

## Artículo Científico / Scientific Article

# Estudio batimétrico de la laguna de Ayarza

*Bathymetric study of the Ayarza Lagoon*

**Yorik Alexander Campos Morales<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hídricos, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala

Dirección para recibir correspondencia: [ycampost@gmail.com](mailto:ycampost@gmail.com)

Recibido: 23/07/2023 Revisión: 11/11/2024 Aceptado: 09/12/2024

## Resumen

Los lagos y lagunas cumplen diversas funciones vitales para los ecosistemas y el desarrollo socioeconómico de las poblaciones cercanas a ellos. La laguna de Ayarza está ubicada a una distancia de 108.00 kilómetros de la ciudad capital, entre los municipios de Casillas y San Rafael Las Flores, en el departamento de Santa Rosa, Guatemala. Esta laguna se considera un cuerpo lético de tamaño relativamente pequeño, razón por la cual no posee información que permita definir sus características y por ende imposibilita conocer su condición actual y definir planes a futuro. En esta investigación se buscó definir la profundidad y secciones de la laguna a través de su batimetria. Se determinó que la longitud de la laguna es de 5.78 kilómetros con un ancho de 3.73 kilómetros y perímetro de 20.00 kilómetros, ocupando un área de 13.80 kilómetros cuadrados en época de estiaje (febrero-marzo) del año 2015. La metodología utilizada consistió en procedimientos de campo como levantamiento topográfico utilizando un GPS, así con el trazo de una cuadricula en toda su superficie para realizar las mediciones de profundidad con ecosonda. Con la información recabada se trabajó en un software para determinar las curvas de nivel y secciones de la laguna evidenciándose que existen zonas en el centro de la laguna que superan los 400 metros de profundidad. Esta información permite tener una línea base para futuros trabajos de investigación que permitan establecer las condiciones eutróficas de la laguna, y/o acciones a realizar como por ejemplo dragados.

**Palabras claves:** cuerpo lético, profundidad de lagunas, cartografía, ecosonda, área de lagunas, modelado digital.

## Abstract

Lakes and lagoons perform various vital functions for ecosystems and the socioeconomic development of the populations surrounding them. Ayarza Lagoon is located 108 kilometers from the capital city, between the municipalities of Casillas and San Rafael Las Flores, in the department of Santa Rosa, Guatemala. This lagoon is considered a relatively small lentic body, which is why there is no information that allows defining its characteristics, making it impossible to determine its current condition and define future. This research sought to define the depth and cross-sections of the lagoon through its bathymetry. The lagoon was determined to be 5.78 kilometers long, 3.73 kilometers wide, and with a perimeter of 20.00 kilometers, occupying an area of 13.80 square kilometers during the dry season (February-March) in 2015. The methodology used consisted of field procedures such as topographic surveying using a GPS, as well as the drawing of a grid across its entire surface to take depth measurements with an echo sounder. The information collected was used to develop software to determine the contour lines and sections of the lagoon, revealing that there are areas in the center of the lagoon that are deeper than 400 meters. This information provides a baseline for future research work to determine the eutrophic conditions of the lagoon and/or for actions to be taken, such as dredging.

**Keywords:** lentic body, lagoon depth, cartography, echo sounder, lagoon area, digital modeling.



## Introducción

En limnología, la batimetría consiste en la medición de la profundidad en un área específica del cuerpo de agua, esta se efectúa recogiendo datos, de medición de posición ( $x, y$ ), medición de calado ( $h$ ) en un tiempo determinado ( $t$ ). En este estudio, se utilizó el sistema de medición de posición por medio de un sistema de posicionamiento global (GPS. por sus siglas en inglés) y para la medición del calado, por medio de ecosonda.

En Guatemala se desconocen los datos limnológicos de la laguna de Ayarza, la importancia de conocer estos datos radica en conocer su batimetría para poder entender cuál es su forma debajo del espejo de agua, específicamente sus secciones y medidas. La caracterización morfométrica de un cuerpo de agua debe ser el punto de partida de las investigaciones limnológicas ya que permite conocer las profundidades y el relieve del fondo de un cuerpo de agua, facilitando así, las estrategias de conservación y manejo de la cuenca (Reyes Morales, et al., 2017) o como una herramienta clave para la gestión hídrica eficiente, incluyendo la cartografía marina, arqueología submarina y conservación ambiental (UAS Visión Ingeniería, 2024).

Hay referencias de otros estudios similares realizados a otros cuerpos de agua, por ejemplo, en un estudio en el Lago de Atitlán se determinó la profundidad máxima (327.56m) con ecosonda multifrecuencia como un aporte en la batimetría inexistente (Reyes Morales, et al., 2017); en el Río Chontayacú de Perú se realizaron colección de datos de batimetría para fines de investigación y diseño de una central hidroeléctrica (Oscco Leiva, 2021).

El Análisis morfométrico y batimétrico del lago Pomacochas (Perú) es referencia en la obtención de datos en lancha de motor, estableciendo líneas de oeste a este, para determinar parámetros morfométricos primarios y secundarios (Barboza Castillo, et al., 2016).

Este tipo de estudios también se ha utilizado para el monitoreo del desempeño y estudio batimétrico de la plantas de tratamiento de aguas residuales como la de Neves Paulista de Sao Paulo, Brasil (Matsumoto y Sánchez, 2013), y en estudio batimétrico de embalses de montaña de morfología completa como el estudio

realizado en el embalse Cabra Corral provincia de Salta, Argentina (Olmos, et al., 2011).

