

II.1 Morfología y batimetría

DENIS WIRRMANN

El lago Titicaca, cuenca lacustre septentrional del Altiplano, planicie endorreica peruano-boliviana de altura elevada, es la superficie navegable más alta del mundo ubicada a 3.809 metros sobre el nivel del mar.

Después de las descripciones someras de los cronistas españoles, las primeras observaciones científicas fueron realizadas por A. d'ORBIGNY en el curso de su viaje a Sudamérica (1826-1833). Hasta principios del siglo, el documento cartográfico disponible considerado como el más fiable fue aquél establecido por el inglés PENTLAND después de dos viajes al lago (1827-28/1837-38). Luego se realizaron otras expediciones puntuales o multidisciplinarias, particularmente aquélla de AGASSIZ y GARMAN (1876); la de CREQUI DE MONTFORT y SENECHAL de la GRANGE presentada por NEVEU-LEMAIRE en 1906, cada una de ellas dedicándose a presentar con un éxito regular un cuadro geográfico preciso. La última gran expedición multidisciplinaria se remonta a 1936-39 (Percy Sladen Trust Expedition); fue seguida de estudios más especializados.

En este capítulo de síntesis, sólo los datos más recientes han sido tomados en cuenta, teniendo como referencia principal el trabajo de BOULANGE y AQUIZE JAEN (1981) y utilizando como fondos cartográficos los 5 mapas al 1/100.000 editados en 1978 por los Servicios Hidrológicos del Perú y de Bolivia (referencia Hidronav) establecidos a partir de 7.000 puntos de sondeo expresados en metros y decímetros sobre la base del promedio de las medidas correspondientes a 41 años de observaciones.

La cuenca vertiente

Está compartida desigualmente entre las repúblicas del Perú y de Bolivia, según una orientación N:NW - S:SE y tiene por coordenadas extremas los puntos siguientes (fig. 1):

14°09'06" - 17°08'29" de latitud Sud
68°03'34" - 71°01'42" de longitud Oeste

Al norte, la cuenca vertiente está limitada por la Cordillera Vilcanota culminando a 5.480 m, nudo de unión de las Cordilleras Occidental y Oriental que delimitan el Altiplano.

El borde oriental sigue la línea de crestas de las Cordilleras Carabaya y Aricoma (altitudes superiores a 4.800 m), luego se encorva hacia el Sud para continuar por la Cordillera Apolobamba cuya altura general desciende hasta 4.800 m.

Más allá, el límite de la cuenca se aproxima hasta 10 km de las orillas del lago y la altura es del orden de 4.500 m. Este estrechamiento de la cuenca vertiente está ligado a la fuerte erosión regresiva del lado amazónico por el río Beni que penetra en la Cordillera hasta el pie del Illampu (punto culminante de la cuenca vertiente, 6.322 m), entre las Cordilleras Apolobamba y Real. El

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 36605, et 2

Cote : A

borde oriental continúa a lo largo de la Cordillera Real para bordear cerca de La Paz el límite del Altiplano (4.000 m de altura).

