión de Aguas Subterráneas.
- Klarich, E. (2005). *From the Monumental to the Mundane: Defining Early Leadership Strategies at Late Formative Pukara, Peru*. Tesis doctoral para

optar al grado de Ph.D. en Antropología, University of California, Santa Bárbara.

- Klarich, E. (2012). Producción, papas y proyectiles: evaluando los factores principales en el desarrollo de Pukara. En L. Flores, y H. Tantaleán (Edits.), *Arqueología de la Cuenca del Titicaca, Perú* (págs. 195-216). Lima: IFEA, Cotsen Institute of Archaeology at UCLA.
- Klarich, E., y Flores, L. (2010). Continuidad e innovación de la cerámica Pucará: 3000 años de producción alfarera en la cuenca norte del Titicaca. En *Manual-catálogo Toro, torito de Pucará* (págs. 23-31). Lima: Ministerio de Comercio Exterior y Turismo.
- Kolata, A. (1993). *The Tiwanaku: Portrait of an Andean Civilization*. Cambridge/Massachusetts/Oxford: Blackwell.
- Kolata, A. (Ed.). (1996). *Tiwanaku and its Hinterland: Archaeology and Paleoecology of an Andean Civilization*. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press.
- Lavenu, A. (1992). Formación geológica y evolución. En C. Dejoux, y A. Iltis (Edits.), *El Lago Titicaca. Síntesis del conocimiento limnológico actual* (págs. 19-27). La Paz: Hisbol, ORSTOM.
- Lémuz, C. (2001). *Patrones de Asentamiento ARqueológico en la Península de Santiago de Huata, Bolivia*. . Tesis de licenciatura, Universidad Mayor de San Andrés, Departamento de Arqueología, La Paz.
- Lémuz, C. (2011). Patrones de Asentamiento Arqueológico en el Área de Influencia del Aitio de Khonkho Wankane. *Nuevos Aportes*(5), 31-70.
- Lémuz, C. (2017). *Proyectos: PROYECTO ARQUEOLÓGICO DE REDES DE INTERACCIÓN ALTIPLANO Y VALLES INTERANDINOS*. Obtenido de Arqueobolivia: <http://www.arqueobolivia.org/proyecto-arqueologico-de-redes-de-interaccion-altiplano-y-valles-interandinos/>
- Lémuz, C., y Aranda, K. (Edits.). (2008). *Mapa de Áreas Arqueológicas Potenciales del Valle de La Paz*. La Paz: Gobierno Municipal de La Paz.

- Lémuz, C., y Janusek, J. (4 de Mayo de 2016). Coloquio Internacional sobre contaminación actual e histórica en los ecosistemas acuáticos Andinos. *Desarrollo de las tecnologías prehispánicas y su correlación con las reconstrucciones ambientales de los periodos Formativo y Tiwanaku en la Cuenca del Lago Titicaca, Bolivia*. La Paz, Bolivia: IRD.
- Lémuz, C., Janusek, J., y Plaza, V. (2016). *Informe de Investigaciones Arqueológicas en la Península de Challapata, Temporada 2014*. Informe inédito, Unidad de Arqueología y Museos, La Paz.
- Ley Nº 530 del Patrimonio Cultural Boliviano. (23 de mayo de 2014). Sucre, Bolivia: Gaceta Oficial de Bolivia.
- Llobera, M. (1996). Exploring the topography of mind: GIS, social space and archaeology. *Antiquity*, 70(269), 612-622.
- Llobera, M. (2012). Life on a Pixel: Challenges in the Development of Digital Methods Within an "Interpretive" Landscape Archaeology Framework. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 19(4), 495-509.
- Marsh, E. (2011). Arquitectura doméstica en el sitio de Khonkho Wankane durante el Formativo Tardío. *Nuevos Aportes*(5), 99-118.
- Mathews, J. (1992). *Prehispanic settlement and agriculture in the middle Tiwanaku valley, Bolivia*. Disertación doctoral inédita, Universidad de Chicago, Departamento de Antropología, Illinois.
- Méncias, J. (2008). Del Cielo a la Arcilla: Una aproximación a la representación de fenómenos astronómicos en la cerámica votiva de Pariti. *Chachapuma, Revista de Arqueología Boliviana*(3), 37-49.
- Mennis, J. (2006). Mapping the results of geographically weighted regression. *Cartographic Journal*, 43(2), 171-179.
- Meyers, A. (2002). Los Incas: Bárbaros advenedizos o herederos de Tiwanaku? En *El hombre y los Andes, Homenaje a Franklin Pease* (págs. 525-535). Lima: PUCP.