Algunos otros estudios que realizaron análisis batimétricos son los estudios de la plataforma insular alrededor de la Isla del Coco, Costa Rica (Lizano R., 2001), el estudio batimétrico multihaz sobre el canal de acceso al puerto de Barranquilla en la hidro vía Río Magdalena, Colombia (Maza Hernández, 2021) y el estudio batimétrico del río Ebro en el tramo Puente del Milenio, España (Carriqui Porras, 2012).

Además, se ha realizado una evaluación del estado trófico de la Laguna de Ayarza utilizando el modelo de simulación Water Quality Analysis Simulation Program. En este estudio, se determinó que la laguna presenta niveles de fósforo cercanos a la eutrofización, con un promedio de 128.5 µg/l. Sin embargo, debido a sus relativamente bajos contenidos de nitrógeno (promedio de 0.52 mg/l), se considera que puede soportar una carga contaminante relativamente alta (Rodas Morán, 2014).

Por otro lado, en esta misma laguna, se han desarrollado investigaciones enfocadas en la estimación de la carga contaminante (Ortega Flores, 2010) y la determinación del estado trófico, en el que se registró una transparencia de 5.19 m y un contenido de nitrógeno total de 0.60 mg/l, valores que ubican a la laguna dentro de los límites del estado mesotrófico (Argueta Mayorga, 2012).

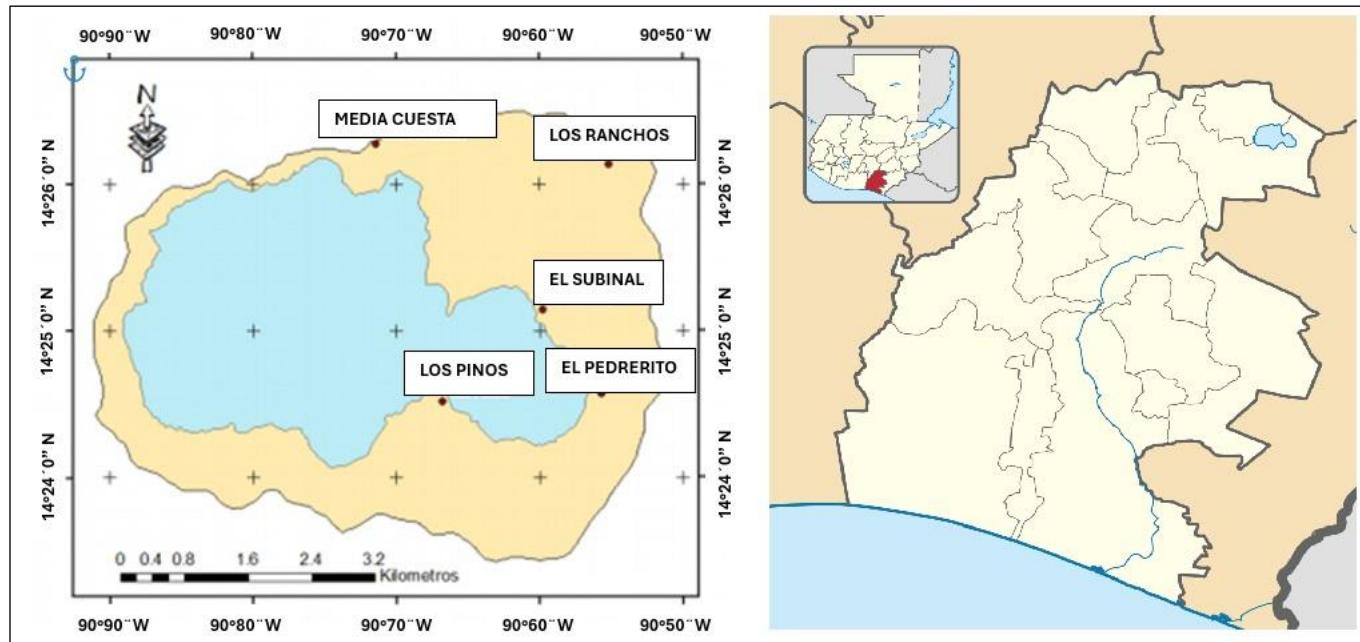
La laguna de Ayarza tiene una gran importancia turística y por su belleza tiene relevancia económica, biológica y científica por la diversidad de sus recursos. Es un refugio de fauna silvestre, en donde se realiza pesca artesanal, tiene cultivos regionales, y reservorios para agua potable y riego, es fundamental para el ciclo hidrológico de la región.

La laguna de Ayarza, designada como área de protección especial por el Congreso de la República de Guatemala (1989), es un cuerpo de agua de origen volcánico situado entre los municipios de Casillas y San Rafael Las Flores, en el departamento de Santa Rosa, Guatemala. Se estima que su formación ocurrió hace aproximadamente 2,000 años, como consecuencia de una erupción explosiva que destruyó un volcán gemelo, dispersando grandes volúmenes de pumita sobre la región circundante.

Esta laguna se ubica en las coordenadas 14°25'00" N, 90°07'30" W, con una altitud de 1,409 msnm. Debido a su origen volcánico, se clasifica como un lago de cráter, caracterizado por su morfología de cuenca cerrada y estructura geomorfológica en forma de caldera.

En este tipo de sistemas lacustres, generados por eventos volcánicos de alta energía, es común registrar profundidades que pueden alcanzar hasta los 1,600 metros en algunos casos.