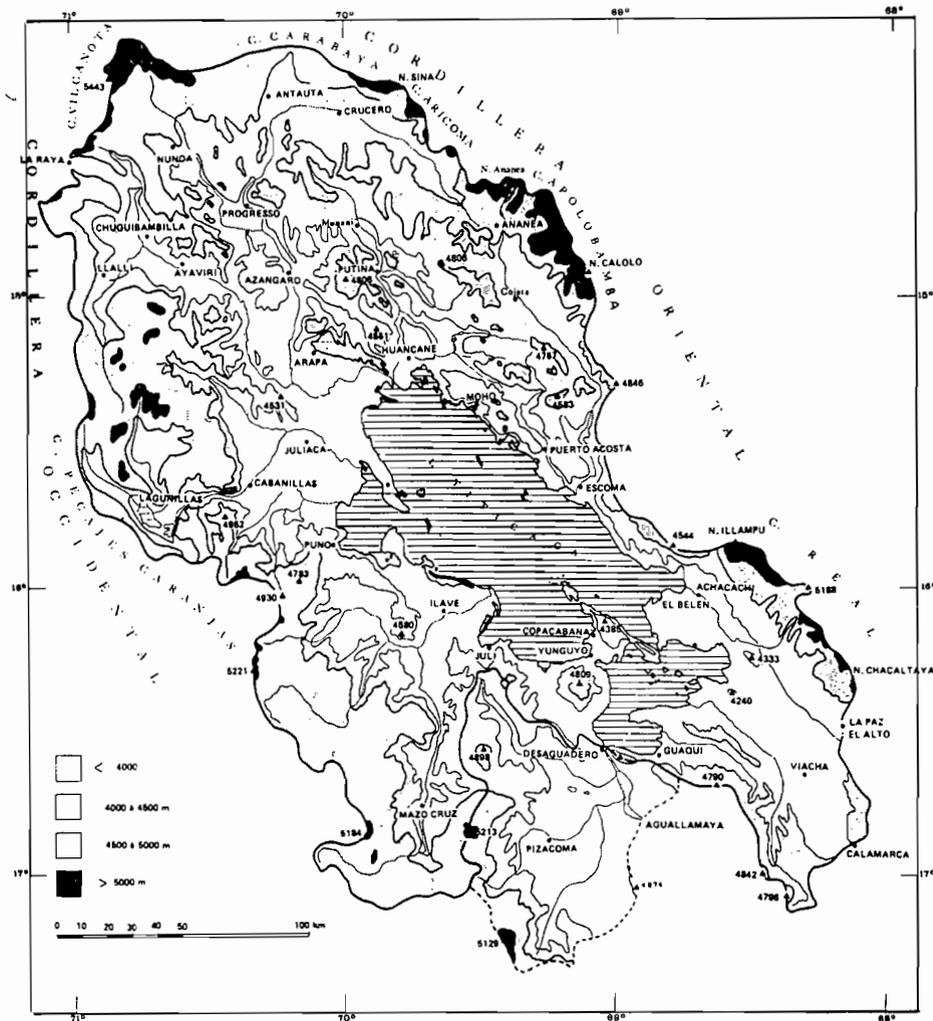


Fig. 1. - La cuenca vertiente del lago Titicaca, adaptada según BOULANGE y AQUIZE JAEN (1981).

El lado meridional de la cuenca vertiente se apoya en cimas cuya altura varía entre 4.500 y 4.800 m y está abierto al único exutorio del lago, en Desaguadero, que marca también el límite septentrional de la cuenca vertiente del lago Poopó.

El borde occidental está articulado al noroeste y sudeste de la Cordillera Occidental, cuyas cimas no sobrepasan 5.000 m.

La cuenca lacustre

La hoyada del lago Titicaca, con la misma orientación que la de la cuenca vertiente, se divide en dos sub-cuencas (fig. 2):

- al norte, el Lago Mayor o Lago Chucuito,
- al sur, el Lago Menor o Lago Huiñaimarca,

Reunidas por el estrecho de Tiquina, con un ancho de aproximadamente 850 metros y con una profundidad mínima de 21 metros.

Los límites geográficos del lago son los siguientes: $15^{\circ}13'19''$ - $16^{\circ}35'37''$ de latitud Sud y $68^{\circ}33'36''$ - $70^{\circ}02'13''$ de longitud Oeste.