- Moseley, M. (2001). *The Incas and their ancestors* (Segunda ed.). Nueva York: Thames y Hudson.
- Mourguiart, P., Argollo, J., y Wirrmann, D. (1995). Evolución del Lago Titicaca desde 25000 años BP. En J. Argollo, y P. Mourguiart (Edits.), *Climas cuaternarios en América del Sur* (págs. 157-171). La Paz: ORSTOM.
- Mourguiart, P., Argollo, J., Carbonel, P., Corrège, T., y Wirrmann, D. (1995). El lago Titicaca durante el Holoceno: Una historia compleja. En J. Argollo, y P. Mourguiart (Edits.), *Climas cuaternarios en América del Sur* (págs. 173-188). La Paz: ORSTOM.
- Murra, J. (1972). El “control vertical” de un máximo de pisos ecológicos en la economía de las sociedades andinas. En J. Murra (Ed.), *Visita a la provincia de León de Huánuco en 1562* (págs. 427-476). Huánuco: Universidad Nacional Hermilio Valdizan.
- Murra, J. (1975). *Formaciones económicas y políticas del mundo andino*. Lima: Instituto de Estudios Peruanos.
- OMM - Organización Meteorológica Mundial. (2012). *Glosario Hidrológico Internacional (Nº 385)*. Ginebra: World Meteorological Organization.
- Ortloff, C., y Kolata, A. (1993). Climate and Collapse: Agro-Ecological Perspectives on the Decline of the Tiwanaku State. *Journal of Archaeological Science*, 20(2), 195-221.
- Ostermann, C. (1978). *Mapa arqueológico de la cuenca del Lago Titicaca*. Ponencia presentada en la Reunión “El Desarrollo de la Cultura Tiwanaku en el Área Circumlacustre”, Copacabana.
- Parcero-Oubiña, C. (2018). Mapenado experiencias: SIG y arqueología en el paisaje. En L. Flores (Ed.), *Lugares, Monumentos, Ancestros. Arqueologías de paisajes andinos y lejanos* (págs. 53-68). Lima: Avqi Ediciones.
- Paredes, R. (1955). *La Provincia Omasuyo*. La Paz: Editorial Isla.

- Paredes, R. (1968). *Los Siñani (tradiciones y crónicas del pueblo de Carabuco)*. La Paz: Editorial Isla.
- Pareja, E. (1996). *Informe de visita a Challapata*. Informe Inédito, presentado al Instituto Nacional de Arqueología, Proyecto Arqueológico Yaya-Mama, La Paz.
- Pärssinen, M. (2003). *Tawantinsuyu: El estado inca y su organización política*. Lima: Instituto Francés de Estudios Andinos.
- Plog, S. (1978). Sampling in archaeological surveys: a critique. *American Antiquity*, 43(2), 280-285.
- Plog, S., Plog, F., y Wair, W. (1978). Decision making in modern surveys. En M. Schiffer (Ed.), *Advances in Archaeological Method and Theory* 1 (págs. 384-421). Nueva York: Academic Press.
- Ponce, C. (1981). *Las ruinas prehispánicas de Chukuperkha en el contexto del ecosistema de la cuenca lacustre: Un ensayo de etnoarqueología*. Documento INAR, núm. 33/81. Copacabana: III reunión internacional de arqueología boliviano-peruana.
- Ponce, C. (1992). Arqueología subacuática en el lago Titikaka. En C. Ponce, J. Reinhard, M. Portugal Ortiz, E. Pareja, y L. Ticlla, *Exploraciones Arqueológicas Subacuáticas en el Lago Titikaka* (págs. 11-328). La Paz: La Palabra.
- Ponce, C., y Mogrovejo, G. (1970). *Acerca de la procedencia del material lítico de los monumentos de Tiwanaku: Examen arqueológico: estudio geológico petrográfico*. La Paz: E. Burillo.
- Ponce, C., Reinhard, J., Portugal Ortiz, M., Pareja, E., y Ticlla, L. (1992). *Exploraciones Arqueológicas Subacuáticas en el Lago Titikaka*. La Paz: La Palabra.
- Portugal Loayza, J. (2001). *Arqueología y Arte Rupestre en Gran Puni, (Noreste del Lago Titicaca, La Paz – Bolivia)*. Tesis inédita de Licenciatura, Universidad Mayor de San Andrés, Carrera de Antropología y Arqueología, La Paz.