**Figura 1. Mapa de ubicación de la Laguna de Ayarza, en el departamento de Santa Rosa, Guatemala.**



## Materiales y método

El alcance de esta investigación es de tipo exploratoria se limitó a realizar el trazo de la cuadricula en el área del espejo de agua con el fin de recolectar las coordenadas y profundidades respectivamente de cada punto en el área de la laguna.

Esta investigación tuvo como objetivo determinar la profundidad del cuerpo de agua de manera seccionada, por medio uso del equipo de GPS marca Garmin y ecosonda Fishfinder 400C (lectura máxima de 400 m de profundidad) de la misma marca del GPS. Con lo anterior descrito se realizó el estudio batimétrico de la laguna de Ayarza y se determinó su profundidad por medio de secciones.

Para obtener los datos de campo se utilizó una lancha tipo tiburonera a la cual se le instaló el equipo de lectura (ecosonda) con la cual se realizó recorrido por todo el perímetro de la laguna, se colocó una serie de puntos con georreferencia por medio de un GPS portátil. Con esta nube de puntos se determinó el perímetro y el área de la laguna; posteriormente se hicieron recorridos transversales y longitudinales, también un recorrido con una grida trazada y serpenteando el cuerpo de agua y en cada punto se hicieron lecturas de la posición y profundidad, los cuales fueron tomados con el equipo de ecosonda.

La investigación fue realizada en verano del año 2015, por lo que los resultados obtenidos se limitan al comportamiento del cuerpo de agua o del entorno de la laguna en esta época del año únicamente.

Después de la recolección de datos se aplicó en la investigación el procedimiento teórico correspondiente para el cálculo de cada punto tomado y se determinó la profundidad.

Finalmente, después de recopilar los datos se encontraron lecturas con profundidad cercanas a los 200 m, otras que superaron dicha profundidad y otras que no alcanzó la capacidad del equipo para poder encontrar las profundidades. Se lograron trazar dos secciones transversales, con longitudes de 1.97 km y 3.73 km, respectivamente, y una sección longitudinal de 5.78 km en la laguna.

Las mediciones revelaron una profundidad máxima de 400 metros en la parte más ancha de la sección transversal y en la zona central, según la capacidad máxima del ecosonda utilizado. No obstante, la laguna presenta profundidades superiores a 400 metros y mínimas de 3 metros.

Los datos de medición obtenidos se digitalizaron y trabajaron con el software AutoCAD Civil, el cual sirvió de apoyo para poder calcular las líneas e interpolaciones y dar un resultado con curvas de nivel.

En la figura 2, se presenta el trazo que se realizó para definir el perímetro y la localización de los puntos internos utilizados para determinar las diferentes profundidades.

**Figura 2.** Mapa muestra el trazo que se realizó en la toma de datos sobre el espejo de agua de la laguna, imagen obtenida de Google Earth.



## Resultados

Se realizaron un total de 130 lecturas de profundidad para definir las características del perímetro de la laguna (ver figura 3).

Los datos de profundidad del perímetro fueron sometieron a un contraste de normalidad obteniéndose un valor  $p$  para la prueba de Shapiro-Wilk menor a 0.05, con lo cual se confirma que los datos provienen de puntos distintos del espejo de agua de la laguna y su comportamiento no responde a una distribución normal.

**Figura 3.** Imagen de Google Earth muestra la ubicación de los puntos muestreados del perímetro de la laguna.

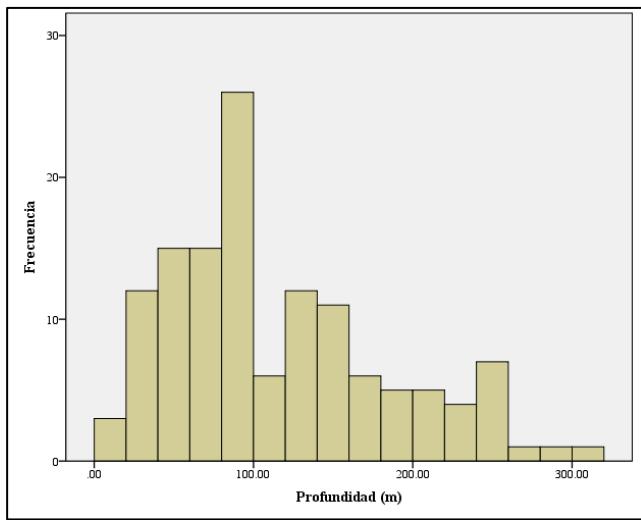


En la figura 7 se muestra el histograma que contiene la distribución de los 130 datos obtenidos en campo.

La mediana de las profundidades obtenidas es de 95.50 metros, con un mínimo de 3.00 metros y un máximo de 305.00 metros.

En las tablas de la 1 a la 5 se muestran las profundidades obtenidas en todo el perímetro de la laguna (realizadas en febrero-marzo de 2015).