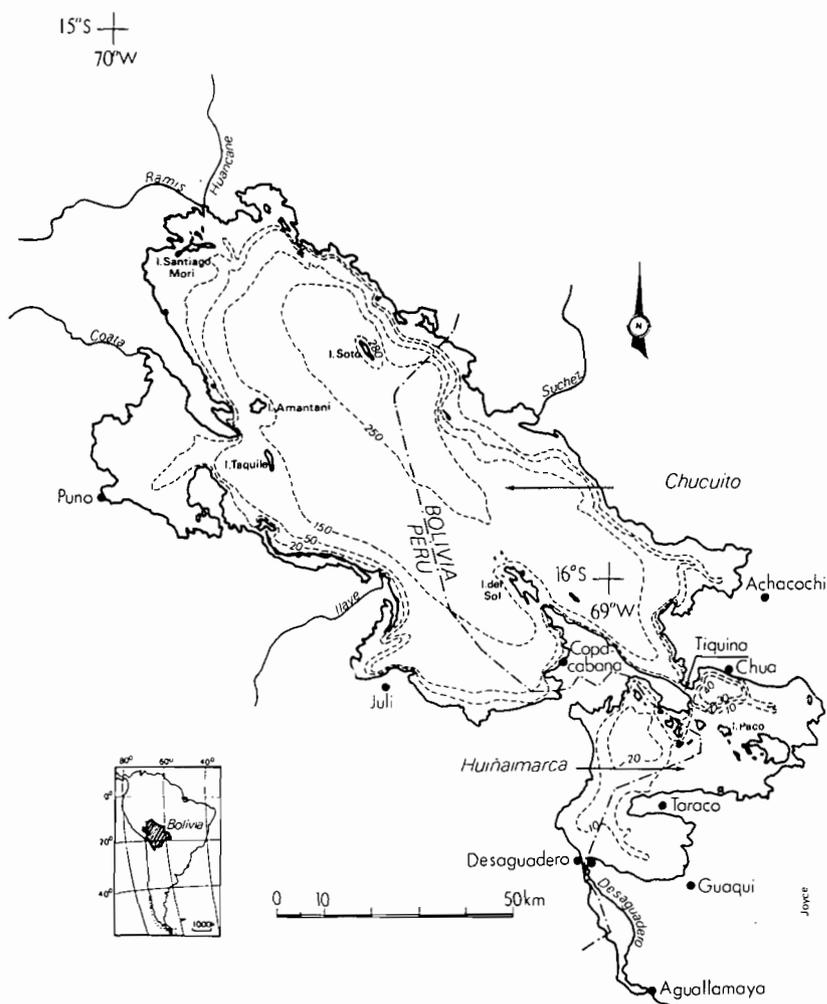


Fig. 2. - Batimetría del lago Titicaca, adaptada según BOULANGE y AQUIZE JAEN (1981).

El borde costero, de una longitud de 915 km, está mal definido al norte y al oeste, sus límites confundiendo con los de las planicies de inundaciones de los principales afluentes. Por el contrario, el límite oriental está mejor individualizado porque sigue a una línea de fallas.

La distancia máxima en agua, medida entre los dos puntos más alejados según una línea N.NW-S.SE, que pasa por el estrecho de Tiquina, es de 178 km para una anchura máxima, según una perpendicular de este eje, de 69 km para el Lago Mayor y de 41 km para el Lago Menor.

En función de los métodos de cálculo empleados - planimetría (Cuadros 1 y 2) o cálculo por tratamiento matemático de los datos de los mapas Hidronav (Cuadro 3) - la evaluación de la superficie y del volumen del lago Titicaca difiere levemente. Estas variaciones conducen a estimaciones que no son incoherentes entre sí, conociendo que con relación al nivel actual del plan de agua (3.809 sobre el nivel del mar) un descenso del orden de un metro ocasiona una disminución de la superficie de agua de 1.000 km² y una disminución del volumen de 8 km³ aproximadamente.

De esta manera según el cálculo directo a partir de los datos cartográficos, la superficie total del lago es de 8.562 km² para un volumen de agua de 903 km³, la superficie de las islas siendo insignificante (1.3 % del total).

	Lago Mayor	Bahía de Puno	Total	Lago Menor	Lago Titicaca
A km ²	6542	589	7131	1428	8559
A _i km ²	49	1	50	61	111
A _i / A %	0.7	0.1	0.7	4.2	1.3
A _E km ²	6493	588	7081	1367	8448
L km	151	41		62	178
l _M	69	30		41	69
l _m	43	14	47	23	48
Z _M	284	51		42	284
Z _m	135	8	125	9	105
Z _m / Z _M	0.47	0.16	0.44	0.21	0.37
C km	455	155	610	305	915
DC = C / √π · A	1.59	1.80	2.04	2.28	2.79
V x 10 ⁹ m ³	878.7	4.8	883.5	12.36	895.86

Cuadro 1. - Parámetros morfométricos del lago (según BOULANGE y AQUIZE JAEN, 1981).

A : superficie total -- A_i : superficie de las islas -- A_E : superficie en agua -- L : longitud -- l_M : ancho -- l_m : ancho medio -- Z_M : profundidad máxima -- Z_m : profundidad media -- C : línea de borde -- DC : desarrollo de la línea de borde -- V : volumen.