- Portugal Loayza, J. (Ed.). (2017). *Catastro Arqueológico del Municipio de Escoma*. La Paz: Universidad Mayor de San Andrés.
- Portugal Ortiz, M. (1985). Informe de la prospección arqueológica efectuada en la Provincia Camacho del Departamento de La Paz. *Arqueología Boliviana*(2), 17-28.
- Portugal Ortiz, M. (1985). Informe de la prospección arqueológica efectuada en la Provincia Camacho del Departamento de La Paz (segunda parte). *Arqueología Boliviana*(2), 29-40.
- Portugal Ortiz, M. (1992). Un depósito arqueológico de ofrendas subacuáticas en el lago Titikaka. En C. Ponce, J. Reinhard, M. Portugal Ortiz, E. Pareja, y L. Ticlla, *Exploraciones Arqueológicas Subacuáticas en el Lago Titikaka* (págs. 531-582). La Paz: La Palabra.
- Portugal Zamora, M. (1961). Nuevos hallazgos arqueológicos en la zona noreste del lago Titicaca. *Khana*(35), 34-43.
- Protzen, J.-P. (1992). Architettura Inca. En L. Laurencich (Ed.), *I regni preincaici e il mondo Inca* (págs. 193-217). Milán: Jaca.
- Protzen, J.-P., y Nair, S. (2016). *Las Piedras de Tiahuanaco. Arquitectura y construcción de un centro megalítico andino*. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Ramos Gavilán, A. (1976 [1621]). *Historia de Nuestra Señora de Copacabana* (Segunda ed.). La Paz: Academia Boliviana de Historia.
- Redman, C., y Watson, P. (1970). Systematic, intensive surface collection. *American Antiquity*, 35(3), 279-291.
- Rivera, O., y Tapia, F. (1984). *Proyecto de Catalogación de Sitios Arqueológicos*. Informe inédito, Instituto Nacional de Arqueología, OEA, La Paz.
- Ruiz, G. (1988). La prospección arqueológica en España: pasado, presente y futuro. *Arqueología Espacial*(12), 33-47.

- Sagárnaga, J., y Méncias, J. (2014). Presagio de un ocaso: El conjuro de la caída de Tiwanaku, desde Pariti. *Chachapuma, Revista de Arqueología Boliviana*(7), 10-16.
- Saignes, T. (1986). *En busca del doblamiento étnico de los Andes bolivianos (siglos XV y XVI)*. La Paz: Museo Nacional de Etnografía y Folklore.
- Schiffer, M., Sullivan, A., y Klinger, T. (1978). The design of archaeological surveys. *World Archaeology*, 10(1), 1-28.
- Seddon, M. (1994). *Excavations in the raised Fields of the Rio Catari Sub-basin, Bolivia*. Tesis inédita de maestría, University of Chicago, Department of Anthropology, Chicago.
- Servant, M., y Fontes, J. (1978). Les lacs quaternaires des hauts plateaux des Andes boliviennes. Premières interprétations paléoclimatiques. *Cahiers ORSTOM, Série Géologie*, 10(1), 9-23.
- Servant-Vildary, S. (1992). Las diatomeas. En C. Dejoux, y A. Iltis (Edits.), *El Lago Titicaca. Síntesis del conocimiento limnológico actual* (págs. 181-191). La Paz: Hisbol, ORSTOM.
- Smith, S. (2011). La arquitectura del Formativo Tardío en Khonkho Wankane, Bolivia. *Nuevos Aportes*(5), 71-98.
- Squier, E. (1877). *Peru: Incidents of Travel and Exploration in the Land of the Incas*. Londres: MacMillan and Co.
- Stanish, C. (2003). *Ancient Titicaca: the evolution of complex society in southern Peru and northern Bolivia*. Berkeley: University of California Press.
- Stanish, C. (2007). Agricultural Intensification in the Titicaca Basin. En T. Thurston, y C. Fisher (Edits.), *Seeking a Richer Harvest. Studies in Human Ecology* (Vol. 3, págs. 125-139). Boston: Springer.
- Stanish, C. (2012). La Ocupación Inca en la cuenca del Titicaca. En L. Flores, y H. Tantaleán (Edits.), *Arqueología de la cuenca del Titicaca, Perú* (págs. 339-383). Lima: Instituto Francés de Estudios Andinos, Cotsen Institute of Archaeology at UCLA.

