

INVENTARIO NACIONAL DE **GLACIARES** Y **LAGUNAS**



INVENTARIO DE LAGUNAS DE LAS CORDILLERAS
APOLOBAMBA / LA RAYA / VILCABAMBA / VOLCÁNICA / URUBAMBA

RESUMEN



ANA
Autoridad Nacional del Agua



REPÚBLICA DEL PERÚ
MINISTERIO DE AGRICULTURA
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
DIRECCIÓN DE CONSERVACIÓN Y PLANEAMIENTO DE RECURSOS HÍDRICOS
UNIDAD DE GLACIOLOGÍA Y RECURSOS HÍDRICOS

**INVENTARIO DE LAGUNAS DE LAS CORDILLERAS
APOLOBAMBA, LA RAYA, URUBAMBA, VILCABAMBA Y
VOLCÁNICA**



*Laguna Juchuycocha
Altitud: 4 690 msnm*

*Subcuenca Vilcanota
Cuenca Urubamba*

HUARAZ, 2012

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
DIRECCIÓN DE CONSERVACIÓN Y PLANEAMIENTO DE RECURSOS HÍDRICOS
UNIDAD DE GLACIOLOGÍA Y RECURSOS HÍDRICOS
ÁREA DE INVENTARIO DE GLACIARES Y LAGUNAS

PERSONAL QUE HA INTERVENIDO EN LA REALIZACION DEL PRESENTE INVENTARIO:

Implementación SIG y teledetección

Daniel Colonia Ortiz
Edwin Loarte Cadenas
Judith Torres Castillo

Tabulación de cuadros y preparación de gráficos

Edwin Loarte Cadenas
Daniel Colonia Ortiz
Judith Torres Castillo
Randy Muñoz Asmat

Pre-tratamiento de imágenes Satelitales

Daniel Colonia Ortiz
Edwin Loarte Cadenas
Judith Torres Castillo

Edición cartográfica

Daniel Colonia Ortiz
Alexzander Santiago Martel
Edwin Loarte Cadenas

Generación de base cartográfica

Daniel Colonia Ortiz
Judith Torres Castillo
Alexzander Santiago Martel

Preparación del informe final

Arnaldo Tacsí Palacios
Daniel Colonia Ortiz
Judith Torres Castillo
Randy Muñoz Asmat
María Julca Núñez

Generación de bases de la tabla de atributos

Judith Torres Castillo
Edwin Loarte Cadenas
Alexzander Santiago Martel
Randy Muñoz Asmat

M.Sc. Arnado Tacsí Palacios (Responsable de área de IGL)

Ing. Daniel Colonia Ortiz (Especialista en teledetección)

Ing. Judith Torres Castillo (Especialista SIG)

Ing. Edwin Loarte Cadenas (Especialista SIG)

Bach. Alexzander Santiago Martel (Asistente SIG)

Ing. María Julca Núñez

Bach. Randy Muñoz Asmat

Revisión del informe

M.Sc. Arnaldo A. Tacsí Palacios (Coordinador (e) de la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos)

Ing. Alejo Cochachin Rapre (Responsable del Área de Estudios de Lagunas)

Ing. Nelsón Santillán Portilla (Coordinador de Glaciares y Lagunas de la Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos)

PRÓLOGO

Habiendo transcurrido más de 32 años desde la elaboración del primer Inventario Nacional de Lagunas y Represamientos y con los procesos de deglaciación que se están presentando, está influenciando en la formación y evolución de las lagunas. Es de interés nacional conocer la ubicación y dimensiones de estas lagunas, ante un posible agotamiento futuro del recurso hídrico. Del mismo modo, establecer las medidas de represamiento y conservación del agua en el ámbito de las cordilleras Apolobamba, La Raya, Urubamba, Vilcabamba y Volcánica.

Es importante la actualización del inventario de las lagunas alto andinas, porque nos permitirá conocer las posibilidades de regulación que ofrecen los vasos naturales en las cuencas hidrográficas ubicadas en las 5 cordilleras antes mencionadas, se estima que el número de las lagunas glaciares se han duplicado en las últimas décadas, mientras que la cantidad de agua ha aumentado, creándose el riesgo de producirse desbordamientos y estos significan amenazas para los centros poblados e infraestructuras, situadas en las partes bajas. También estas lagunas son reservorios naturales de agua donde en las épocas de estiaje aseguran un abastecimiento suficiente y oportuno, que es utilizado en los diversos usos como: hidroeléctrica, doméstico, agrícola, industrial y otros.

La Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN), publicó en 1980 el Inventario Nacional de Lagunas y Represamientos, y acontecido más de tres décadas, tiempo en que las lagunas han experimentado grandes cambios en sus medidas morfométricas como: longitud, ancho y área, como también la formación de nuevas lagunas a causa del retroceso glaciar influenciados por variaciones climáticas, en el año 2006, la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos, siendo parte del ex - INRENA, asume la responsabilidad de actualizar el inventario en el ámbito de las diferentes cordilleras nevadas del Perú.

Actualmente la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), continúa con los trabajos de actualización de inventarios en las diferentes cordilleras del Perú.

RESUMEN

El presente trabajo, contiene los resultados del inventario de lagunas ubicados en las cuencas y subcuencas de las cordilleras Apolobamba, La Raya, Urubamba, Vilcabamba y Volcánica de los Andes del sur del Perú, realizado por la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos (UGRH), perteneciente a la Autoridad Nacional del Agua (ANA). El inventario comprende la descripción sistemática, caracterización física y listado de las lagunas alto andinas existentes con un área $\geq 5\ 000\ m^2$, a partir de los 3 000 msnm.

El ámbito de estudio de las cordilleras Apolobamba, La Raya, Urubamba, Vilcabamba y Volcánica comprende una superficie de 2 448,03; 5 998,45; 5 235,74; 5 707,18 y 5 804,95 km² respectivamente. Las cantidades y áreas de lagunas inventariadas son: 110 en Apolobamba, con 33 969 193,94 m²; 136 en La Raya, con 73 204 948,40 m²; 272 en Urubamba, con 16 117 368,42 m²; 162 en Vilcabamba, con 4 700 273,94 m² y 15 lagunas en Volcánica, con 1 167 941,54 m².

La ejecución de este inventario de las 5 cordilleras, ha demandado una laboriosa tarea de recopilación y análisis de la información existente, la misma que se encuentra dispersa en los archivos de diversos organismos estatales; asimismo, ha exigido un gran esfuerzo de compatibilización entre la información existente.

Las lagunas inventariadas, especialmente tienen una topografía accidentada, sobre altitudes mayores a los 3 000 msnm, en este sentido, se utilizó imágenes de satélite, por su rápida adquisición y gran precisión, además se tomaron datos de campo, información valiosa que ayudó a corroborar la información espacial. Las técnicas de interpretación digital y visual de las imágenes satelitales integrados a los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y técnicas de teledetección constituyen herramientas muy potentes para el monitoreo continuo de lagunas y el cálculo de superficie, aplicando el Índice de Diferencia Normalizada del Agua (NDWI), en inglés Normalized Difference Water Index y empleando la metodología de elección de umbrales para las bandas 4 y 5 en imágenes LANDSAT 5 TM del 2010 y para la identificación de los efectos de sombras presentadas en estas imágenes, se aplicó el modelo de capas auxiliares de sombra y pendiente. A las imágenes ASTER del 2009 se aplicaron la metodología de realces de las bandas 321 y digitalización a mano alzada, debido a que estas imágenes no presentaron la banda 4. Para identificar a las lagunas que en algunos sectores presentaban sombras y vegetación en sus perímetros, de las imágenes satelitales mencionada anteriormente, se aplicó el análisis multitemporal en las imágenes LANDSAT 5 TM de años anteriores (1985, 1988, 1990, 1994, 1995, 1996, 2000, 2003 y 2006).

I. INTRODUCCIÓN



1.1 ANTECEDENTES

El gran potencial hídrico de las cuencas hidrográficas y la gran incidencia de desastres asociados a la dinámica de los glaciares y lagunas propiciaron a partir de la década de 1940 la investigación glaciológica en el Perú.

El primer Inventario Nacional de Lagunas y Represamientos realizado en el año 1980 por la Oficina Nacional de Recursos Naturales (ONERN), perteneciente al Ministerio de Agricultura, tuvo la finalidad de conocer a nivel nacional las posibilidades de regulación que ofrecen las lagunas y vasos naturales de las cuencas de los ríos del territorio peruano, con el objetivo de incrementar la disponibilidad de agua en la época de estiaje y asegurar el abastecimiento suficiente y oportuno de agua para diversos usos (Zapata, 1985), los mismos que en su mayoría vienen sufriendo carencias estacionales. Es decir, el inventario estuvo puesto en determinar el potencial productivo y energético del Perú, incluyendo en su registro aquellas lagunas “con nombre” que figuraban en la Carta Nacional a escala 1 / 100 000 del IGN en 1970, las mismas alcanzaban un área de drenaje \geq a los 4 km², llegando a identificar en las cordilleras Apolobamba, la Raya y Volcánica 9, 111 y 14 lagunas aproximadamente del total (ONERN, 1980).

Debido a los efectos de las variaciones climáticas, se han generado catástrofes en zonas de alta montaña como derrumbes de glaciares suspendidos sobre pared rocosa empinada, a veces desprendida por un sismo, provocando la caída de bloques de hielo en las laguna debajo de los glaciares generando oleajes de varios metros que alcanzaban los diques morrénicos y/o rocosos, generando aluviones que devastaban todo a su paso, sobre todo en las poblaciones instaladas en las partes más bajas de los valles. Estos fenómenos resultan más peligrosos durante la estación de lluvias porque las lagunas aumentan su volumen almacenado reduciendo la altura libre de los diques.

Finalmente, es importante la actualización del inventario de las lagunas de las 5 cordilleras porque permitirá obtener información de la cantidad existente de las lagunas alto andinas, que permitirá realizar diferentes trabajos de regulación de las mismas. Además, habiendo transcurrido más de tres décadas, tiempo en el que los glaciares y lagunas han experimentado grandes cambios en sus características morfométricas debido a los efectos de las variaciones climáticas, desde el año 2006, la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos, siendo parte de INRENA, asume la responsabilidad de actualizar el inventario de lagunas en el ámbito de las diferentes cordilleras nevadas del Perú.

1.2 OBJETIVOS

Actualizar el inventario de lagunas de las cordilleras de Apolobamba, La Raya, Urubamba, Vilcabamba y Volcánica, con la descripción de las características físicas de cada una de las fuentes de agua.

1.3 ÁREA DE ESTUDIO

Las cordilleras Apolobamba, La Raya, Urubamba, Vilcabamba y Volcánica, se encuentran localizadas dentro de los Andes orientales del sur del Perú.

La cordillera Apolobamba, está ubicada en el departamento de Puno, entre las coordenadas 14° 25' - 14° 44' de latitud sur y 69° 13' - 69° 32' de longitud oeste, su eje estructural se extiende en 81,12 km aproximadamente, es la divisoria de aguas entre las vertientes hidrográficas del Atlántico y del Lago Titicaca. Por la vertiente noreste, drena hacia el río Huari Huari, que es un tributario del río Inambari. Por el flanco sur sus aguas fluyen hacia el Lago Titicaca por medio de los ríos Carabaya por una parte y Trapiche hacia el sur por otro parte. El nevado más alto es Sorapata con 5 950 msnm y la laguna de mayor superficie se denomina Suches con 13,72 km², la cual se comparte y ubicada en el límite fronterizo Perú-Bolivia a una altitud de 4 600 msnm.