Lago Mayor y Bahía de Puno				
Profundidad en m	Superficie en agua		Volumen	
	km ²	%	m ³ x 10 ⁹	%
0	6493	100	124.5	14.1
20	5407	76.3	153.3	17.4
50	4816	68	217.2	24.6
100	3886	54.8	180.3	20.4
150	3332	47	130.5	14.8
200	1948	27.5	66.6	7.5
250	800	11.3	11.1	1.2
284				
			883.5	100
Bahía de Puno				
0	588	100	1.95	40.3
5	221	37.6	0.91	18.8
10	146	24.8	1.09	22.5
20	75	12.8	0.89	18.4
50	2	0.3	0.002	0
52				
			4.84	100
Lago Menor				
0	1367	100	5.27	42.7
5	768	56.2	2.97	24.0
10	434	31.7	2.90	23.5
20	167	12.2	0.98	7.9
30	44	3.2	0.20	1.6
40	4	0.3	0.04	0.3
42				
			12.36	100

Lago Titicaca				
Profundidad en m	Superficie		Volumen	
	km ²	%	m ³ x 10 ⁹	%
0	8562.7	100	903.7	100
1	7541.5	88	896.2	99
2	7304.7	85	888.9	98
3	7052.7	82	881.8	97.5
4	6889.5	80	875	97
5	6754	79	868.2	96
10	6269.5	73	836	92.5
15	5963	70	805.5	89
20	5714	67	776.5	86
25	5606.5	65	748.2	83
30	5500.7	64	720.5	80
35	5411.2	63	693.3	77
40	5320.7	62	666.5	74
45	5249.2	61	640.1	71
50	5167.2	60	614.1	68

Cuadro 3. - Relaciones superficie-profundidad y volumen-profundidad según el cálculo directo (tratamiento informático).

Cuadro 2. - Relaciones superficie-profundidad y volumen-profundidad (según BOULANGE y AQUIZE JAEN, 1981).

A) El Lago Mayor

Los bloques diagramas realizados a partir de los puntos de sondeo permiten diferenciar 4 zonas batimétricas en el Lago Chucuito (figs. 2 y 3) :

- una zona de grandes profundidades, más de 200 metros de agua; correspondiente a la parte central del lago; el punto más profundo, medido por BOULANGE y AQUIZE JAEN (1981), situado cerca de la isla Soto corresponde al nivel -284 m ;