- Stanish, C., Aldenderfer, M., y Cohen, A. (Edits.). (2006). *Advances in Titicaca Basin Archaeology*. Los Ángeles: Cotsen Institute of Archaeology, University of California.
- Stanish, C., De la Vega, E., Steadman, L., Chavez, C., Frye, K., Onofre, L., . . . Calisaya, P. (1997). *Archaeological survey in the Juli-Desaguadero region of the Lake Titicaca Basin, southern Peru*. Chicago: Field Museum of Natural History.
- Tantaleán, H., y Zapata, C. (2014). *Chaupisawakasi y la formación del estado Pukara (400 a.C.–350 d.C.) en la Cuenca norte del Titicaca, Perú*. Oxford: BAR International Series (2687).
- Tapia, P., Fritz, S., Baker, P., Seltzer, G., y Dunbar, R. (2003). A Late Quaternary diatom record of tropical climatic history from Lake Titicaca (Peru and Bolivia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*(194), 139-164.
- Thompson, L., Mosley-Thompson, E., Bolzan, J., y Koci, B. (1985). A 1500-Year record of tropical precipitation in Ices cores from the Quelccaya Ice Cap, Peru. *Science*(229), 971-973.
- Tilley, C. (1994). *A phenomenology of landscape: Places, paths, and monuments*. Oxford: Berg.
- UNEP, División de Aguas Continentales Programa de al Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (1996). *Diagnostico Ambiental del Sistema Titicaca-Desaguadero-Poopo-Salar de Coipasa (Sistema TDPS) Bolivia-Perú*. Washington, D.C.: Comité Ad-Hoc de Transición de la Autoridad Autónoma Binacional del Sistema TDPS.
- Verhagen, P. (2017). Spatial analysis in archaeology: moving into new territories. En O. Bubbenzer, C. Siart, y M. Forbriger (Edits.), *Digital Geoarchaeology. New Techniques for Interdisciplinary Human-Environmental Research* (págs. 11-25). Cham: Springer.
- Weide, D., Fritz, S., Hastorf, C., Bruno, M., Baker, P., Guedron, S., y Salenbien, W. (2017). A 6000 yr diatom record of mid- to late Holocene fluctuations

in the level of Lago Wiñaymarca, Lake Titicaca (Peru/Bolivia). *Quaternary Research*(88), 1-14.

Wirrmann, D., y De Oliveira Almeida, L. (1987). Low Holocene level (7700 to 3650 years ago) of Lake Titicaca (Bolivia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*(59), 315-323.

Wirrmann, D., Mourguiart, P., y De Oliveira Almeida, L. (1988). Holocene sedimentology and ostracods distribution in Lake Titicaca – paleohydrological interpretations. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*(6), 89-127.

Wirrmann, D., Ybert, J., y Mourguiart, P. (1992). Una evaluación paleohidrológica de 20.000 años. En C. Dejoux, y A. Ittis (Edits.), *El Lago Titicaca. Síntesis del conocimiento limnológico actual* (págs. 61-68). La Paz: Hisbol, ORSTOM.

Ybert, J. (1992). Los paisajes lacustres antiguos según el análisis palinológico. En C. Dejoux, y A. Ittis (Edits.), *El Lago Titicaca. Síntesis del conocimiento limnológico actual* (págs. 69-79). La Paz: Hisbol, ORSTOM.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Fluctuación del Agua

La matriz se presenta de la siguiente manera (adaptada de Lémuz Janusek, 2016):