La cordillera La Raya, es la más pequeña de todas las cordilleras del sur. Está situada en el extremo noroeste del nudo de Vilcanota; se extiende aproximadamente en 10 km de longitud en dirección noroeste, se encuentra entre las divisorias de Puno y Cusco y se encuadra entre 14° 20' y 14° 33' de latitud sur y 70° 57' – 71° 02' de longitud oeste. Las elevaciones fluctúan entre los 5 107 a 5 468 msnm, determinándose el pico más alto el identificado con código nacional 4994986-17 a una altitud de 5 468 msnm y la laguna de mayor superficie denominada Langui Layo con 54,66 km² situada a 3 950 msnm.

La cordillera Urubamba, está situada en el ramal oriental de los Andes del sur, se extiende aproximadamente en 40 kilómetros en dirección noreste, con ubicación geográfica de 13° 08' – 13° 15' de latitud sur y 72° 00' – 72° 27' de longitud oeste, el sistema hidrográfico de ésta cordillera drena hacia la vertiente del Amazonas; la laguna de mayor superficie con 3,33 km² se denomina Piuray y está situada a 3 700 msnm.

La cordillera Vilcabamba forma el ramal oriental de la cordillera de los Andes en el sur del Perú, comprende parte de la provincias de Urubamba y la Convención, ubicados en la región Cusco, se encuadra entre las coordenadas geográficas de 72° 30' 00" a 73° 15' 00" de longitud oeste y 13° 15' 00" – 13° 25' 00" de latitud sur. Las elevaciones fluctúan entre los 3 500 a 6 000 msnm, encontrando los picos más altos denominados Salcantay a 6 271 msnm y el Pumasillo a 6 076 msnm. La laguna de mayor superficie con 0,35 km² se denomina Coyllorcocha y está situada a 4 241 msnm.

La cordillera Volcánica está ubicada entre los límites de los departamentos de Arequipa y Moquegua, provincias de Caylloma, General Sánchez Cerro y Arequipa; distritos de Puquina, Omate, Coalaque, San Juan de Tarucani, Yanque y San Antonio de Chuca, con ubicación geográfica de 15° 46' 4,8" - 16° 51' 36,7" de latitud sur y 71° 47' 27,45" - 70° 33' 47,36" de longitud oeste, la mayor superficie de lagunas inventariadas se encuentran en la cuenca Quilca-Vitor-Chili, con 1 113 361,58 m² (1,11 km²), y representa el 95,45 % del total, mientras que la menor cantidad de lagunas se encuentra en la cuenca Tambo con 54 579,96 m² (0,05

km²) ocupando el 5,55 % del área total. La laguna de mayor superficie con 30,24 km² se identifica con código nacional 13279 – 1 y está situada a 3 750 msnm.

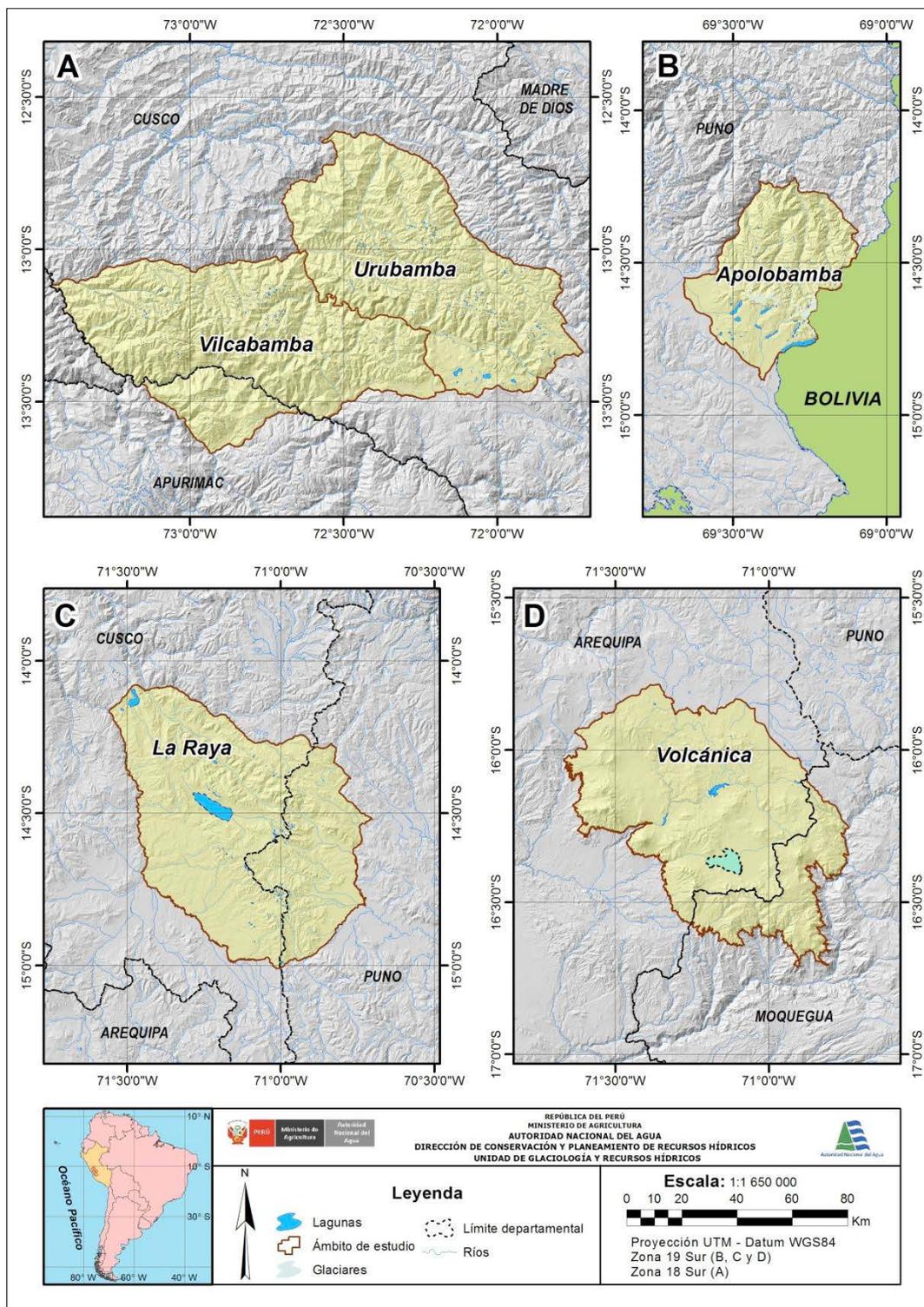


Figura 1. Ámbito de estudio de las cordilleras

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. MATERIALES

2.1.1. Cartografía base

En el presente estudio de actualización del inventario de lagunas se utilizaron 36 cartas topográficas escala 1/100 000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN) que sirvió para generar la cobertura cartográfica del ámbito de estudio. Las cartas se obtuvieron en formato digital (vectorial), de las cuales se obtuvo datos como: curvas de nivel, hidrografía y cotas de altitud, adquiridas del portal electrónico del Ministerio de Educación¹, único formato cartográfico confiable y accesible del Perú (Ver Figura 2); además Vega (2006) indica que para fines de inventario son recomendables las escalas cartográficas de mayor detalle (Campbell, 2005).

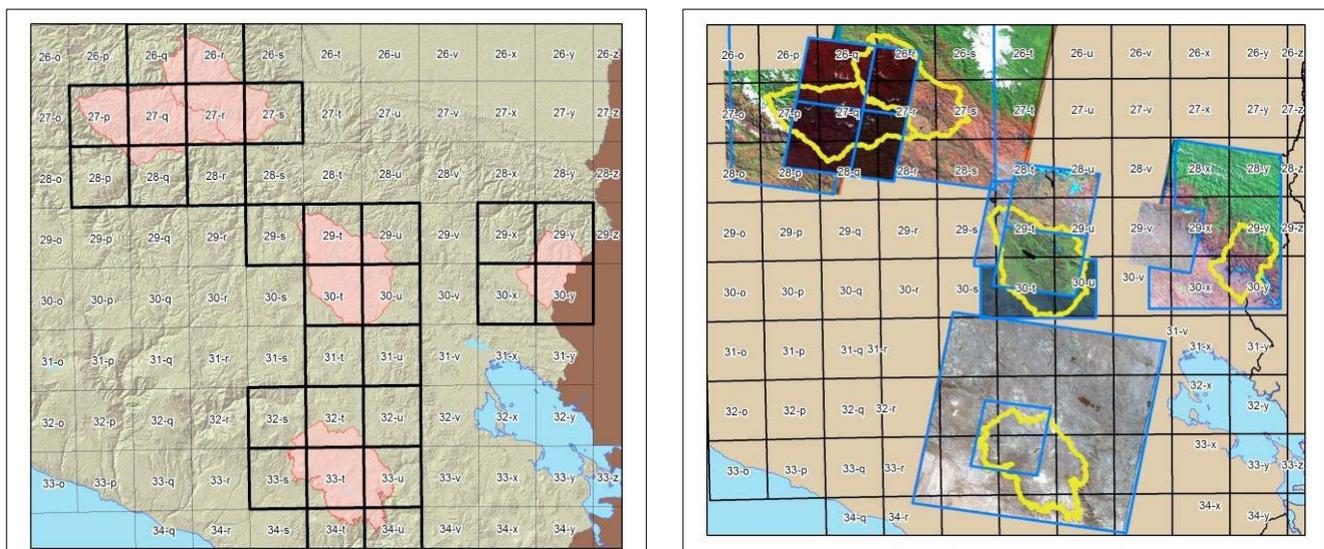


Figura 2. Cartas Nacionales, lado izquierdo e imágenes satelitales, lado derecho, utilizadas en el inventario de lagunas

¹ <http://escale.minedu.gob.pe/descargas/mapa.aspx>

2.1.2. Imágenes satelitales

2.1.2.1. Imágenes satelitales para determinar la superficie de laguna

Para obtener la superficie de las lagunas se utilizaron las imágenes satelitales del sensor Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER), con resolución espectral de 15 m, el cual está montado a bordo del satélite Terra, operado por la National Aeronautics and Space Administration (NASA) de los EEUU. También se usaron imágenes LISS III, con resolución espectral de 24 m, que se obtuvieron del portal web del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales (INPE) del Brasil y las imágenes Landsat 5 TM, con resolución espectral de 30 m, obtenidas del portal web Global Visualization Viewer (GLOVIS) del USGS; por otro lado se tuvo en consideración que la selección de imágenes adquiridas hayan sido tomadas en época de estiaje, entre los meses de mayo a octubre, con una presencia mínima de nubes.