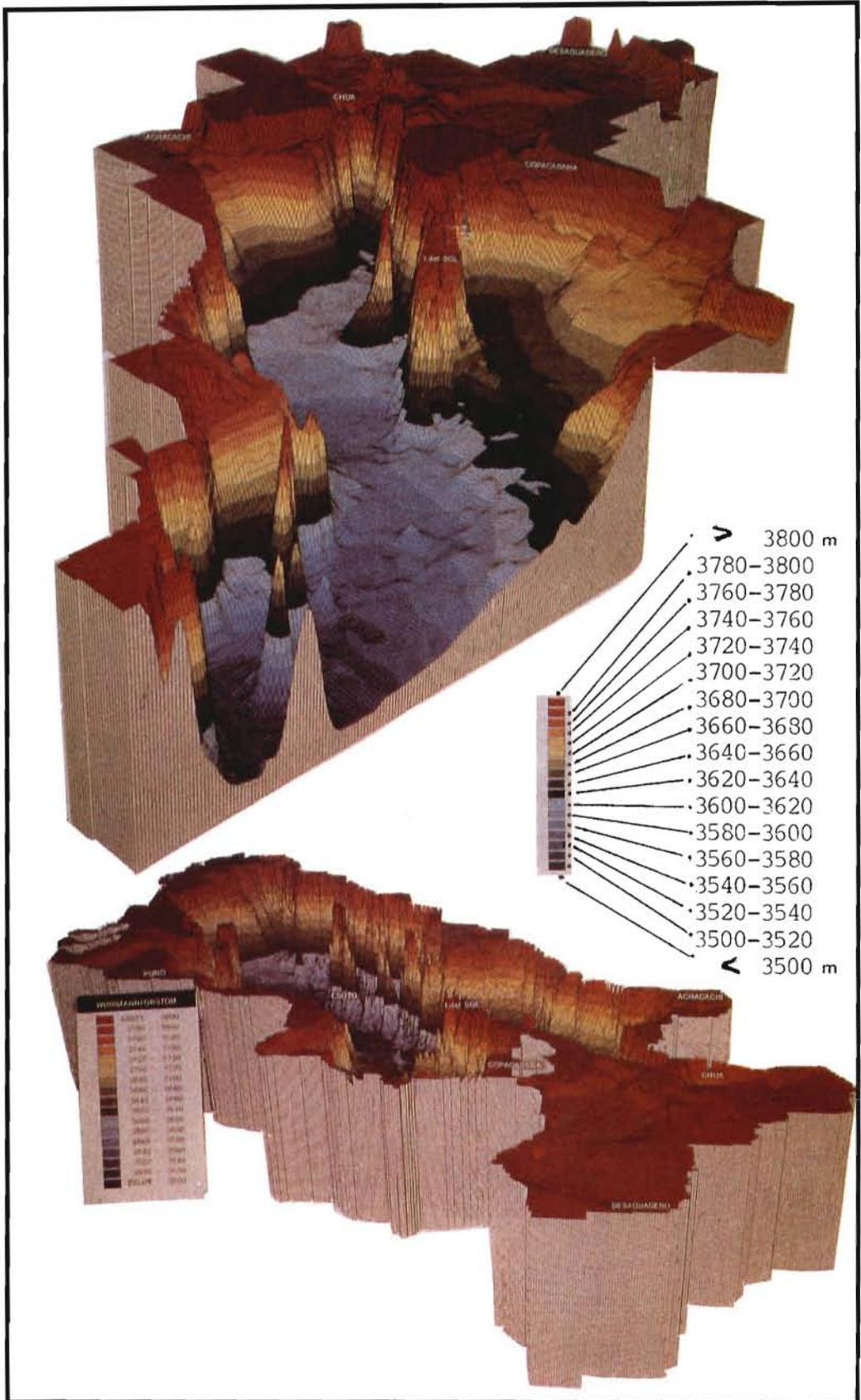


Fig. 3. - Bloques diagramas del lago Titicaca



- una zona de profundidades medias, entre 100 y 200 metros de agua, mejor desarrollada en el borde occidental del Lago Mayor;
- zonas de profundidades intermediarias, entre 100 y 20 metros de agua, que corresponden en parte a las bahías de Puno y Achacachi;
- y finalmente el borde litoral, menos de 20 metros de agua, muy estrecho a lo largo de la orilla oriental aunque bien individualizado en las bahías de Puno, del río Ramis y de Achacachi.

De manera general, el Lago Chucuito se caracteriza por pendientes muy fuertes a medida que uno se aleja de la orilla y su profundidad media es de 135 metros.

Las islas representan menos de 1 % de su superficie total, la cual corresponde a alrededor de 84 % de la superficie del lago Titicaca, o sea 7.132 km². El Lago Chucuito representa 98.5 % del volumen total del agua, o sea 889 km³.

B) El Lago Menor

Teniendo en cuenta las cifras anteriores, el Lago Huiñaimarca interviene muy poco en cuanto al volumen total de agua, aunque su superficie - aproximadamente 1.470 km² - representa 16 % de la superficie del lago Titicaca. Esto resalta su baja profundidad media (9 m) y la superficie importante correspondiente a una profundidad de agua inferior a 5 metros, del orden de 56 %.

Se diferencian tres sectores batimétricos (figs. 2 y 3) :

- al norte se sitúa la zona más profunda, 41 metros, o fosa de Chúa,
- al centro-oeste, más allá de la línea de las islas, existe una hondonada central con una profundidad máxima de 20 metros,
- alrededor y entre estas dos unidades se extienden zonas de bajas profundidades, con una profundidad mínima de aproximadamente 7 metros entre la fosa de Chúa y la depresión central.

Globalmente, con excepción del borde oriental de la fosa de Chúa, las pendientes son muy leves. El exutorio del río Desaguadero no es un corte sino una zona de mínima profundidad (-5 metros) y por consiguiente es únicamente sobre el nivel de 3.804 m que el lago y el curso superior del Desaguadero estarán en relación. A la salida del Lago Huiñaimarca, la corriente es baja, algunas veces incluso invertida (CARMOUZE y AQUIZE JAEN, 1981), el verdadero exutorio estando situado más al Sud, en Aguallamaya (fig. 2).

El estrecho de Tiquina en su desembocadura al Lago Menor presenta un límite correspondiente a una profundidad de 21 m. El Lago Huiñaimarca se presenta así como una cuenca que en el curso de su historia ha podido funcionar como una entidad lacustre independiente del Lago Mayor y en el cual dos hondonadas han podido individualizarse (ver cap. III).