



Inventario lagunas de origen glaciar 2020



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y
Ecosistemas de Montaña

1. Introducción

En los últimos años los glaciares han perdido su superficie glacial de manera acelerada. En algunas cordilleras del sur del país se ha perdido hasta el 98% de su superficie glacial (INAIGEM, 2018), esta pérdida repercute directamente en las características de las lagunas de origen glacial, variando principalmente su tamaño y volumen; además algunas lagunas de origen glacial pueden poner en riesgo a la población, los medios de vida y afectar el abastecimiento de los diferentes usos de agua; ya sea por ocurrencia de aluviones o déficit hídrico.

Durante el año 2020, el INAIGEM finalizó con la elaboración del inventario nacional de lagunas de origen glacial de veinte cordilleras del Perú. Donde cada laguna fue caracterizada de acuerdo a su área, altitud, ubicación geográfica, política, etc.

La importancia del inventario de lagunas radica en brindar información actualizada que sirva como instrumento de apoyo en la toma de decisiones en la Gestión Integral del Recurso Hídricos (GIRH) y sus riesgos asociados; ya que las lagunas son fuente importante de agua para las actividades económicas de la población. Esta información facilitará incluir a las lagunas dentro de los planes de GIRH, de modo que se pueda hacer uso consensuado y equitativo sin comprometer su sostenibilidad y proponiendo estrategias de conservación bajo el enfoque de cuenca con la participación de todos los actores.

2. Metodología

Las lagunas de origen glacial que se han inventariado se encuentran dentro del ámbito de 20 cordilleras, las mismas que están distribuidas en el norte, centro y sur del Perú, abarcando 13 departamentos. Las cordilleras que cuentan con cobertura glacial son: Blanca, Huallanca, Huayhuash, Raura, Huaytapallana, Chonta, Central, Chila, Ampato, Vilcabamaba, Vilcanota, Apolobamba, Carabaya, La Raya, La Viuda, Urubamba, Huagoruncho, Huanzo; y dos cordilleras que ya no cuentan con cobertura glacial: Volcánica y Barroso.

Para este trabajo se emplearon imágenes de libre acceso Sentinel-2 del año 2016, que se caracterizan por presentar una resolución espacial de 10 metros. Dicha resolución ayuda a obtener productos a una escala de 1:25,000, escala en la que se trabajó el inventario. Una vez obtenida la cobertura de lagunas en base a las imágenes satelitales, se realizó el llenado de la tabla de atributos con información correspondiente a 20 campos o columnas que presentan las características físicas y de ubicación

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteInstituto Nacional de Investigación en Glaciares y
Ecosistemas de Montaña

geográfica y política (Tabla 2) para cada laguna inventariada. Finalmente, se realizó una revisión minuciosa de la información generada para su publicación en el Geoportal del INAIGEM.

Durante el proceso de mapeo de las lagunas en base a la imagen satelital Sentinel - 2, se detectaron lagunas con diferentes características de tamaño y estacionalidad. Por ello fue necesario establecer una categorización en función a las características mencionadas (Tabla 1). El inventario que se presenta contempla las lagunas de origen glaciar con clasificación 1 y 2 (Tabla 1), que son lagunas con áreas mayores a 0.005 km².

Tabla 1. Criterios de condición de lagunas.

Clasificación	Definición
0	< 0.005 km ² sin código UGRH*
1	>0.005 km ² con código UGRH
2	>0.005 km ² nuevas o sin código UGRH
3	<0.005 km ² con código en UGRH
4	Lagunas temporales o secas con código UGRH