A continuación se presenta el cuadro con los códigos de las imágenes satelitales utilizadas en el presente inventario:

Cuadro 1. Imágenes satelitales utilizadas para obtener la superficie de lagunas

Nº	Fecha	ID Imagen	Resolución espacial (m)	Código	Nivel de tratamiento	Cordillera
1	15/06/2009	ASTL1A_0906151516580906180341	15	A-0341	L1A	Urubamba y Vilcabamba
2	15/06/2009	ASTL1A_0906151517070906180342	15	A-0342	L1A	Vilcabamba
3	01/07/2009	ASTL1A_0907011516450907040356	15	A-0356	L1A	Urubamba y Vilcabamba
6	02/07/2009	ASTL1A_0907011516450907040357	15	A-0357	L1A	Vilcabamba
7	03/07/2009	ASTL1A_0907031505140907060286	15	A-0286	L1A	Volcánica
8	23/10/2009	ASTL1A_0910231505060910260331	15	A-0331	L1A	Volcánica
9	22/07/2010	ASTL1A_1007221504491007270164	15	A-0164	L1A	Volcánica
10	08/08/2010	L5002070_07020100808_corte	30	L5-080810	L1GT	Apolobamba
11	06/08/2010	L5004069_06920100806	30	L5-060810	L1GT	Urubamba
12	07/06/2010	L5005069_06920090607	30	L5-070609	L1GT	Vilcabamba
13	02/07/2010	P6_LIS3_20100702_306_087_L2_corte	24	P-6087	L1A	La Raya
14	02/07/2010	P6_LIS3_20100702_306_087_L2_corte_2	24	P-6087-2	L1A	La Raya
15	02/06/2009	S46613780906021512372M	10	S-2372	L1A	La Raya
16	02/06/2009	S46613790906021512462M	10	S-2462	L1A	La Raya

2.1.2.2. Imágenes satelitales utilizadas en el análisis multitemporal

Para identificar la superficie de las lagunas permanentes o temporales, se utilizaron las imágenes satelitales LANDSAT 5 TM, de los años anteriores al 2009 los que se encuentran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Imágenes satelitales Landsat 5 TM, usadas en el análisis multitemporal

Nº	Fecha	Id Imagen	Resolución espacial (m)	Código	Nivel de tratamiento	Cordillera
1	16/06/1985	LT500207019850616	30	L5-160685	L1GT	Apolobamba
2	25/07/1985	LT500307019850725	30	L5-250785	L1GT	La Raya
3	13/06/1988	L5005069_06919880613	30	L5-130688	L1GT	Vilcabamba
4	18/08/1988	L5003071_07119880818	30	L5-180888	L1GT	Volcánica
5	22/06/1988	L5004069_06919880622	30	L5-220688	L1GT	Urubamba y Vilcabamba
6	08/08/1990	LT500307119900808	30	L5-080890	L1GT	Apolobamba
7	18/07/1994	L5003071_07119940718	30	L5-180794	L1GT	Volcánica
8	01/06/1995	L5005069_06919950601	30	L5-010695	L1GT	Vilcabamba
9	26/06/1995	L5004069_06919950626	30	L5-260695	L1GT	Urubamba y Vilcabamba
10	16/07/1996	L5002070_07019960716	30	L5-160796	L1GT	Apolobamba
11	23/07/1996	L5003070_07019960723	30	L5-230796	L1GT	La Raya
12	23/06/2000	L5004069_06920000623	30	L5-230600	L1GT	Urubamba y Vilcabamba
13	03/08/2000	LT500307120000803	30	L5-030800	L1GT	Volcánica
14	17/08/2000	L5005069_06920000817	30	L5-170800	L1GT	Vilcabamba
15	19/08/2003	L5004069_06920030819	30	L5-190803	L1GT	Urubamba y Vilcabamba
16	21/08/2003	L5002070_07020030821	30	L5-210803	L1GT	Apolobamba
17	15/10/2003	L5003070_07020031015	30	L5-151003	L1GT	La Raya
18	23/06/2003	L5005069_06920030623	30	L5-230603	L1GT	Vilcabamba
19	19/07/2006	LT500307120060719	30	L5-190706	L1GT	Volcánica
20	30/07/2010	LT500307120100730	30	L5-300710	L1GT	Volcánica
21	28/07/2010	L5005069_06920100728	30	L5-280710	L1GT	Vilcabamba
22	30/07/2010	L5003070_07020100730	30	L5-300710	L1GT	La Raya
23	06/08/2010	L5004069_06920100806	30	L5-060810	L1GT	Urubamba y Vilcabamba
24	08/08/2010	L5002070_07020100808	30	L5-080810	L1GT	Apolobamba

2.1.3. Software utilizados

Para el manejo y procesamiento de la información espacial se utilizaron software especializado integrado al Sistema de Información Geográfica (SIG). Ver Cuadro 3.

Cuadro 3. Software utilizado en el inventario de lagunas

Software	Tipo	Versión
ARCGIS	Sistema de Información Geográfica (SIG) / Capa vectorial	x
ENVI + IDL	Teledetección / Imágenes satelitales	x

2.2. MÉTODOS

2.2.1. Delimitación del área de estudio

Para determinar el ámbito de las cordilleras Apolobamba, La Raya, Urubamba, Vilcabamba, y Volcánica, ubicadas en los Andes orientales del sur del Perú, se tomaron como base las cuencas hidrográficas de los ríos Azángaro, Arambarri, Madre de Dios, Quilca - Vítor - Chili, Pampas, Urubamba, Pucará, Alto Apurímac, Bajo Apurímac y Tambo, haciendo uso de las cartas topográficas en formato digital (shapefile) como curvas de nivel y red hidrográfica. Asimismo, en la cordillera Apolobamba, se tomó en cuenta los límites fronterizos entre Perú y Bolivia, utilizando las cartas topográficas 29Y y 30Y, a escala 1/100 000 del IGN.

En la delimitación de las 5 cordilleras antes mencionadas se utilizaron las cartas topográficas indicadas en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Cartas topográficas del IGN

Cartas Topográficas IGN	Escala	Nº de hoja
Apolobamba	1 / 100 000	29X 29Y 30X 30Y
La Raya	1 / 100 000	29T 29U 30T 30U
Urubamba	1 / 100 000	26P 26R 27Q 27R 27S
Vilcabamba	1 / 100 000	27P 27Q 28P 28Q
Volcánica	1 / 100 000	32S 39T 32U 33S 33T 33U 34T 34U

2.2.2. Generación del Modelo Digital de Elevación (MDE)

En la generación del MDE se utilizaron cartas topográficas del Instituto Geográfico Nacional (IGN) a escala 1/100 000 en formato digital (capas vectoriales) correspondientes a las curvas de nivel con distancias de 50 m, ríos, cotas y lagunas. Estos vectores pasaron por una etapa de revisión, corrección y validación de los valores de altitud y la digitalización vectorial como puntos, líneas y polígonos; con este modelo y con las aplicaciones de 3D se obtuvieron mapas de dirección y acumulación de flujos, delimitación de cuencas y orden de ríos según el método de Strahler y mapas de sombras (hillshade).

Las cordilleras Vilcabamba y Urubamba se ubican en la Zona 18 Sur, mientras que las cordilleras Apolobamba, La Raya y Volcánica se encuentran en la Zona 19 Sur, ambas zonas se encuentran en una proyección cartográfica de Universal Transverse Mercator (UTM), Datum WGS 84.

2.2.3. Calibraciones geométricas y radiométricas

Se realizaron dos tipos de calibraciones y correcciones de las imágenes satelitales, con el objetivo de corregir las distorsiones y desplazamientos del relieve terrestre y así obtener el comportamiento de las diferentes coberturas:

2.2.3.1. Corrección geométrica

Consiste en el posicionamiento de la imagen en base a la Cartografía Nacional del IGN, a escala 1/100 000, a partir de la distribución de los puntos de control en coordenadas (x, y), se toman puntos de referencia en zonas fácilmente identificables y que no sean sujetas a dinamismo temporal, asimismo se usó el Modelo Digital de Elevación (MDE) como respaldo para determinar la ubicación de las fuentes de agua; finalmente se toma en cuenta que el valor de RMS debe ser menor al tamaño de 2 píxeles de cada imagen utilizada (Cuadros 1 y 2).

2.2.3.2. Corrección radiométrica

La corrección radiométrica, consiste en convertir los niveles digitales (ND) a valores de reflectividad y para esto se empleó el modelo simplificado propuesto por Chávez (Chuvieco, 2000). Ésta corrección se aplicó en las bandas de cada imagen satelital según los ámbitos de estudio.

2.2.4. Clasificación de superficie de lagunas

Para la clasificación de las superficies de las lagunas se consideró una área $\geq 5\ 000\ m^2$, el uso de los software ArcGIS y Envi permitió la aplicación del Índice de Diferencia Normalizada del Agua (en inglés, NDWI) y también la metodología de elección de umbrales para las bandas 4 y 5 de las imágenes LANDSAT 5 TM del 2010. Asimismo, en la identificación de los efectos de las sombras presentadas en estas imágenes, se aplicó el modelo de capas auxiliares de sombras y pendientes. Por otro lado, se aplicó la metodología de realces de las bandas 3, 2,1 en las imágenes ASTER del 2009, digitalizando a mano alzada las lagunas, debido a que estas imágenes no presentaron la banda 4, mientras que para los que presentaban sombras y vegetación se utilizaron imágenes LANDSAT 5 TM de años anteriores (1985, 1988, 1990, 1994, 1995, 1996, 2000, 2003 y 2006) aplicándose el análisis multitemporal que también permitió diferenciar las lagunas permanentes de las estacionales.

2.2.5. Delimitación y codificación de cuencas hidrográficas según Pfafstetter

La delimitación y codificación de las cuencas hidrográficas se realizaron a través del método Pfafstetter a un nivel 7. Este método fue implementado y difundido por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), con la finalidad de delimitar y codificar las cuencas hidrográficas del Perú, de acuerdo a los criterios de clasificación y codificación de estándares internacionales. El sistema de delimitación y codificación Pfafstetter divide cada cuenca en 9 unidades de drenaje: 4 cuencas de superficies mayores numeradas con los dígitos pares 2, 4, 6 y 8 y las restantes que reciben la denominación de intercuenas y se les asigna los dígitos impares 1, 3, 5, 7 y 9. Cada una de estas cuencas e intercuenas pueden continuar subdividiéndose en 9 unidades nuevas, llegando de esta manera a niveles superiores de clasificación (INRENA, 2007).

2.2.6. Descripción de características físicas de lagunas

Una vez obtenidas las superficies de las lagunas en capas vectoriales de polígonos, se construyó la tabla de atributos que sirvió para describir las características físicas de cada una de las fuentes de agua permitiendo el cálculo de variables propias de cada laguna, así como la asignación de nombres, códigos, áreas, ubicación política, geográfica y red hidrográfica, entre otros. Además, la descripción de las características físicas se realiza a partir de la codificación nacional (Ver Cuadro 5) y con la información cartográfica, que permitió la elaboración de la base de datos para cada laguna. A continuación se detallan los siguientes:

1. **Código Nacional:** Es un identificador único para cada laguna que está compuesto por el código de la cuenca hidrográfica según la clasificación Pfafstetter y el dígito numérico correlativo en base a la red hídrica del método mencionado anteriormente y que corresponde al nivel 6 o 7.

Cuadro 5. Codificación nacional de la laguna según Pfafstetter

4	9	9	4	9	9	8	-	28
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	Nivel 7		Nº de Lagunas

2. **Nombre de la laguna:** Es la denominación local que identifica a cada laguna. Fue definida tomando como base la información cartográfica del IGN y ONERN, además de las fichas e informes de inspecciones de campo de la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos.
3. **Ubicación Política:** Se considera la identificación de la región, provincia y distrito a la que pertenece cada laguna, ésta información proviene de la base datos del IGN.

4. **Ubicación Geográfica:** Se considera el valor de las coordenadas X, Y del sistema de referencia UTM, Datum WGS84 de las zonas 18 Sur y 19 Sur.
5. **Ubicación Hidrográfica:** Se ubica a cada laguna según la vertiente, cuenca, subcuenca y microcuenca, utilizando el método Strahler.
6. **Altitud:** La altitud se determina a partir del centroide de laguna.
7. **Fuente de alimentación:** La fuente de alimentación de las lagunas se determinan a partir de la cobertura glaciar antigua y actual, llegando a clasificar a las lagunas como: fuente de alimentación por precipitación (PP), flujo glaciar directo (FGD) o flujo glaciar indirecto (FGI) y mixto (M)
8. **Largo máximo:** Distancia máxima entre dos puntos extremos de la laguna.
9. **Ancho máximo:** Distancia máxima perpendicular a la longitud máxima de la laguna.
10. **Área:** Superficie en m².