**Figura 4. Histograma de distribución de profundidades en el perímetro de la laguna de Ayarza.**



**Tabla 1. Ubicación de puntos muestreados del 1 al 19 y sus respectivas profundidades.**

Punto	COORDENADAS		Profundidad (m)
	Norte Grados (°)	Oeste Grados (°)	
1	14.40561	90.0964	10.2
2	14.40548	90.09757	33.7
3	14.40533	90.09864	27.4
4	14.40555	90.09975	62.6
5	14.40591	90.10096	49.3
6	14.40618	90.1022	73.5
7	14.40669	90.10343	68.8
8	14.40726	90.10456	67.4
9	14.40793	90.10577	41.1
10	14.40868	90.10694	43.8
11	14.40964	90.10782	45
12	14.41048	90.10875	80.4
13	14.41127	90.10934	87.7
14	14.41203	90.11006	64.6
15	14.41257	90.11105	61.1
16	14.41252	90.11208	79.4
17	14.41199	90.11345	85.1
18	14.41142	90.11462	92.3
19	14.41085	90.11565	159.8

**Tabla 2. Ubicación de puntos muestreados del 20 al 54 y sus respectivas profundidades.**

Punto	COORDENADAS		Profundidad (m)
	Norte Grados (°)	Oeste Grados (°)	
20	14.41026	90.11645	125.3
21	14.40965	90.11723	125.3
22	14.40895	90.11799	125.3
23	14.40817	90.11869	87.3
24	14.40734	90.11929	84.2
25	14.40661	90.11996	124.6
26	14.40557	90.1205	135
27	14.40471	90.12099	135
28	14.40456	90.12207	145.8
29	14.40475	90.12315	26
30	14.40514	90.12404	129.6
31	14.40521	90.12414	129.6
32	14.40594	90.12527	219.6
33	14.40643	90.12613	167.6
34	14.40688	90.12697	169.7
35	14.40728	90.12798	169.7
36	14.40742	90.129	150.3
37	14.40755	90.13176	21.9
38	14.4073	90.13328	95.4
39	14.4073	90.13435	97.4
40	14.40738	90.13531	147
41	14.40738	90.13634	123
42	14.40743	90.13802	112
43	14.40756	90.13899	112
44	14.40775	90.13998	100.5
45	14.40805	90.14098	155
46	14.40861	90.14179	155
47	14.40951	90.1424	193.2
48	14.4103	90.14285	192
49	14.4111	90.14331	192
50	14.41198	90.14338	218
51	14.41287	90.14417	267
52	14.41376	90.14458	226
53	14.41484	90.14486	257
54	14.41575	90.14502	251

**Tabla 3. Ubicación de puntos muestreados del 55 al 89 y sus respectivas profundidades.**

Punto	COORDENADAS		Profundidad (m)
	Norte Grados (°)	Oeste Grados (°)	
55	14.4167	90.14494	45.2
56	14.41767	90.14475	69.4
57	14.41856	90.14452	52.8
58	14.41948	90.14437	164
59	14.42045	90.14417	120
60	14.42181	90.14366	247
61	14.42274	90.14342	254
62	14.4238	90.14317	282
63	14.42469	90.14297	305
64	14.42568	90.14265	236
65	14.42676	90.14227	162
66	14.42756	90.14191	242
67	14.42831	90.14129	254
68	14.42911	90.14066	256
69	14.42982	90.14003	201
70	14.43043	90.13928	164
71	14.43096	90.13853	145
72	14.43141	90.13778	136
73	14.43186	90.13697	152
74	14.43195	90.13609	90.7
75	14.4319	90.1349	93.8
76	14.4318	90.13393	104
77	14.43177	90.13229	93.8
78	14.43178	90.1319	88.7
79	14.43174	90.131	106
80	14.43208	90.13029	88.7
81	14.43252	90.12937	84.6
82	14.43269	90.12839	183
83	14.43273	90.12742	183
84	14.43254	90.12621	96.4
85	14.43235	90.12523	96.9
86	14.43205	90.12424	92.7
87	14.43179	90.12336	55.3
88	14.43153	90.12247	45
89	14.43143	90.12154	32

**Tabla 4. Ubicación de puntos muestreados del 90 al 124 y sus respectivas profundidades.**

Punto	COORDENADAS		Profundidad (m)
	Norte Grados (°)	Oeste Grados (°)	
90	14.43127	90.12061	62.7
91	14.43074	90.11983	69.3
92	14.42998	90.11921	95.3
93	14.42924	90.11863	133.3
94	14.4285	90.11803	203
95	14.4277	90.11743	96.5
96	14.42694	90.11686	218
97	14.42612	90.11634	230
98	14.42539	90.11582	236
99	14.42262	90.11417	62
100	14.42181	90.11363	58.4
101	14.42097	90.11321	95.6
102	14.42002	90.1128	147
103	14.41917	90.11237	149
104	14.41836	90.11172	149
105	14.4178	90.11107	94.4
106	14.41797	90.11009	21.3
107	14.41839	90.10925	94.7
108	14.41833	90.10828	74.6
109	14.4177	90.10744	84.9
110	14.41725	90.10657	90.6
111	14.41684	90.10571	100
112	14.41639	90.10485	47.8
113	14.41601	90.10399	81.5
114	14.41546	90.10325	95.9
115	14.41488	90.10241	20.6
116	14.41438	90.10159	24.5
117	14.4139	90.10078	61.9
118	14.41347	90.10001	50.7
119	14.41305	90.09912	55.6
120	14.41275	90.09836	59.8
121	14.41242	90.09749	60
122	14.41212	90.09664	44.8
123	14.41177	90.09585	44.8
124	14.41113	90.09522	28.3

**Tabla 5. Ubicación de puntos muestreados del 125 al 130 y sus respectivas profundidades.**

Punto	COORDENADAS		Profundidad (m)
	Norte Grados (°)	Oeste Grados (°)	
125	14.41031	90.09486	28.3
126	14.40927	90.09515	3
127	14.40842	90.09551	6.3
128	14.40764	90.09592	60.8
129	14.40673	90.09638	21.7
130	14.40577	90.09634	20.6

En la figura 5 se muestra el resumen de los 50 puntos utilizados para definir la batimetría al centro de la laguna de Ayarza, estos puntos se identificaron de forma consecutiva a los puntos del contorno, por lo que estos se enumeran del 131 al 180.