*UGRH: Unidad de Glaciología y Recurso Hídricos del ANA

Tabla 2: Información contenida en la tabla de atributos

N°	Campo	Descripción
1	Num	Número asignado a la laguna de acuerdo a su ubicación en una unidad geográfica
2	ID	Identificador único de la laguna dentro de la tabla de atributos
3	Cordillera	Nombre de la Cordillera donde se ubica la laguna
4	Nombre	Nombre de la laguna
5	Área (m ²)	Extensión superficial de la laguna en metros cuadrados
6	Área (km ²)	Extensión superficial de la laguna en kilómetros cuadrados
7	X	Coordenada en el centroide X
8	Y	Coordenadas en el centroide y
9	Altitud	Altitud respecto al nivel del mar en metros
10	Latitud	Coordenada latitudinal
11	Longitud	Coordenada longitudinal
12	Pf_n7	Código de la unidad hidrográfica a nivel 7
13	Cod_lag	Código asignado a la laguna en función de la unidad hidrográfica a nivel 7 y al número asignado dentro de la misma
14	Vertiente	Vertiente hidrográfica en la que se ubica la laguna
15	Departamento	Departamento en el que se ubica la laguna
16	Provincia	Provincia en la que se ubica la laguna
17	Distrito	Distrito en el que se ubica la laguna

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteInstituto Nacional de Investigación en Glaciares y
Ecosistemas de Montaña

18	Cod_malla	Código de las hojas de la cartografía básica nacional
19	Cod_mapa	Código asignado al mapa de ubicación de las lagunas, está en función al código de malla
20	Cod_Imagen	Código que identifica la imagen sentinel empleada

3. Resultados y discusión

Los resultados del inventario de lagunas (Tabla 3) indican una mayor presencia de lagunas en las cordilleras Carabaya, Huaytapallana, Blanca, Central, La Viuda y Chonta. Por otro lado, la menor cantidad de lagunas se encuentran en las cordilleras, Volcánica y Barroso, que son cordilleras que actualmente ya no presentan cobertura glaciar, motivo por el cual ya no reciben el aporte de agua producto del deshielo glaciar, dependiendo por lo tanto de las precipitaciones estacionales de la zona.

Tabla 3. Cantidad de lagunas de lagunas de origen glaciar por cordilleras

N	Ubicación	Cordillera	Cantidad
1	Norte	Blanca	836
2		Huallanca	71
3		Huayhuash	101
4		Raura	177
5	Centro	La Viuda	772
6		Central	817
7		Huagoruncho	622
8		Huaytapallana	948
9		Chonta	708
10	Sur	Ampato	102
11		Vilcabamba	165
12		Urubamba	303
13		Huanzo	502
14		Chila	65
15		La Raya	203
16		Vilcanota	561
17		Carabaya	1,337
18		Apolobamba	212
19		Volcánica	15
20	Barroso	60	
		Total	8,577

Como resultado, se han inventariado un total de 8,577 lagunas de origen glaciar, las mismas que comprenden una superficie total de 1,022.3 km² (Tabla 4). Siendo las cordilleras del bloque del norte las que albergan un mayor número de lagunas de origen glaciar inventariadas.

A nivel de departamentos, Puno presenta la mayor cantidad de lagunas de origen glaciar con 1,544 lagunas, seguido del departamento de Junín con 1,443 y Cusco con 1,294. Mientras que la menor cantidad de lagunas se encuentra en los departamentos de Ica, Tacna y Moquegua. Cabe resaltar que en dichos departamentos no se tiene la presencia de cobertura glaciar.

Tabla 4. Cantidad y área de lagunas por departamentos

Departamento	Cantidad	Superficie (km ²)
Ancash	924	60.31
Apurímac	199	8.47
Arequipa	366	58.68
Ayacucho	132	59.51
Cusco	1,294	164.65
Huancavelica	621	93.55
Huánuco	446	42.18
Ica	1	0.044
Junín	1,443	133.89
Lima	969	812
Moquegua	28	35.67
Pasco	571	97.99
Puno	1,544	163.834
Tacna	26	20.21
Total	8,563.00*	1,020.19*

*Existen 14 lagunas de origen glaciar que se encuentran en los límites departamentales. considerando estas lagunas, se reporta un total 8,577 lagunas de origen glaciar con una superficie de 1,022.30 km² a nivel nacional.

Por otro lado, en base a la ubicación política de las lagunas y a los datos del Censo Nacional de Población y Vivienda del año 2017, se ha podido estimar el porcentaje de población que se beneficia directa e indirectamente de la presencia de las lagunas de origen glaciar por cada departamento.