Cabe indicar, que la laguna Suches es compartida con el país de Bolivia, sin embargo se realizó su caracterización para el presente inventario, dado que era impreciso realizar las características físicas de la laguna solo de la parte que corresponde al Perú. En tal sentido, se identificó y delimitó la laguna suches, indistinto a que país pertenezca.

2.2.7. Elaboración de mapas

La elaboración de los mapas se inició con la sistematización de la información base para generar posteriormente las anotaciones, estas son distribuidas considerando la armonía en función de las capas vectoriales, evitando la superposición y saturación entre ellas. El área de Inventario de Glaciares y Lagunas de la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos determinó los parámetros en la elaboración de mapas, considerando la cartografía base del IGN a escala 1/100 000 y por tener un error de ajuste menor a 2 pixeles, se determinó una escala de salida de 1/75 000.

A continuación se presenta el Diagrama que muestra el proceso de elaboración del inventario de lagunas:

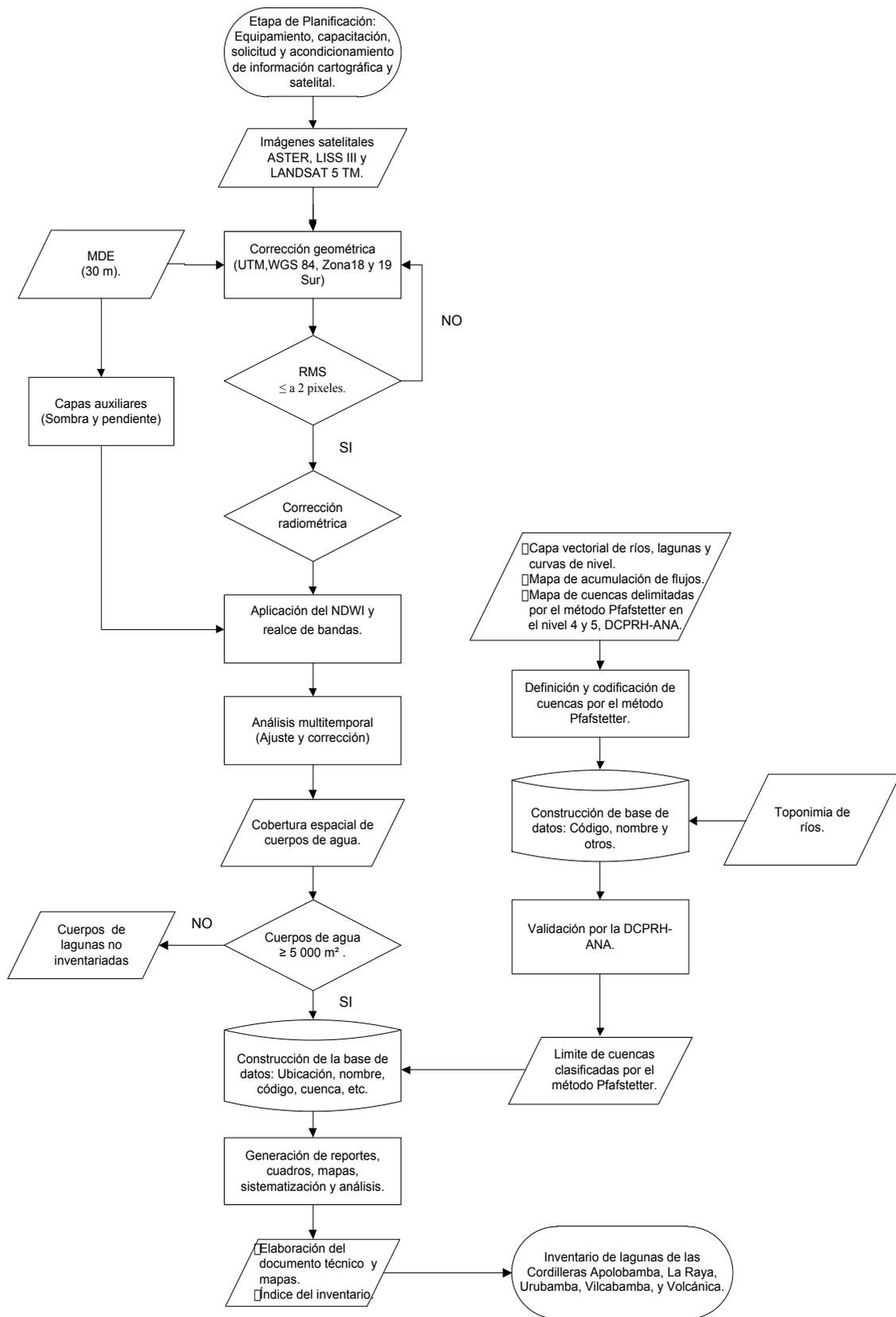


Diagrama 1. Metodología del inventario de lagunas

III. RESULTADOS



3.1. CORDILLERA APOLOBAMBA

3.1.1. Cantidad y superficie de lagunas registradas

La cantidad total de lagunas inventariadas y no inventariadas son 141 con una superficie de 34 087 960,96 m² (34,09 km²), de las cuales han sido inventariadas 110 lagunas que ocupan una superficie de 33 969 193,94 m² (33,96 %) siendo excluidas 31 lagunas con superficie total de 118 767,02 m² (0,11 %) por presentar superficies menores al tamaño mínimo cartografiado de 5 000 m². (Ver Cuadro 6).

En cuanto a la superficie que ocupan las lagunas inventariadas y no inventariadas por vertientes, la vertiente del Titicaca ocupa 31 971 405,34 m² (31,97 km²) de la superficie total y representa el 93,80 %; mientras que la vertiente del Atlántico es la que concentra menor área con 2 102 798,99 m² (2,10 km²) y el 6,2 % de la superficie total.

Cuadro 6. Cantidad y superficie de lagunas registradas en la cordillera Apolobamba

Vertiente	Cuenca	Inventariada		No inventariada		Total registradas			
		Cantidad	Superficie (m ²)	Cantidad	Superficie (m ²)	Cantidad		Superficie	
						Nº	%	m ²	%
Titicaca	Suches	32	22 745 549,64	3	9 981,76	35	24,82	22 755 531,40	66,76
	Azángaro	17	9 225 855,70	1	3 774,87	18	12,77	9 229 630,57	27,08
Atlántico	Tambopata	6	167 401,16	2	7 609,78	8	5,67	175 010,94	0,51
	Inambari	55	1 830 387,44	25	97 400,61	80	56,74	1 927 788,05	5,65
Total		110	33 969 193,94	31	118 767,02	141	100,00	34 087 960,96	100,00
(%)		78,01	99,65	21,99	0,35				

El Gráfico 1, muestra las cantidades de lagunas inventariadas y no inventariadas distribuidas por cuencas; en la cuenca Inambari que agrupa la mayor cantidad de lagunas se encontraron 55 lagunas inventariadas y 25 no inventariadas representando el 68,75 y 31,25 % del total respectivamente; y la cuenca Tambopata registró la menor cantidad de lagunas inventariadas con área mayor a 5 000 m².

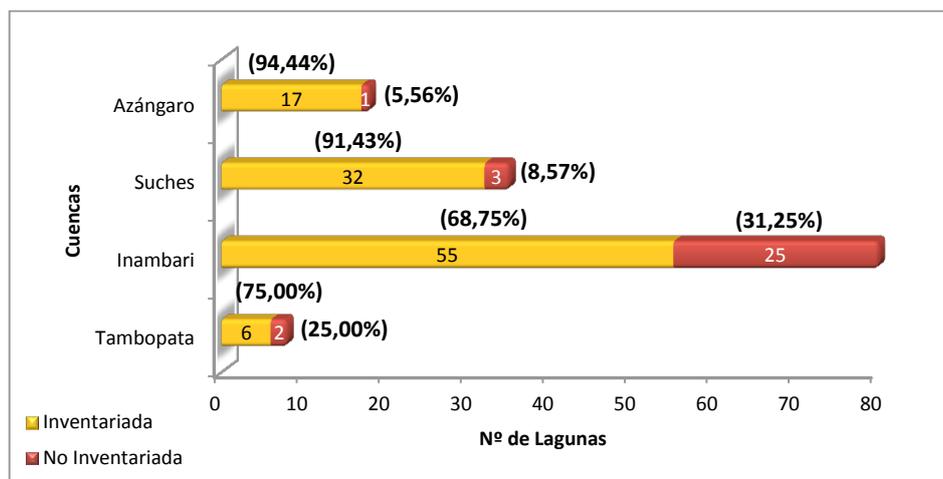


Gráfico 1. Cantidad de lagunas inventariadas y no inventariadas según cuencas en la cordillera Apolobamba

3.1.2. Superficie inventariada

El Gráfico 2, muestra las superficies de lagunas distribuidas por cuencas hidrográficas. La cuenca Suches presenta la mayor área de lagunas inventariadas con 22 745 549,64 m² (22,74 km²) con 66,96 % del total, mientras que la menor área inventariada se encuentra en la cuenca Tambopata con 167 401,16 m² (0,16 km²) y el 0,49 % del total.

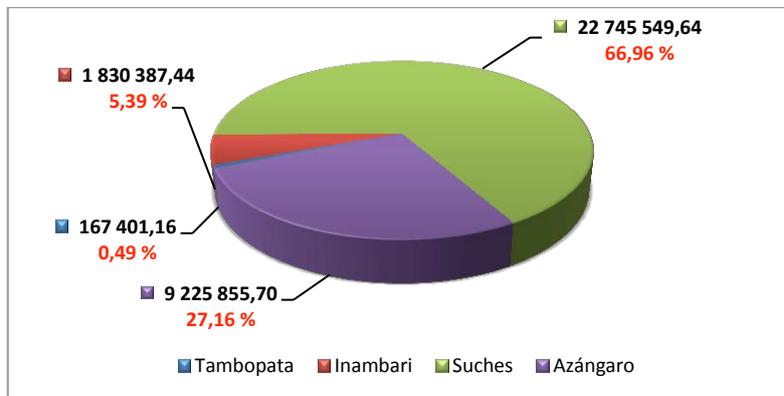


Gráfico 2. Superficie total de lagunas inventariadas por cuencas en la cordillera Apolobamba

La distribución de la superficie de lagunas inventariadas por cuencas y rangos de superficie, se indican en el Cuadro 7; la cuenca Inambari concentra la mayor cantidad de lagunas, 55 en total que representan el 50,00 % del total de lagunas inventariadas, estando la mayoría de ellas entre los 5 000 y 20 000 m². Asimismo, se determinó un total de 7 lagunas extensas mayores de 600 000 m² que representan el 79,24 % de la superficie total de lagunas inventariadas.