Estos datos de profundidad del centro se sometieron a un contraste de normalidad obteniéndose un valor p para la prueba de Shapiro-Wilk de 0.110, con lo cual se confirma que los datos provienen de puntos que pueden considerarse similares (centro de la laguna) y cuyo comportamiento proviene de una muestra distribuida normalmente.

En la figura 6 se muestra el histograma que contiene la distribución de los 50 datos obtenidos al centro de la laguna.

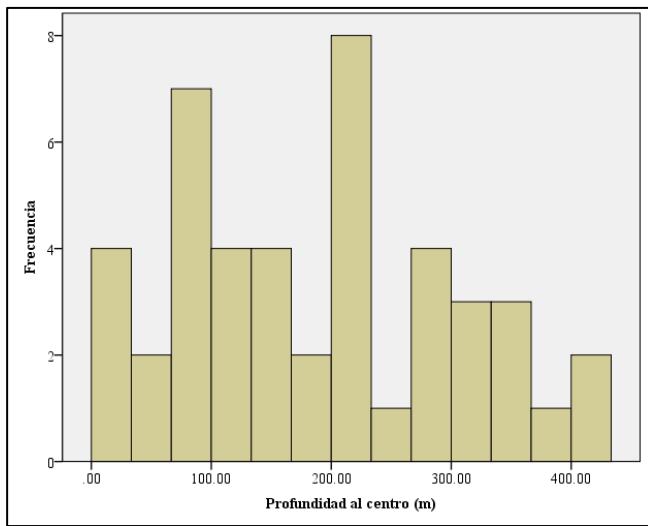
La profundidad promedio obtenida al centro de la laguna es de  $197.50 \pm 111.27$  metros, con un mínimo de 7.00 metros y un máximo de 400.00 metros.

En las tablas de la 6 y 7 se muestran las profundidades obtenidas en el centro de la laguna (realizadas en febrero-marzo de 2015).

**Figura 5. Imagen de Google Earth muestra la ubicación de los puntos muestreados al centro de la laguna.**



**Figura 6. Histograma de distribución de profundidades en el centro de la laguna de Ayarza.**



**Tabla 6. Ubicación de puntos muestreados del 131 al 148 y sus respectivas profundidades.**

Punto	COORDENADAS		Profundidad (m)
	Norte Grados (°)	Oeste Grados (°)	
131	14.408019	90.095985	7
132	14.406244	90.098291	27.6
133	14.410512	90.097852	210.5
134	14.414679	90.099529	20.5
135	14.409265	90.100054	300
136	14.405028	90.101157	63.1
137	14.408465	90.102977	225.4
138	14.412477	90.102797	350.4
139	14.41865	90.102321	30.5
140	14.417325	90.105133	125.3
141	14.411409	90.105472	309.8
142	14.406783	90.105713	80.4
143	14.409443	90.107843	87.7
144	14.414414	90.107327	294.7
145	14.417643	90.109016	99.4
146	14.413369	90.109499	79.4
147	14.410428	90.10994	85.1
148	14.413057	90.111263	92.3