Tabla 5. Población beneficiaria de aguas de las lagunas de origen glaciar

Departamento	Número de lagunas	Población total	Población Beneficiaria (solo lagunas) (%)	Población Beneficiaria (solo lagunas)
Junín	1,443	1,246,038	22.7	282,508
Ancash	924	1,083,519	6.8	73,917
Lima	969	9,485,405	0.4	35,261
Pasco	571	254,065	19.7	50,111
Cusco	1,294	1,205,527	27.6	332,773



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y
Ecosistemas de Montaña

Arequipa	366	1,382,730	1.6	22,618
Apurímac	199	405,759	10.9	44,428
Puno	1,544	1,172,697	4.3	49,939
Moquegua	28	174,863	10.6	18,523
Tacna	26	329,332	3.1	10,223
Ayacucho	132	616,176	6.7	41,206
Huancavelica	621	537,294	49.1	263,778
Huánuco	446	721,047	22.8	164,623
Ica	1	850,765	0.1	992

De la tabla 5, observamos que, a nivel nacional, la mayor cantidad de personas que se beneficia de las aguas de las lagunas de origen glaciar se encuentra en los departamentos de Cusco, Junín y Huancavelica. Por el contrario, las poblaciones de los departamentos de Tacna e Ica, son las que menos se benefician de las aguas de estas lagunas, particularmente en el caso del departamento de Ica, donde únicamente se cuenta con una laguna de este tipo, el cual beneficia a tan solo el 0.1% de sus habitantes. En el caso de Huancavelica, notamos que cerca de la mitad (49.1%) de la población, depende o se beneficia de la presencia de lagunas de origen glaciar, este hecho resalta la importancia que tienen estos recursos hídricos para el desarrollo y sustento de los habitantes de este departamento.

Por otro lado, en coordinación con DIGC se logró publicar los resultados del inventario en formato shapefile; que incluyen algunos gráficos resumen de los resultados obtenidos. Dicha información se puede encontrar de manera interactiva en el siguiente enlace: <https://inaigem.maps.arcgis.com/apps/opsdashboard/index.html#/f37b51cf963642c0aca30056b445ef63>