Cuadro 7. Lagunas inventariadas por rangos de superficie según cuencas en la cordillera Apolobamba

Rangos de superficie (m ²)	Tambopata		Azángaro		Inambari		Suches		Total			
	Cantidad	Superficie (m ²)	Cantidad	Superficie (m ²)	Cantidad	Superficie (m ²)	Cantidad	Superficie (m ²)	Cantidad	Superficie (m ²)	Superficie (%)	
											Relativo	Acumulado
5 000 – 20 000	3	32 083,32	8	77 087,07	33	343 837,16	8	89 797,96	52	542 805,51	1,60	1,60
20 001 – 40 000	1	29 350,81	-	-	9	274 337,78	5	135 827,29	15	439 515,88	1,29	2,89
40 001 – 60 000	2	105 967,03	1	40 561,45	5	257 349,52	2	10 3292,6	10	50 7170,6	1,49	4,38
60 001 – 80 000	-	-	-	-	5	347 460,02	3	220 237,72	8	567 697,74	1,67	6,05
80 001 – 100 000	-	-	1	84 998,51	1	83 106,84	1	89 336,86	3	257 442,21	0,76	6,81
14 0001 – 160 000	-	-	1	156 327,59	-	-	1	157 414,99	2	313 742,58	0,92	7,73
16 0001 – 180 000	-	-	-	-	-	-	3	512 865,65	3	512 865,65	1,51	9,24
20 0001 – 250 000	-	-	1	224 598,27	1	217 475,61	-	-	2	442 073,88	1,30	10,54
250 001 – 300 000	-	-	-	-	-	-	1	273 451,76	1	273 451,76	0,80	11,34
300 001 – 350 000	-	-	1	334 884,79	1	306 820,51	-	-	2	64 1705,30	1,89	13,23
400 001 – 450 000	-	-	-	-	-	-	1	415 712,38	1	415 712,38	1,22	14,45
450 001 – 500 000	-	-	1	463 561,34	-	-	1	486 048,18	2	949 609,52	2,80	17,25
550 001 – 600 000	-	-	1	598 623,23	-	-	1	594 008,19	2	1 192 631,42	3,51	20,76
> 600 001	-	-	2	7 245 213,45	-	-	5	19 667 556,06	7	2 6912 769,50	79,24	100,00
Total	6	167 401,16	17	9 225 855,70	55	1 830 387,44	32	22 745 549,64	110	3 396 9193,90		
(%)	5,46	0,49	15,45	27,16	50,00	5,39	29,09	66,96				

En el Cuadro 8, se presenta las lagunas que concentran superficies mayores a los 500 000 m². Se han identificado un total de 9 y la más extensa es la laguna Suches localizada entre las coordenadas 471605 Este y 8367382 Norte, a una altitud de 4 600 msnm, con dimensiones de 13 305,28 m de longitud, 1 697,73 m de ancho y una superficie de 13 728 585,92 m², ubicada en la cuenca y subcuenca Suches.

Cuadro 8. Relación de lagunas con superficie mayor a 500 000 m² en la cordillera Apolobamba

Nº	Nombre	Norte	Este	Altitud (msnm)	Superficie (m ²)	Cuenca	Subcuenca
1	Canllomocco	8372046	461694	4 600	594 008,19	Suches	Trapiche
2	Chullpacocha Grande	8370997	441706	4 800	598 623,23	Azángaro	Grande
3	Ccaccani	8372268	468056	4 750	924 442,85	Suches	Suches
4	Cuybas/Ccalachaca Grande	8370417	458941	4 600	1 133 634,51	Suches	Trapiche
5	Lacayaqui	8373844	454784	4 650	1 225 635,74	Suches	Trapiche
6	Sillacunca	8376852	447864	4 800	2 058 377,00	Azángaro	Grande
7	Pararani	8379213	457012	4 650	2 655 257,04	Suches	Trapiche
8	Rinconada	8379582	446898	4 650	5 186 836,45	Azángaro	Grande
9	Suches	8367382	471605	4 600	13 728 585,92	Suches	Suches

En el Gráfico 3, se observa la relación entre la cantidad y superficie total de lagunas, distribuidas en cinco subcuencas hidrográficas: Suches con 10 lagunas presenta una mayor superficie 15 688 791,58 m² (15,69 km²), mientras que la subcuenca Huari Huari con 55 lagunas, presenta una menor área de 1 830 387,44 m² (1, 83 km²).

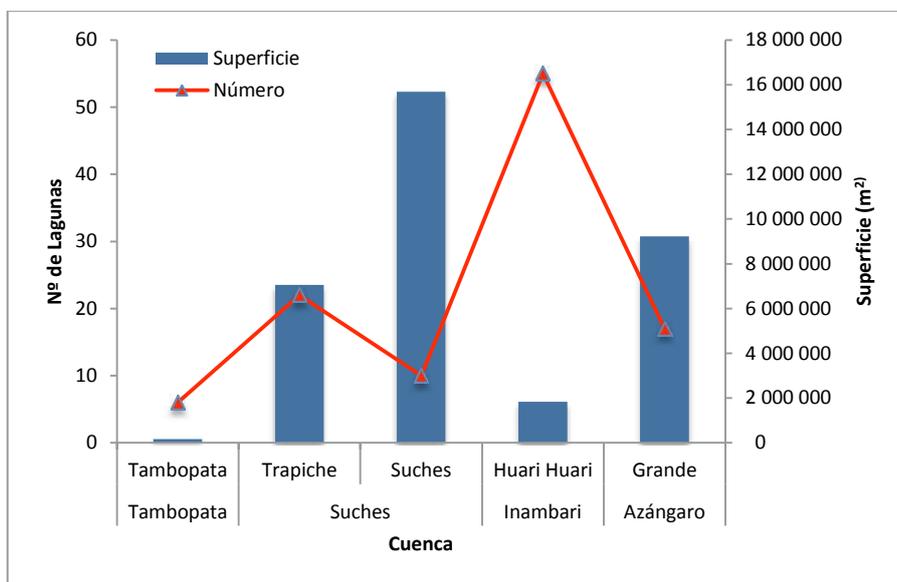


Gráfico 3. Relación de lagunas entre la cantidad y superficie total por subcuencas en la cordillera Apolobamba

En el Cuadro 9, se muestra la cantidad y superficie total de lagunas por subcuencas y cuencas. La cuenca Suches presenta 2 subcuencas con mayor superficie, pero no concentra la mayor cantidad de lagunas, siendo la cuenca Inambari, subcuenca Huari Huari, la que concentra la mayor cantidad de lagunas, con un total de 55 y representa el 50,00 % del total.

Cuadro 9. Cantidad y superficie total de lagunas por subcuencas en la cordillera Apolobamba

Cuenca	Subcuenca	Total			
		Nº	%	m ²	%
Tambopata	Tambopata	6	5,45	167 401,16	0,49
Inambari	Huari Huari	55	50,00	1 830 387,44	5,39
Suches	Trapiche	22	20,00	7 056 758,06	20,77
	Suches	10	9,09	15 688 791,58	46,19
Azángaro	Grande	17	15,46	9 225 855,70	27,16
Total		110	100,00	33 969 193,94	100,00

3.1.3. Variación altitudinal

En altitudes mayores a 3 500 msnm se encuentran distribuidas las 110 lagunas inventariadas, y la mayor concentración de estas se encuentran entre los rangos altitudinales de 4 000 a 4 800 msnm con 75 lagunas que representan el 68,18 % de la cantidad total de lagunas inventariadas en la cordillera.

En el Cuadro 10, se muestran las lagunas inventariadas según los pisos ecológicos y de acuerdo a la clasificación altitudinal del IGN (1989). En el piso ecológico Puna se sitúan el 68,18 % de lagunas, la topografía de pendientes moderada a abrupta y la existencia de morrenas favorecen la formación de lagunas. En altitudes superiores a los 4 800 msnm se encuentra el piso ecológico Nival o Janca, en el que se ubican el 26,36 % del total de lagunas, predominando el clima gélido, con neviscas continuas y lluvias que favorecen la presencia de glaciares, finalmente, en altitudes entre 3 500 y 4 000 msnm encontramos al piso ecológico Suni, en el que se ubican el 5,46 % de lagunas, la topografía es variada y predomina el clima templado.

Cuadro 10. Distribución de lagunas por cuencas según pisos ecológicos en la cordillera Apolobamba

Cuenca	Pisos ecológicos según rangos altitudinales (msnm)			Total	
	Suni (3 500 - 4 000)	Puna (4 000 - 4 800)	Nival o Janca (> 4 800)	Cantidad	%
Tambopata	1	5	-	6	5,45
Inambari	5	43	7	55	50,00
Suches	-	20	12	32	29,09
Azángaro	-	7	10	17	15,46
Total	6	75	29	110	100,00
(%)	5,46	68,18	26,36	100,00	

El Gráfico 4, indica la distribución de las lagunas por rangos de pisos ecológicos y cuencas hidrográficas, también indica que la mayor cantidad se encuentra en altitudes de 4 000 a 4 800 msnm. Asimismo, la mayor concentración de lagunas se encuentra en las cuencas de hidrográficas de Inambari y Suches, ubicados en el piso ecológico Puna.

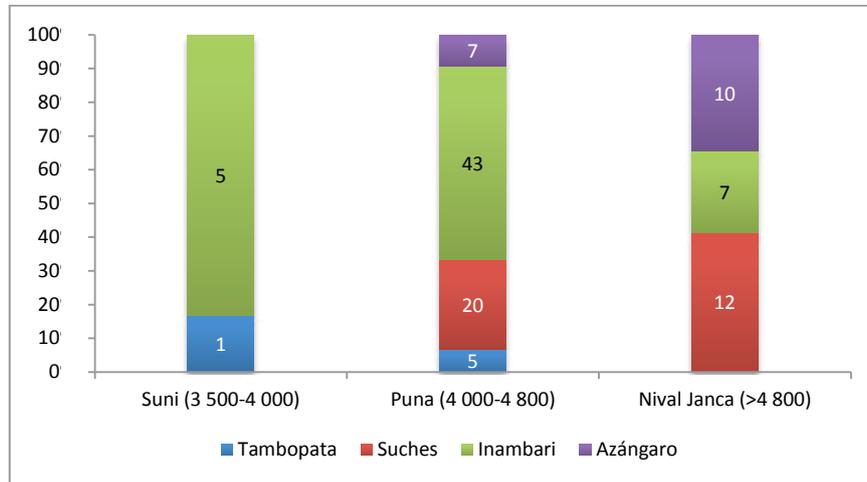


Gráfico 4. Distribución de lagunas según pisos ecológicos en la cordillera Apolobamba

En el Gráfico 5, se evidencia la distribución escalonada de lagunas que generalmente indican una etapa de estacionamiento glaciario, identificadas en zonas de depresiones con diques de depósitos morrénicos y/o rocosos que en su mayoría están desconectadas de los glaciares que las originaron (Zapata, 2002). Se muestra el perfil, con corte transversal entre las subcuencas de Suches y Trapiche, en dirección de sur a norte, representando a las lagunas Suches, Ccaccani y Ccaccahuaycho.

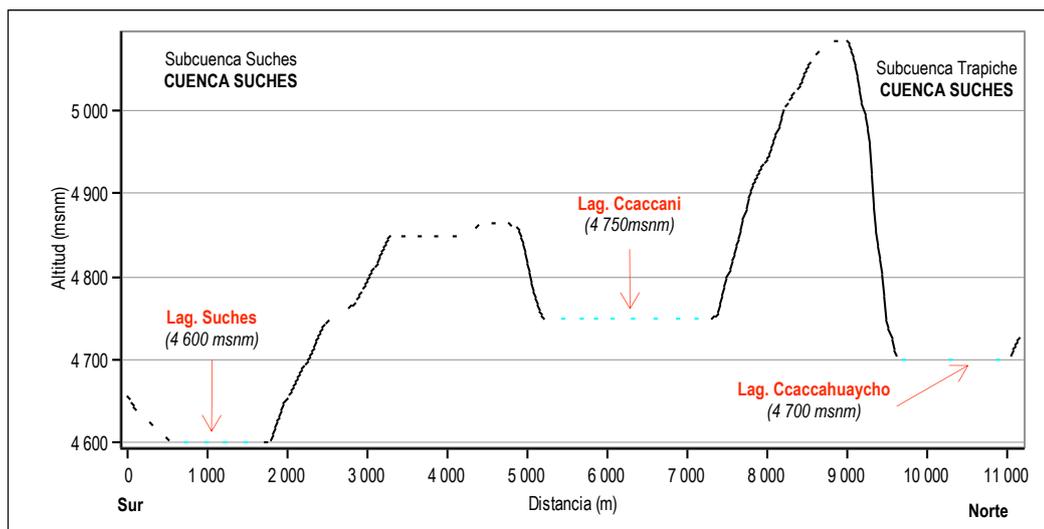


Gráfico 5. Distribución escalonada de lagunas y corte transversal entre las subcuencas Suches y Trapiche

3.1.4. Variación del régimen de alimentación

En el Gráfico 6, se observa el porcentaje de lagunas y la fuente de alimentación, distribuidas en cada subcuenca; en la cual las subcuencas Trapiche y Suches, pertenecientes a la cuenca Suches, Huari Huari, cuenca Inambari y Grande, cuenca Azángaro, presentan régimen de alimentación nival; pero la cuenca Suches presenta alimentación tipo mixto en mayor porcentaje, ocupando el 10,00 % del total.