**Tabla 7. Ubicación de puntos muestreados del 149 al 180 y sus respectivas profundidades**

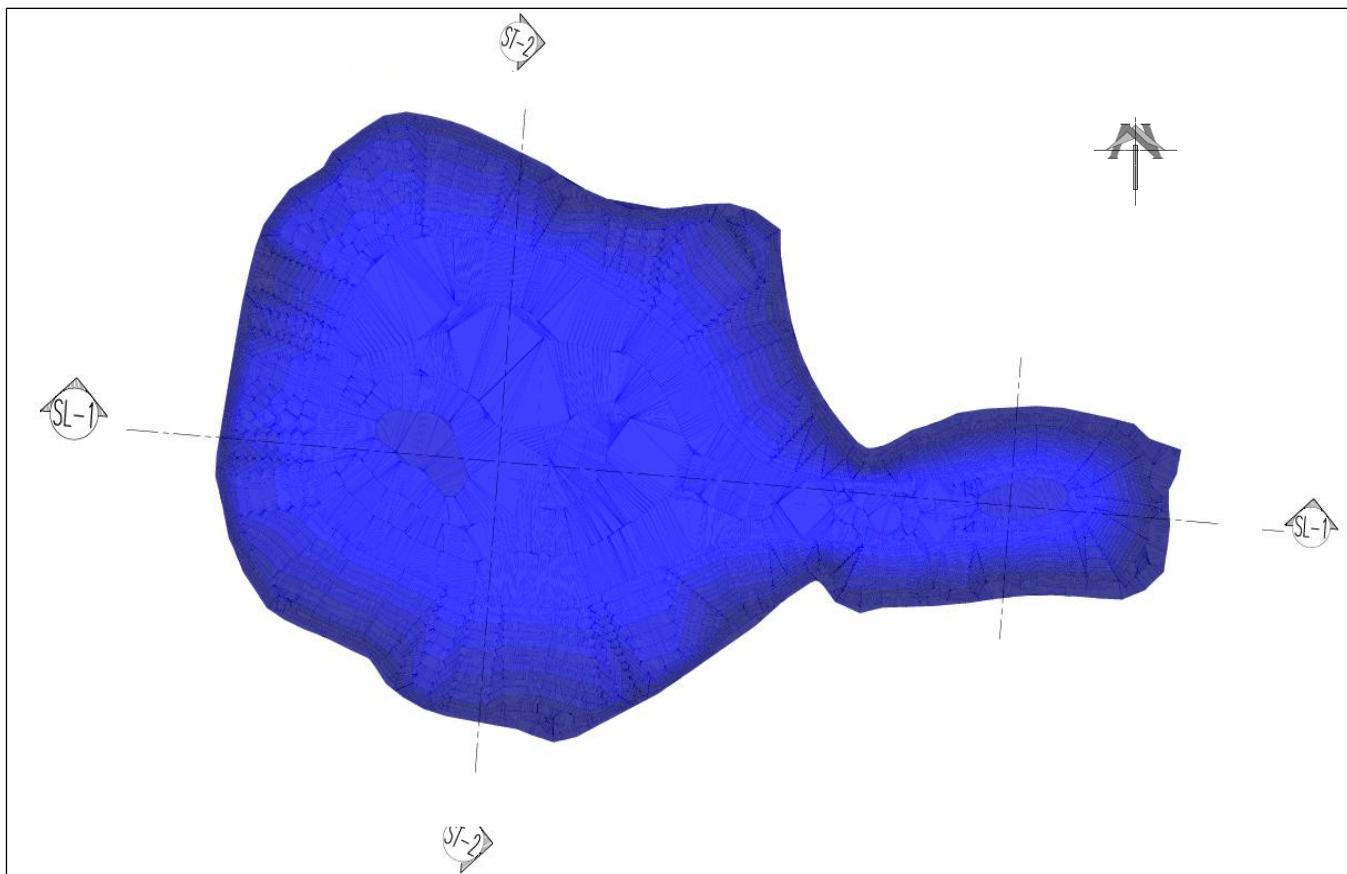
Punto	COORDENADAS		Profundidad (m)
	Norte Grados (°)	Oeste Grados (°)	
149	14.416973	90.111287	284.6
150	14.419337	90.112786	60.3
151	14.415453	90.113184	218.4
152	14.411177	90.114584	90.7
153	14.413714	90.115467	278.4
154	14.419789	90.115219	320.4
155	14.424509	90.115025	105.2
156	14.43028	90.116761	135
157	14.422845	90.117164	217.8
158	14.416324	90.117529	248.6
159	14.410659	90.117957	161.1
160	14.408465	90.119831	129.6
161	14.419705	90.119413	400
162	14.427281	90.119178	219.6
163	14.424784	90.121846	196.2
164	14.417153	90.122054	S/L
165	14.410589	90.122389	365.7
166	14.405913	90.125294	150.3
167	14.413339	90.125241	S/L
168	14.423669	90.125286	S/L
169	14.429909	90.127941	214.6
170	14.421869	90.127913	S/L
171	14.416699	90.127962	S/L
172	14.420845	90.13109	400
173	14.41686	90.133412	389.4
174	14.410877	90.135781	285.7
175	14.421996	90.136097	345.1
176	14.425539	90.13872	218.4
177	14.417982	90.13848	197.5
178	14.409761	90.141874	157
179	14.421926	90.142031	125.3
180	14.416252	90.145496	218

En la figura 7 se muestra el plano batimétrico obtenido con las profundidades obtenidas a través del recorrido realizado según trazo mostrado en la figura 2.

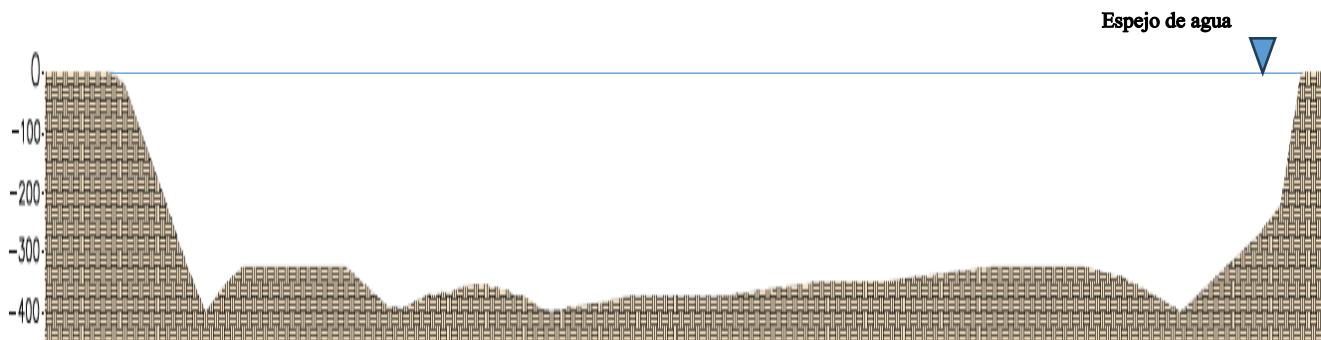
En la figura 8 se muestra la sección SL-1 (sección longitudinal 1) siendo esta la parte más larga de la laguna. En la figura 9 se muestra la sección ST-1 (sección transversal 1), que es la sección pequeña de la laguna. Finalmente, la figura 10 muestra la sección ST-2 (sección transversal 2), esta es la sección mayor.