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña

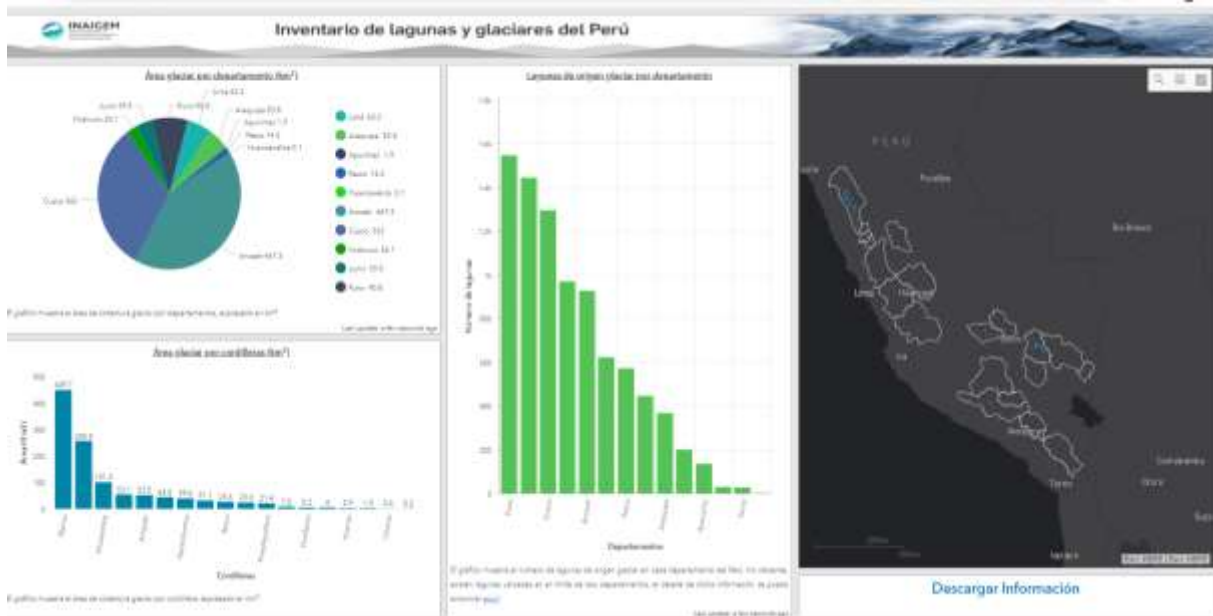


Figura 1. Información disponible en la plataforma

Finalmente, se ha culminado gran parte de la redacción y corrección de los informes de inventario por departamentos. En dichos informes se podrá observar la cantidad de lagunas que le corresponde a cada departamento, considerando su distribución a nivel provincial y distrital. Asimismo, se han generado mapas a nivel nacional a una escala de impresión 1: 40,000, los cuales serán anexados en los respectivos informes por departamento para la ubicación visual de cada laguna inventariada.