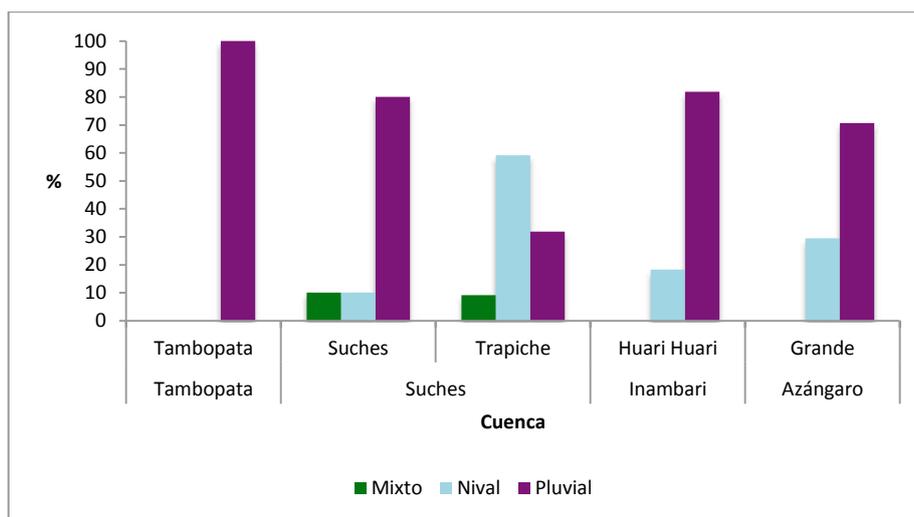


Gráfico 6. Distribución porcentual de lagunas por subcuencas, según fuente de alimentación en la cordillera Apolobamba

3.1.5. Formación de lagunas nuevas

Los procesos de fragmentación y deglaciación, actualmente se producen por la variabilidad climática; en algunos glaciares en la parte terminal han dado lugar a la formación de nuevas lagunas (Thompson, 2010). Estas, se observaron y comprobaron mediante el análisis de imágenes de satélite Landsat y Aster, sobre una base cartográfica de lagunas inventariadas por la ONERN del año 1980.

El Cuadro 11, indica la distribución por cuencas de las 8 nuevas lagunas inventariadas, según intervalos de superficies superiores a 5 000 m², destacándose la mayor concentración en las cuencas Inambari y Suches, ambos con 3 lagunas nuevas que representan el 75 % del total.

Cuadro 11. Cantidad de lagunas nuevas por rangos de superficie en la cordillera Apolobamba

N°	Cuenca	Rangos de superficie (m ²)						Total	%
		5 000 – 10 000	10 001 – 20 000	20 001 – 30 000	30 001 – 40 000	40 001 – 50 000	50 001 – 100 000		
1	Azángaro	1	-	-	-	-	-	1	12,50
2	Inambari	1	1	-	-	-	1	3	37,50
3	Suches	3	-	-	-	-	-	3	37,50
4	Tambopata		1	-	-	-	-	1	12,50
	Total	5	2	-	-	-	1	8	100,00
	%	62,50	25,00	-	-	-	12,50	100,00	

En el Cuadro 12, se muestra 3 lagunas nuevas con superficies mayores a 15 000 m², localizadas en las cuencas Tambopata e Inambari; siendo la laguna identificada con código nacional 4664898-13 la de mayor tamaño, con coordenadas 473649 Este y 8383235 Norte, con una superficie de 83 106,84 m², cuyas dimensiones máximas son 505,2 m de largo y 233,88 m de ancho.

 Cuadro 12. Cantidad de lagunas nuevas mayores a 15 000 m², cordillera Apolobamba

N°	Nombre	Norte	Este	Altitud (msnm)	Superficie (m ²)	Cuenca	Subcuenca
1	S/N	8388592	480368	4 700	17 383,78	Tambopata	Tambopata
2	S/N	8381763	473368	4 937	18 802,16	Inambari	Huari Huari
3	S/N	8383235	473649	4 932	83 106,84	Inambari	Huari Huari

En el Cuadro 13, se observa una sola laguna en contacto glaciar, considerado de tipo proglaciar (Ames y Francou, 1995). Esto evidencia que a causa del retroceso glaciar se ha originado la formación de nuevas lagunas, particularmente en el frente glaciar, las cuales evolucionan gradualmente en el tiempo, influenciadas por variaciones climáticas que afectan directamente la dinámica glaciar. Desde el punto de vista de seguridad, es importante registrar las lagunas que aun mantienen un contacto directo con el frente glaciar por presentar una posible amenaza potencial (Zapata, 2002).

Cuadro 13. Registro de lagunas en contacto glaciar en la cordillera Apolobamba

Código de laguna	Nombre	UTM		Ubicación política			Altitud (msnm)	Superficie (m ²)	Longitud máxima (m)	Ancho máximo (m)
		Este	Norte	Región	Provincia	Distrito				
017296-5	S/N	469349	8379921	Puno	San Antonio de Putina	Ananea	5 100	9 239,04	154,17	84,74

3.2. CORDILLERA LA RAYA

3.2.1. Cantidad y superficie de lagunas registradas

En el Cuadro 14, se muestran las 170 lagunas inventariadas y no inventariadas, con superficie total 73 304 227,09 m² (73,30 km²), de las cuales 136 lagunas fueron inventariadas con una superficie de 73 204 948,40 m² (99,9 %) y 34 lagunas no inventariadas, con superficie de 99 278,69 m², que ocupan el (0,10 %), por presentar superficies menores a 5 000 m².

En cuanto a la superficie que ocupan las lagunas por vertientes inventariadas y no inventariadas, podemos decir que la vertiente del Titicaca ocupa 1 662 517,75 m² de la superficie total y representa el 2,27 %; y la vertiente del Atlántico es la que concentra la mayor área con 71 641 709,34 m² (97,73 %) de la superficie total.

Cuadro 14. Cantidad y superficie de lagunas registradas en la cordillera La Raya

Vertiente	Cuenca	Inventariada		No inventariada		Total			
		Cantidad	Superficie (m ²)	Cantidad	Superficie (m ²)	Cantidad		Superficie	
						Nº	%	m ²	%
Atlántico	Alto Apurímac	52	2 834 565,07	8	19 321,06	60	35,29	2 853 886,13	3,89
	Urubamba	38	68 748 920,29	12	38 902,92	50	29,41	68 787 823,21	93,84
Titicaca	Azángaro	6	71 439,27	5	8 193,56	11	6,47	79 632,83	0,11
	Pucará	40	1 550 023,77	9	32 861,15	49	28,83	1 582 884,92	2,16
Total general		136	73 204 948,40	34	99 278,69	170	100,00	73 304 227,09	100,00
%		80,00	99,90	20,00	0,10				

Las cantidades y los porcentajes de las lagunas inventariadas y no inventariadas según la ubicación de las cuencas se muestran en la Gráfico 7; en la que la mayor concentración de lagunas inventariadas se encuentran en la cuenca Apurímac, alcanzando el 86,7 % del total; mientras que en la cuenca Azángaro, se muestran las menores cantidades de 6 lagunas inventariadas y 5 no inventariadas.

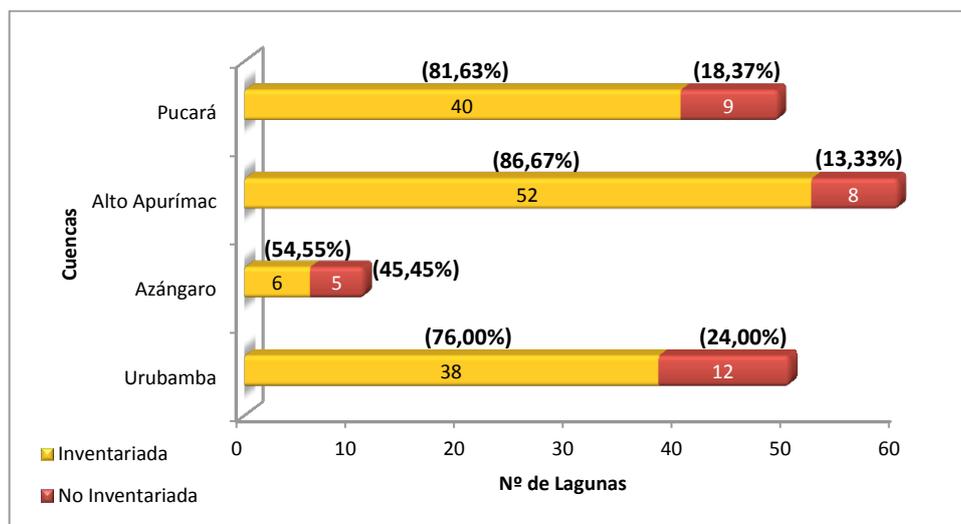


Gráfico 7. Cantidad de lagunas inventariadas y no inventariadas según cuencas en la cordillera La Raya

3.2.2. Superficie inventariada

El Gráfico 8, indica que la cuenca Urubamba tiene la mayor superficie de lagunas inventariadas, con 68 748 920,29 m² (68,74 km²) y representa el 93,84 % del total, mientras que la menor cantidad se encuentra en la cuenca Azángaro con 71 439,27 m² que representa apenas el 0,10 % del total.

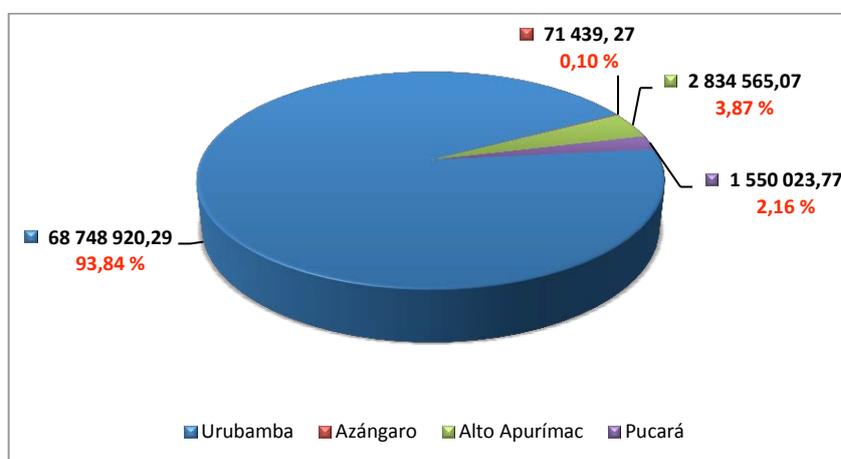


Gráfico 8. Superficie total de lagunas inventariadas por cuencas en la cordillera La Raya

En la distribución de las lagunas, según rango de superficie por cuencas, se observa que la mayor cantidad de fuentes de agua almacenada superficialmente se encuentran entre las áreas de 5 000 y 20 000 m², y la cuenca Alto Apurímac posee el mayor número de lagunas. Asimismo, se ubicada 5 lagunas más extensas con áreas mayores de 600 000 m², que en conjunto representan 67 086 919,6 m² (67,08 km²). Ver Cuadro 15.