Estas secciones han sido respectivamente obtenidas con el software especializado, en ellas se pueden ilustrar las secciones aproximadas de la Laguna, no considerando los picos de profundidades que superan los 400 metros.

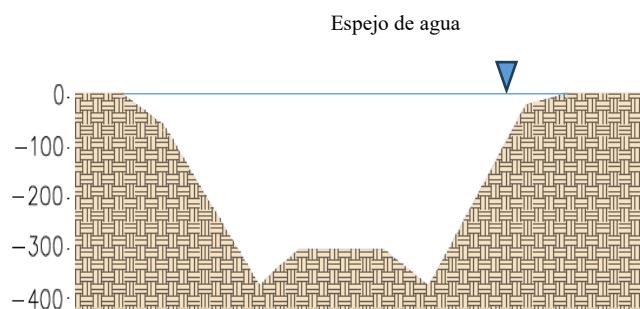
**Figura 7. Plano batimétrico de la Laguna de Ayarza a escala 1:5,000 indicando profundidades por color.**



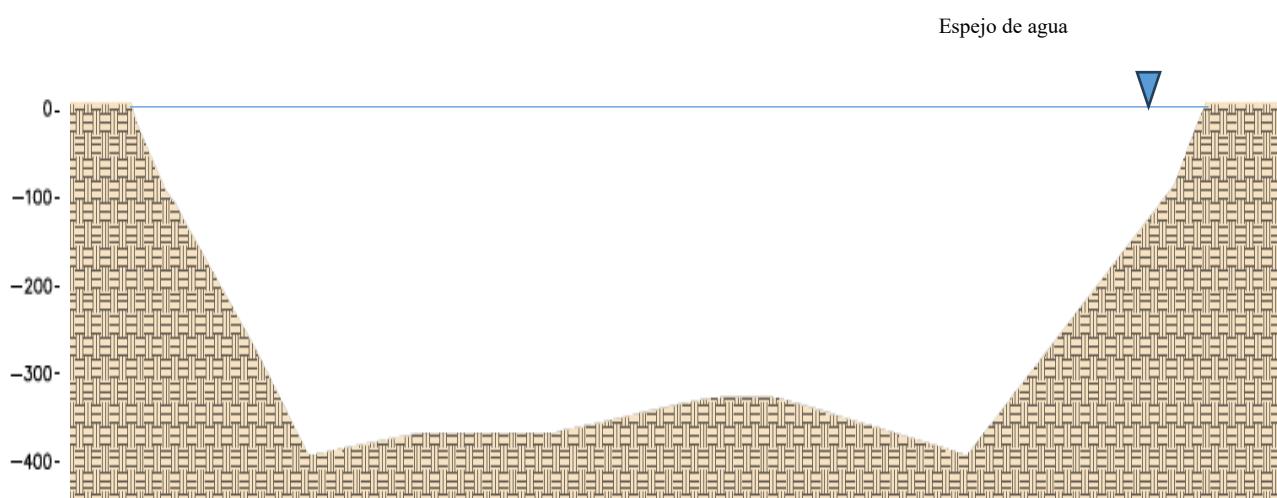
**Figura 8. Sección SL-1 de la Laguna de Ayarza a escala 1:5,000 indicando la sección longitudinal.**



**Figura 9. Sección ST-1 de la Laguna de Ayarza a escala 1:5,000 indicando sección transversal corta.**



**Figura 10. Sección ST-2 de la Laguna de Ayarza a escala 1:5,000 indicando la sección transversal mayor.**



En la Tabla 8, se muestra de manera resumida por áreas, cual es la profundidad leída y calculada. De manera grafica se muestra en la figura 3 en donde se identifican con colores las profundidades de la laguna.

**Tabla 8: Resumen de tabulación de profundidades.**

Profundidad Mínima (m)	Profundidad Máxima (m)	Color
375	400	■
350	375	■
325	350	■
300	325	■
275	300	■
250	275	■
225	250	■
200	225	■
1750	200	■
150	175	■
125	150	■
100	125	■
75	100	■
50	75	■
25	50	■
0	25	■

Con los datos obtenidos en campo se determinó que la laguna cuenta con un perímetro de 20.00 Km, un área de 13.80 Km<sup>2</sup>, una distancia longitudinal de 5.78 Km y una longitud transversal de 3.73 Km., en el período de verano del año 2015.

## Discusión de resultados

El principal aporte de este estudio es facilitar tener una línea base de datos de profundidad de la laguna de Ayarza. La profundidad máxima encontrada supera los 200m que empíricamente se había considerado, llegando a superar los 400m (máximo posible con la ecosonda utilizada).

Al comparar el valor medido en cada punto colocado en la laguna y al momento de realizar el cálculo mediante el software de apoyo donde se grabaron los datos trabajados, se forma una serie de

curvas de nivel, que demuestran gráficamente las secciones trazadas en la laguna (con una forma irregular), determinando de esta forma que existen puntos ciegos, dado que el instrumento utilizado (Ecosonda) perdió su límite y no alcanzó a leer dichas profundidades por exceder su capacidad.

Las profundidades obtenidas se convirtieron en un mapa que permite tener un aspecto visual de la forma que tiene la laguna por debajo de su espejo de agua, lo que demuestra valores de profundidad que oscilan entre los 250 metros a más de 300 metros.

Para mayor detalle futuro, puede utilizarse ecosonda con mayor rango (espectro más amplio) de lecturas de profundidad, con la misma metodología de registro y cálculo utilizada y mostrada en este estudio.