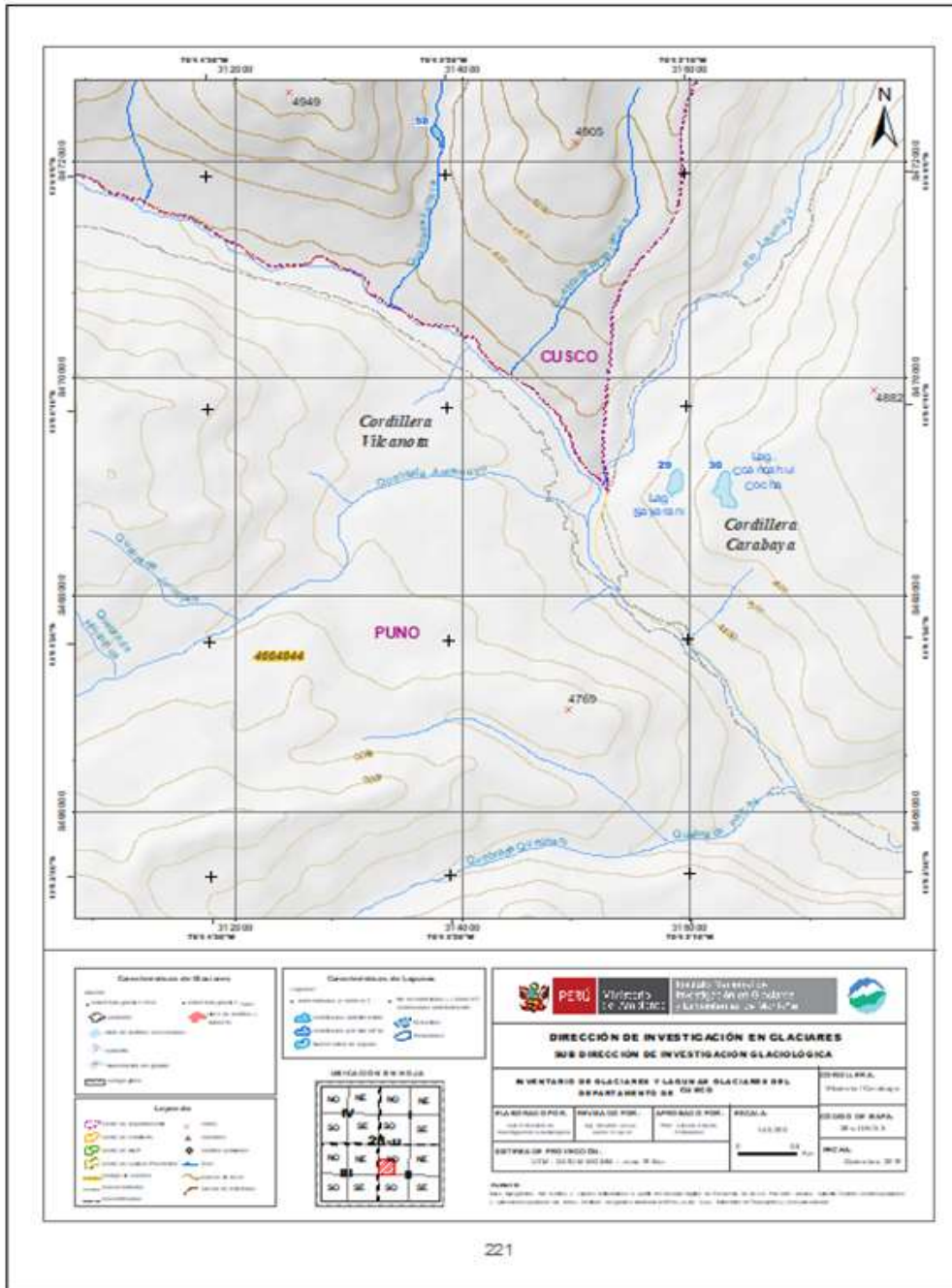


Figura 2. Mapa de lagunas de origen glaciar por departamento

4. Conclusiones

Se concluyó con el inventario de lagunas de origen glaciar de 20 cordilleras del Perú, empleando como base, imágenes satelitales Sentinel 2 del año 2016, con una escala de trabajo 1: 25,000, logrando inventariar un total de 8,577 lagunas a nivel nacional, las mismas que cubren una superficie de 1,022.3 km².



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y
Ecosistemas de Montaña

Los departamentos con mayor cantidad y superficie de lagunas de origen glaciar son: Puno, Junín y Cusco, por el contrario, la menor cantidad y superficie de lagunas, se encuentran en los departamentos de Ica, Tacna y Moquegua.

El inventario nacional de lagunas presenta información útil sobre las características físicas, ubicación geográfica y política de las lagunas la misma que se encontrará disponible para todos los niveles de gobierno (nacional, regional y local), la población y la comunidad científica.

5. Recomendaciones

Una de las mayores dificultades que se ha tenido durante el desarrollo del inventario de lagunas, ha sido, el no contar con la cartografía nacional (curvas, ríos, entre otros) a una escala 1: 25,000. La cartografía disponible 1: 100,000, tuvo que ser adecuada a la escala de trabajo. Sin embargo, sería importante recomendar a las entidades competentes, que puedan actualizar la base de datos, a una escala regional y local, con el fin de seguir mejorando la información a dichas escalas y pueda ser usada para la toma de decisiones de los gobiernos a diferentes niveles, principalmente para su gestión y conservación.

Fortalecer el trabajo con los entes competente de la delimitación política (PCM) e hidrográfica (ANA), ya que la delimitación política es actualizada frecuentemente y la delimitación hidrológica requerida para la caracterización de lagunas, es el nivel 7 (de acuerdo a la metodología Pfafstetter), en zonas de montaña, puesto que, en muchas zonas aún no se ha trabajado a dicho nivel. Ambos insumos son importantes para caracterizar las lagunas.

Mejorar los procesos de obtención de datos mediante lenguaje de programación y el uso de inteligencia artificial, para lograr automatizar al máximo los procesos, puesto que, el desarrollo del inventario demanda altos costos, tiempo y personal.

Referencias

ANA, (2013), Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos
https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/default_images/politica_y_estrategia_nacional_de_recursos_hidricos_ana.pdf

Andina. (2014, 05, 27). *Recuerdan el aluvión que sepultó la ciudad de Yungay en el terremoto de 1970*. Recuperado de:



Ministerio
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y
Ecosistemas de Montaña

<https://andina.pe/agencia/noticia-recuerdan-aluvion-sepulto-ciudad-yungay-terremoto-1970-507618.aspx>.

INAIGEM. (2018). *Inventario Nacional de Glaciares «Las Cordilleras Glaciares del Perú»*. Huaraz - Perú.

INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). (2017). Censos Nacionales 2017: XII de población, VII de vivienda y III de comunidades indígenas. Disponible en: <http://censo2017.inei.gob.pe/resultados-definitivos-de-los-censos-nacionales-2017/>