AÑOS	Cronología Maestra	Cronología Titicaca Norte	Paleoambiente	Paleohidrología	Valor de variación
1600	Colonial Temprano	Colonial	Temporada húmeda con incremento de niveles del agua.	Incremento de aguas al nivel actual (3812 msnsm)	+18
1500	Inka expansivo	Inka			
1400	Señoríos Amaras	Colla	Periodo de aridez severa.	Descenso de aguas entre 3799 y 3794 msnm	-18
1300					
1200					
1100	Tiwanaku	Tiwanaku V	Periodo húmedo.	Incremento de aguas a 3812 msnsm	18
1000					
900					
800		Tiwanaku IV			
700					
600					
500					
400	?	Periodo frío y árido.	Descenso de aguas entre 3796 y 3794 msnm	-18	
300					
200					
100 d.C.		Pucara	Periodo húmedo.	Incremento de aguas a 3812 msnsm	18
0					
100 a.C.	Formativo Medio	Cusipata	Periodo de sequía.	Descenso de aguas entre 3796 y 3794 msnm	-18
200					
300					
400		Qaluyu	Periodo húmedo o lluvioso.	Incremento de aguas a 3812 msnsm	14
500					
600					
700					
800					
900	Periodo de aridez.	Descenso de aguas entre 3801 y 3798 msnm	-10		
1000					

AÑOS	Cronología Maestra	Cronología Titicaca Norte	Paleoambiente	Paleohidrología	Valor de variación
1100	Formativo Inferior o Temprano	Qaluyu	Temporada variable, poco más húmeda.	Incremento de aguas entre 3801 y 3808 msnm	17
1200					
1300		?	Periodo de aridez o sequía (frio seco).	Descenso de aguas a 3791 msnm	-21
1400					
1500					
1600	Arcaico Tardío/Terminal	?	Periodo de aridez o sequía (frio seco).	Descenso de aguas a 3791 msnm	-21
1700					
1800					

Anexo 2. Valores de niveles promedio por año generacional, en el Lago Titikaka (propio)

PERIODO	Etapa	AÑO LÍMITE	Evento	NIVEL DEL LAGO (m.s.n.m.)
FORMATIVO	I	1.400	1	3791
PERIODO	Etapa	AÑO LÍMITE	Evento	NIVEL DEL LAGO (m.s.n.m.)
FORMATIVO (a.C.)	II	1.375	1	3792,05
	II	1.350	2	3793,1
	II	1.325	3	3794,15
	II	1.300	4	3795,2
	II	1.275	5	3796,25
	II	1.250	6	3797,3
	II	1.225	7	3798,35
	II	1.200	8	3799,4
	II	1.175	9	3800,45
	II	1.150	10	3801,5
	II	1.125	11	3802,55
	II	1.100	12	3803,6
	II	1.075	13	3804,65
	II	1.050	14	3805,7
	II	1.025	15	3806,75
	II	1.000	16	3807,8
PERIODO	Etapa	AÑO LÍMITE	Evento	NIVEL DEL LAGO (m.s.n.m.)
FORMATIVO (a.C.)	III	975	1	3806,55
	III	950	2	3805,3
	III	925	3	3804,05
	III	900	4	3802,8
FORMATIVO (a.C.)	III	875	5	3801,55
	III	850	6	3800,3
	III	825	7	3799,05
	III	800	8	3797,8

PERIODO	Etapa	AÑO LÍMITE	Evento	NIVEL DEL LAGO (m.s.n.m.)
FORMATIVO (a.C.)	IV	775	1	3798,975
	IV	750	2	3800,15
	IV	725	3	3801,325
	IV	700	4	3802,5
	IV	675	5	3803,675
	IV	650	6	3804,85
	IV	625	7	3806,025
	IV	600	8	3807,2
	IV	575	9	3808,375
	IV	550	10	3809,55
	IV	525	11	3810,725
	IV	500	12	3811,9
PERIODO	Etapa	AÑO LÍMITE	Evento	NIVEL DEL LAGO (m.s.n.m.)
FORMATIVO (a.C.)	V	475	1	3810,1
	V	450	2	3808,3
	V	425	3	3806,5
	V	400	4	3804,7
	V	375	5	3802,9
	V	350	6	3801,1
	V	325	7	3799,3
	V	300	8	3797,5
	V	275	9	3795,7
	V	250	10	3793,9
PERIODO	Etapa	AÑO LÍMITE	Evento	NIVEL DEL LAGO (m.s.n.m.)
FORMATIVO (a.C. - d.C.)	VI	225	1	3795,2
	VI	200	2	3796,5
	VI	175	3	3797,8
	VI	150	4	3799,1