Cuadro 15. Lagunas inventariadas por rangos de superficie según cuencas en la cordillera La Raya

Rangos de superficie (m ²)	Alto Apurímac		Azángaro		Pucará		Urubamba		Total			
	Cantidad	Superficie (m ²)	Cantidad	Superficie (m ²)	Cantidad	Superficie (m ²)	Cantidad	Superficie (m ²)	Cantidad	Superficie (m ²)	Superficie (%)	
											Relativo	Acumulado
5 000 – 20 000	24	233 830,14	5	44 219,68	21	223 634,01	11	125 860,84	61	627 544,67	0,86	0,86
20 001 – 40 000	10	297 780,85	1	27 219,59	10	293 712,93	7	194 952,75	28	813 666,12	1,11	1,97
40 001 – 60 000	5	218 091,66	-	-	3	15 9657,5	4	217 037,79	12	594 786,95	0,81	2,78
60 001 – 80 000	6	426 474,43	-	-	3	202 631,11	1	63 366,94	10	692 472,48	0,95	3,73
80 001 – 100 000	2	181 558,08	-	-	-	-	3	273 311,81	5	454 869,89	0,62	4,35
100 001 – 120 000	2	239 675,25	-	-	1	115 183,79	4	456 266,97	7	811 126,01	1,11	5,46
120 001 – 140 000	-	-	-	-	1	133 765,15	1	126 294,22	2	260 059,37	0,36	5,82
200 001 – 250 000	1	236 601,61	-	-	-	-	1	246 006,79	2	48 2608,40	0,66	6,48
250 001 – 300 000	-	-	-	-	-	-	1	250 115,43	1	250 115,43	0,34	6,82
300 001 – 350 000	1	313 856,42	-	-	-	-	-	-	1	313 856,42	0,43	7,25
350 001 – 400 000	-	-	-	-	-	-	1	395 483,75	1	395 483,75	0,54	7,79
400 001 – 450 000	-	-	-	-	1	421 439,28	-	-	1	421 439,28	0,58	8,37
> 600 001	1	686 696,63	-	-	-	-	4	66 400 223,00	5	67 086 919,60	91,63	100,00
Total	52	2 834 565,07	6	71 439,27	40	1 550 023,77	38	68 748 920,29	136	73 204 948,40		
(%)	38,24	3,87	4,41	0,10	29,41	2,12	27,94	93,91				

Se han identificado a 5 lagunas mayores de 500 000 m² (Ver Cuadro 16), la más extensa es la laguna Langui Layo, localizada entre las coordenadas 265097 Este y 8395627 Norte, a una altitud de 3 950 msnm, con dimensiones máximas de 15 511,82 m de longitud, 4 760,07 m de ancho y una superficie de 54 660 639,35 m² (54,66 km²) ubicada en la subcuenca Vilcanota, cuenca del Urubamba.

Cuadro 16. Relación de lagunas con superficie mayor a 500 000 m² en la cordillera La Raya

Nº	Nombre	Norte	Este	Altitud (msnm)	Superficie (m ²)	Cuenca	Subcuenca
1	Cochapata	8433238	228253	3 950	686 696,63	Alto Apurímac	S/N
2	Coñocota	8414259	261405	3 900	860 953,37	Urubamba	Vilcanota
3	Asnacocha	8439719	232103	3 800	2 963 798,11	Urubamba	Vilcanota
4	Pampamarca/Tungasuca	8435799	231894	3 800	7 914 832,17	Urubamba	Vilcanota
5	Langui Layo	8395627	265097	3 950	54 660 639,35	Urubamba	Vilcanota

En el Gráfico 9, se observan las lagunas inventariadas en 10 subcuencas hidrográficas, de las cuales la mayor superficie se encuentra en la subcuenca del Vilcanota, con un número alto de lagunas, pero esta relación es inversa en la subcuenca Alto Apurímac, que hay un alto número de lagunas con menor superficie de espejo de agua.

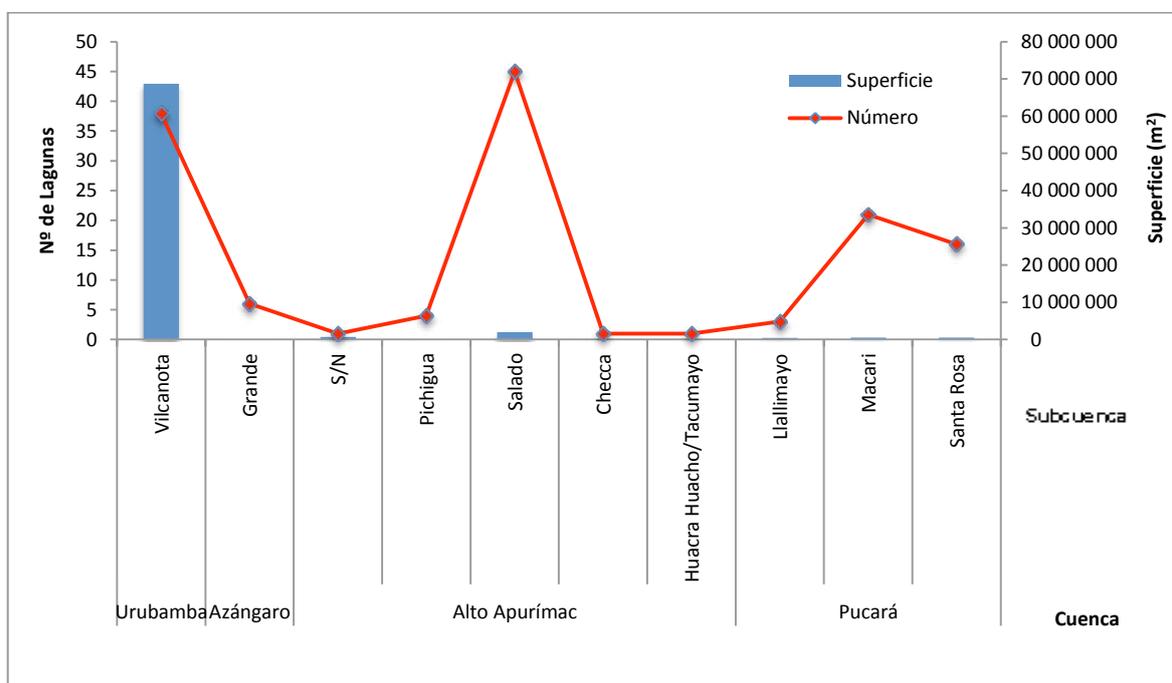


Gráfico 9. Relación de lagunas entre la cantidad y superficie total por subcuencas en la cordillera La Raya

Las cantidades y superficies de lagunas inventariadas por cuencas y subcuencas, se muestran en el Cuadro 17. La cuenca del Alto Apurímac, presenta 5 subcuencas y concentra la mayor cantidad de lagunas. Dentro de ésta, en la subcuenca Salado se ubican 45 lagunas con superficie de 2 010 688,77 m² del área total; mientras que en la subcuenca Vilcanota, cuenca Urubamba, se encuentran 38 lagunas con 68 748 920,29 m².

Cuadro 17. Cantidad y superficie total de lagunas por subcuencas en la cordillera La Raya

Cuenca	Subcuenca	Total			
		Nº	%	m ²	%
Urubamba	Vilcanota	38	27,94	68 748 920,29	93,91
Azángaro	Grande	6	4,41	71 439,27	0,10
Alto Apurímac	S/n	1	0,74	686 696,63	0,94
	Pichigua	4	2,94	114 223,74	0,16
	Salado	45	33,09	2 010 688,77	2,75
	Checca	1	0,74	15 031,41	0,02
	Huacra Huacho/Tacumayo	1	0,74	7 924,52	0,01
Pucará	Llallimayo	3	2,21	459 663,71	0,63
	Macari	21	15,44	510 064,81	0,70
	Santa Rosa	16	11,75	580 295,25	0,78
Total		136	100,00	73 204 948,40	100,00

3.2.3. Variación altitudinal

El Cuadro 18, indica a 136 lagunas de formación proglaciar, distribuidas a partir de 3 500 msnm según los pisos ecológicos. La mayor concentración de lagunas (92,65 %) se encuentran en el piso Puna y según la clasificación altitudinal y pisos ecológicos del IGN (1989), estas lagunas se caracterizan por situarse en una topografía de pendiente moderada a abrupta y con presencia de morrenas. En altitudes superiores a los 4 800 msnm, rango del piso Nival o Janca, se sitúan el 2,94 % del total de lagunas, propensas a clima gélido, neviscas continuas y lluvias; y en el piso Suni con predominio de clima templado se ha inventariado 4,41 % del total.

Cuadro 18. Distribución de lagunas por cuencas según pisos ecológicos en la cordillera La Raya

Cuenca	Pisos ecológicos según rangos altitudinales (msnm)			Total	
	Suni (3500 - 4000)	Puna (4000 - 4800)	Nival o Janca (> 4800)	Cantidad	%
Urubamba	4	30	4	38	27,94
Azángaro	-	6	-	6	4,41
Alto Apurímac	2	50	-	52	38,24
Pucará	-	40	-	40	29,41
Total	6	126	4	136	100,00
(%)	4,41	92,65	2,94	100,00	

En el Gráfico 10, se visualiza la cantidad de lagunas según los pisos ecológicos y cuencas hidrográficas, y se observa que la mayor cantidad de lagunas se ubican en altitudes de 4 000 a 4 800 msnm. En el piso ecológico Puna, la mayor concentración de lagunas se localiza en las cuencas Pucará y Alto Apurímac.

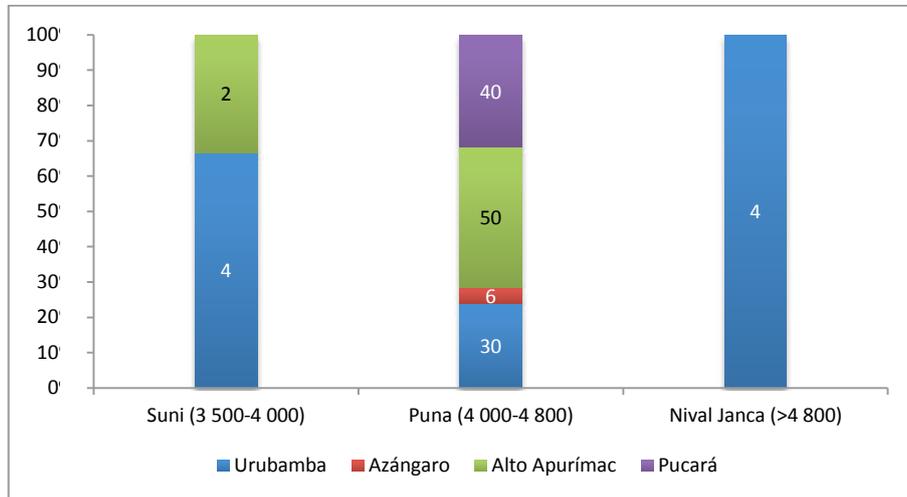


Gráfico 10. Distribución de lagunas según pisos ecológicos en la cordillera La Raya

En el Gráfico 11, se evidencia la distribución escalonada de lagunas que generalmente indican una etapa de estacionamiento glaciar, identificadas en zonas de depresiones con diques de depósitos morrénicos y/o rocosos que en su mayoría están desconectadas de los glaciares que las originaron (Zapata, 2002). Se muestra el perfil, con corte transversal entre las subcuencas de Salado y Macari, en dirección de sur a norte, representando a las lagunas Llactacocho y Porfido.