## Conclusiones

De los datos reflejados en esta investigación, se concluye que la profundidad de la laguna en cuestión es mayor a 200.00 metros que es el dato que se ha utilizado comúnmente para describir la profundidad de la laguna, superando los 400 metros que es la máxima lectura obtenida en el estudio dada la capacidad de la ecosonda utilizada.

Los resultados morfológicos (profundidad, perímetro, área) contribuyen a la batimetría de la laguna, como fuente de información para futuras investigaciones y/o estudios batimétricos que quieran realizarse, y definen la profundidad característica de la profundidad de la Laguna de Ayarza como línea base de las características morfológicas al año 2015.

## Agradecimientos

Al Msc. Ing. Zenon Much Santos por la asesoría de esta investigación, que se espera enriquezca la base de datos de información de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria (ERIS) y a la Universidad de San Carlos de Guatemala.

## Financiamiento

Este trabajo fue financiado con recursos propios del autor.

## Conflictos de interés

El autor declara no tener ningún tipo de conflicto de interés que pudiera haber influido en esta investigación.

## Como citar este documento

Campos Morales, Yorik Alexander. (2024). Estudio batimétrico de la laguna de Ayarza. *Aqua, Saneamiento & Ambiente*, 19(1), 1-13.  
<https://doi.org/10.36829/08ASA.v19i1.1766>

## Contribuciones de autor

Conceptualización, trabajo de campo, tabulación, análisis y escritura: YACM.

## Referencias

- Argueta Mayorga, D. S. (2012). Determinación del estado trófico de la Laguna de Ayarza, ubicada en el departamento de Santa Rosa, Republica de Guatemala. *Aqua, Saneamiento & Ambiente*, 7(1), 41-46.
- Barboza Castillo, E., Maicelio Quintana, J.L, Vigo Mestanza, C.N., Castro Silupú, J., & Oliva, M. (2014). Analisis morfometrico y batimetrico del lago Pomacochas (Perú). *INDES Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable*, 2(2), 90-97.  
<https://doi.org/10.25127/inde.20142.103>
- Carriqui Porras, M. (2012). *Estudio batimetrico río Ebro: tramo Puente del Milenio*. Obtenido de:  
[https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/1589\\_5](https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/1589_5)
- Congreso de la Republica de Guatemala. (1989). *Ley de Areas Protegidas Decreto 4-89*. Obtenido de:  
<https://conap.gob.gt/>
- Lizano R., O. G., (2001). Batimetria de la plataforma insular alrededor de la Isla del Coco, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 49(S2), 163-170.  
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/26306>
- Matsumoto, T., & Sánchez O., Iván. (2013). Monitoreo del desempeño y estudio batimetrico de la planta de tratamiento de aguas residuales de Neves Paulista (Sao Paulo, Brasil). *Revista EIA*, 10(20), 139-151.  
<https://revistas.eia.edu.co/index.php/reveia/article/view/525/508>
- Maza Hernández., D. F., (2021). *Estudio batimetrico multihaz, sobre el canal de acceso al puerto de Barranquilla sobre la hidrovia Río Magdalena*. [Trabajo de graduación de pregrado en Sistemas de Información Geográfica, Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad Antonio Nariño, Colombia]. Obtenido de:  
<https://repository.uan.edu.co/items/569169fb-23e8-4a3c-af56-5b52452bfa5f>
- Olmos, L., Reuter, F., Pilan, M., Farias, H. D., Acosta, C., & Miranda, M. (2011). *Estudio batimetrico de un embalse de montaña de morfología compleja. Cabra Corral, Salta*. [Memorias del Quinto Simposio Regional sobre Hidráulica de Ríos, Santiago del Estero, Argentina]. Obtenido de: [http://irh-fce.unse.edu.ar/R11/TC/TC\\_B26\\_Olmos\\_et\\_al\\_Batimetrias\\_Embalses.pdf](http://irh-fce.unse.edu.ar/R11/TC/TC_B26_Olmos_et_al_Batimetrias_Embalses.pdf)
- Ortega Flores, I. M. (2010). *Estimación de la carga contaminante y el volumen de sedimento en la laguna de Ayarza*. [Trabajo de graduación de maestría en Ingeniería Sanitaria, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Obtenido de:  
[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0402\\_MT.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0402_MT.pdf)
- Oscoco Leiva, C. A. (2021). *Estudio topo-batimétrico e hidrométrico por transectos del río Chontayacu confines de diseño de obras hidráulicas*. [Trabajo de graduación de licenciatura en Ingeniería Agrícola, Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú]. Obtenido de:  
<https://hdl.handle.net/20.500.12996/5355>
- Reyes Morales , F., Ujpan, D., & Valiente, S. (2018). Batimetria y análisis morfométrico del lago de Atitlán (Guatemala). *Revista Científica*, 27(2), 48-58.  
<https://doi.org/10.54495/Rev.Cientifica.v27i2.70>
- Rodas Moran, A. E. (2014). Evaluación del estado trófico del lago de Ayarza utilizando el modelo WASP 7.41. *Aqua, Saneamiento & Ambiente*, 9(1), 43-47.  
<https://doi.org/10.36829/08ASA.v9i1.1465>
- UAS Visión Ingeniería. (16 de Abril de 2024). *Batimetria: Qué es, Métodos, Importancia y Aplicaciones*. Obtenido de:  
<https://uasvision.cl/batimetria-que-es-metodos-importancia-y-aplicaciones/>