PERIODO	Etapa	AÑO LÍMITE	Evento	NIVEL DEL LAGO (m.s.n.m.)
FORMATIVO (a.C. - d.C.)	VI	125	5	3800,4
	VI	100	6	3801,7
	VI	75	7	3803
	VI	50	8	3804,3
	VI	25	9	3805,6
	VI	0	10	3806,9
	VI	25	11	3808,2
	VI	50	12	3809,5
	VI	75	13	3810,8
	VI	100	14	3812,1
PERIODO	Etapa	AÑO LÍMITE	Evento	NIVEL DEL LAGO (m.s.n.m.)
FORMATIVO (d.C.)	VII	125	1	3810,6
	VII	150	2	3809,1
	VII	175	3	3807,6
	VII	200	4	3806,1
	VII	225	5	3804,6
	VII	250	6	3803,1
	VII	275	7	3801,6
	VII	300	8	3800,1
	VII	325	9	3798,6
	VII	350	10	3797,1
	VII	375	11	3795,6
	VII	400	12	3794,1
PERIODO	Etapa	AÑO LÍMITE	Evento	NIVEL DEL LAGO (m.s.n.m.)
FORMATIVO AL HORIZONTE MEDIO (d.C.)	I	425	1	3794,7
	I	450	2	3795,3
	I	475	3	3795,9
	I	500	4	3796,5
	I	525	5	3797,1

PERIODO	Etapa	AÑO LÍMITE	Evento	NIVEL DEL LAGO (m.s.n.m.)	
FORMATIVO AL HORIZONTE MEDIO (d.C.)	I	550	6	3797,7	
	I	575	7	3798,3	
	I	600	8	3798,9	
	I	625	9	3799,5	
	I	650	10	3800,1	
	I	675	11	3800,7	
	I	700	12	3801,3	
	I	725	13	3801,9	
	I	750	14	3802,5	
	I	775	15	3803,1	
	I	800	16	3803,7	
	I	825	17	3804,3	
	I	850	18	3804,9	
	I	875	19	3805,5	
	I	900	20	3806,1	
	I	925	21	3806,7	
	I	950	22	3807,3	
	I	975	23	3807,9	
	I	1.000	24	3808,5	
	I	1.025	25	3809,1	
	I	1.050	26	3809,7	
	I	1.075	27	3810,3	
	I	1.100	28	3810,9	
	I	1.125	29	3811,5	
	I	1.150	30	3812,1	
	PERIODO	Etapa	AÑO LÍMITE	Evento	NIVEL DEL LAGO (m.s.n.m.)
	HORIZONTE MEDIO AL INTERMEDIO TARDÍO (d.C.)	I	1.175	1	3810,6
		I	1.200	2	3809,1
		I	1.225	3	3807,6

PERIODO	Etapa	AÑO LÍMITE	Evento	NIVEL DEL LAGO (m.s.n.m.)
HORIZONTE MEDIO AL INTERMEDIO TARDÍO (d.C.)	I	1.250	4	3806,1
	I	1.275	5	3804,6
	I	1.300	6	3803,1
	I	1.325	7	3801,6
	I	1.350	8	3800,1
	I	1.375	9	3798,6
	I	1.400	10	3797,1
	I	1.425	11	3795,6
	I	1.450	12	3794,1
	PERIODO	Etapa	AÑO LÍMITE	Evento
INT. TARDÍO AL H. TARDÍO	I	1.475	1	3803,1
	I	1.500	2	3812,1

Anexo 3. Matriz de Sitios Arqueológicos

La matriz presenta las siguientes columnas:

ID	NOMBRE	TIPO	X	Y

Donde:

ID= El código de inventario del sitio arqueológico.

NOMBRE= El nombre/denominativo local del sitio o lugar de emplazamiento. De no existir, se emplea el código de inventario inicial (el primero generado para el sitio).

TIPO= Es la tipología de sitios, cuyos valores pueden ser: Área de asentamiento con aprovechamiento, Área de explotación económica, Campamento, Ciudadela fortificada, Complejo cívico-administrativo, Conjunto habitacional, Densidad artefactual, Estructura de almacenaje, Funerario, Representaciones gráficas, Residencial, Ritual o de culto, Taller lítico.

X= Coordenada Este UTM WGS84 (Zona 19S)

Y= Coordenada Sur UTM WGS84 (Zona 19S)