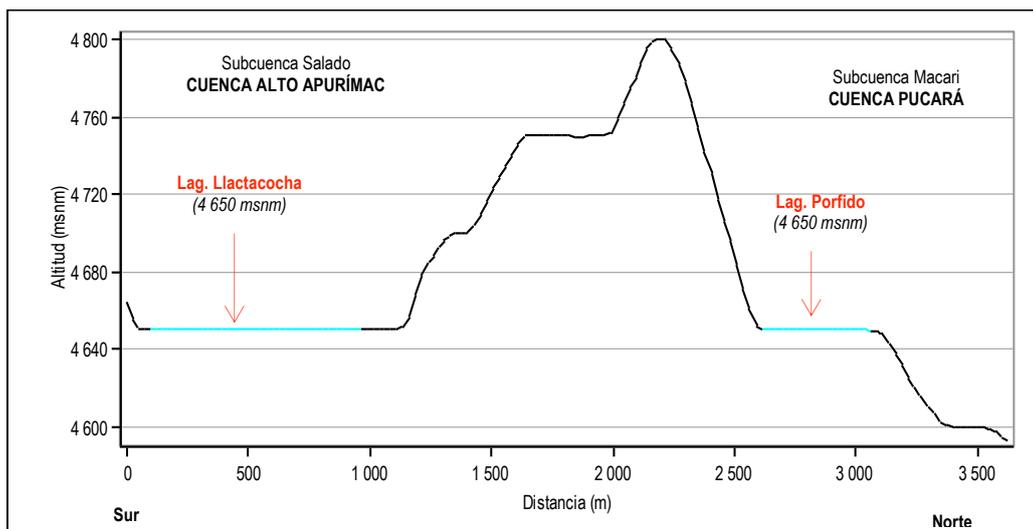


Gráfico 11. Distribución escalonada de lagunas y corte transversal entre las subcuencas Salado y Macari

3.2.4. Variación del régimen de alimentación

En el Gráfico 12, representa la distribución porcentual de lagunas según la fuente de alimentación de cada subcuenca hidrográfica. En la mayoría de lagunas, la fuente de alimentación es netamente pluvial y se encuentran distribuidas en las cuencas de Apurímac y Pucará; mientras, que la subcuenca Vilcanota presenta un alto aporte hídrico Nival a dichas lagunas.

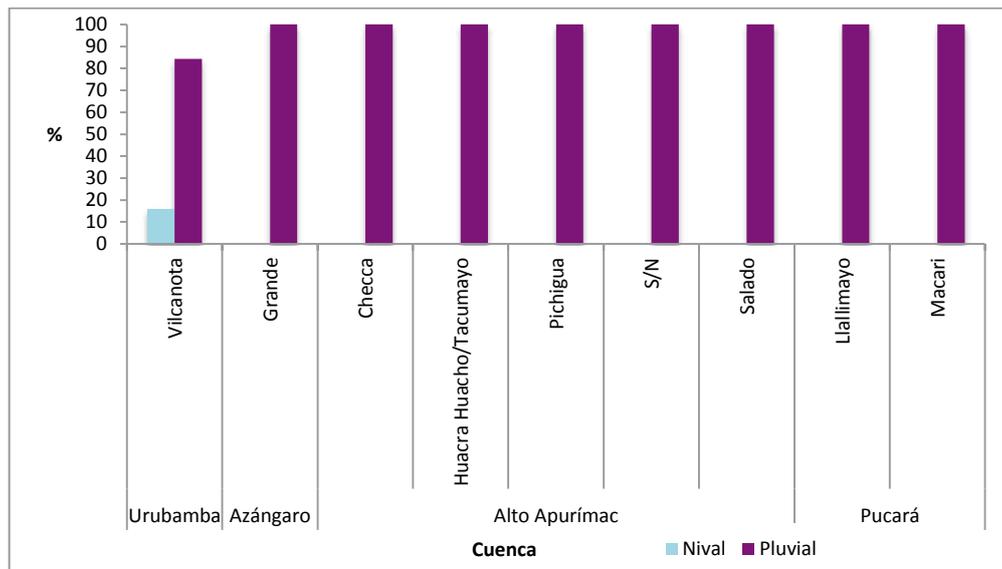


Gráfico 12. Distribución porcentual de lagunas por subcuencas, según fuente de alimentación en la cordillera La Raya

3.2.5. Formación de lagunas nuevas

Las variabilidades climáticas que ocurren en la actualidad y en las altas montañas, especialmente en los glaciares, se han producido procesos de fragmentación y deglaciación, de sus frentes frontales, dando origen a nuevas lagunas. Estas fuentes nuevas, se observaron y comprobaron mediante el análisis de imágenes de satélite Landsat y Aster, sobre una base cartográfica de lagunas inventariadas por la ONERN de 1980.

El Cuadro 19, muestra las nuevas lagunas ubicadas en las cuencas hidrográficas, según intervalo de superficie. En esta cordillera se formaron 6 lagunas nuevas distribuidas en las cuencas de Alto Apurímac con 2 lagunas y Urubamba con 4 lagunas.

Cuadro 19. Cantidad de lagunas nuevas por rangos de superficie en la cordillera La Raya

N°	Cuenca	Rangos de superficie (m ²)		Total	%
		5 000 – 10 000	10 001 – 20 000		
1	Alto Apurímac	2	-	2	33,33
2	Urubamba	1	3	4	66,67
	Total	3	3	6	100,00
	%	50,00	50,00	100,00	

El Cuadro 20, muestra las 3 lagunas nuevas con superficies mayores a los 10 000 m², localizadas únicamente en la subcuenca Vilcanota, cuenca del Urubamba, siendo la laguna de código 4994992-4, con una superficie de 12 971,02 m², cuyas dimensiones máximas son 143,5 m de longitud y 134,92 m de ancho.

Cuadro 20. Cantidad de lagunas nuevas mayores a 10 000 m² en la cordillera La Raya

N°	Nombre	Norte	Este	Altitud (msnm)	Superficie (m ²)	Cuenca	Subcuenca
1	S/N	8405431	258332	4 400	11 247,57	Urubamba	Vilcanota
2	S/N	8386237	281887	4 545	11 651,23	Urubamba	Vilcanota
3	S/N	8413498	281546	5 017	12 971,02	Urubamba	Vilcanota

3.3. CORDILLERA URUBAMBA

3.3.1. Cantidad y superficie de lagunas registradas

El Cuadro 21, indica la superficie y cantidad de lagunas en la presente cordillera. Se identificó un total de 377 lagunas de las cuales 272 fueron inventariadas y 105 no inventariadas por presentar superficies menores a 5 000 m². La superficie total de lagunas inventariadas es de 16 117 368,4 m² (16,12 km²) que representan el 98,12 % con respecto al total, y las no inventariadas presentan una superficie de 315 158,75 m² y constituyen el 1,88 %.

Cuadro 21. Cantidad y superficie de lagunas registradas en la cordillera Urubamba

Vertiente	Cuenca	Inventariada		No inventariada		Total registradas			
		Cantidad	Superficie (m ²)	Cantidad	Superficie (m ²)	Cantidad		Superficie	
						Nº	%	m ²	%
Atlántico	Urubamba	272	16 117 368,42	105	315 158,75	377	100,00	16 432 527,17	100,00
	Total	272	16 117 368,42	105	315 158,75	377	100,00	16 432 527,17	100,00
	(%)	72,15	98,12	27,85	1,88				

En la cordillera Urubamba se ha identificado a la cuenca del mismo nombre perteneciente a la vertiente del Atlántico. El Gráfico 13 muestra la cantidad de lagunas registradas de las cuáles 272 lagunas fueron inventariadas representando el 72,15 % del total, y 105 lagunas no inventariadas que representan el 27,85 % del total de lagunas.

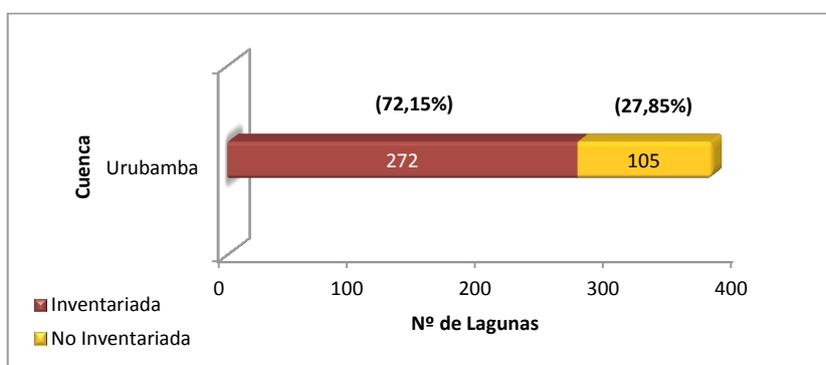


Gráfico 13. Cantidad de lagunas inventariadas y no inventariadas según cuencas en la cordillera Urubamba

3.3.2. Superficie inventariada

El Cuadro 22, señala la distribución de la cantidad de las lagunas por cuencas y rangos superficie, solamente en la cuenca del Urubamba donde la mayor concentración de lagunas se ubican en las superficies de 5 000 a 20 000 m² determinándose un total de 158 lagunas.

Asimismo, se determinó un total de 3 lagunas extensas mayores de 600 000 m² que representan el 47,94 % de la superficie total de lagunas inventariadas.

Cuadro 22. Lagunas inventariadas por rangos de superficie según cuencas en la cordillera Urubamba

Rangos de superficie (m ²)	Urubamba		Total			
	Cantidad	Superficie (m ²)	Cantidad	Superficie (m ²)	Superficie (%)	
					Relativo	Acumulado
5 000 – 20 000	158	1 688 022,55	158	1 688 022,55	10,47	10,47
20 001 – 40 000	55	1 521 848,21	55	1 521 848,21	9,44	19,91
40 001 – 60 000	27	1 295 367,99	27	1 295 367,99	8,04	27,95
60 001 – 80 000	8	527 087,31	8	527 087,31	3,27	31,22
80 001 – 100 000	5	457 133,86	5	457 133,86	2,84	34,06
100 001 – 120 000	2	218 180,49	2	218 180,49	1,35	35,41
120 001 – 140 000	4	546 286,83	4	546 286,83	3,39	38,80
140 001 – 160 000	1	144 058,12	1	144 058,12	0,89	39,69
160 001 – 180 000	3	514 518,86	3	514 518,86	3,19	42,88
180 001 – 200 000	1	185 777,27	1	185 777,27	1,15	44,03
200 001 – 250 000	3	666 130,33	3	666 130,33	4,13	48,16
250 001 – 300 000	1	264 905,74	1	264 905,74	1,64	49,80
350 001 – 400 000	1	364 358,58	1	364 358,58	2,26	52,06
>600 000	3	772 3692,26	3	772 3692,26	47,94	100,00
Total	272	16 117 368,42	272	16 117 368,42	100,00	
%	100,00	100,00				

En el Cuadro 23, se presenta 8 lagunas que concentran superficies mayores a los 200 000 m². La laguna Piuray con coordenadas 821360 Este y 8514819 Norte, ubicada en la altitud de 3 700 msnm, de dimensiones de 2 684,09 m de longitud, 1 457,05 m de ancho y una superficie de 3 330 008,90 m² ubicada en la subcuenca Vilcanota, perteneciente a la cuenca Urubamba es la que presenta la mayor disponibilidad de recurso hídrico.

Cuadro 23. Relación de lagunas con superficie mayor a 200 000 m² en la cordillera Urubamba

Nº	Nombre	Norte	Este	Altitud (msnm)	Superficie (m ²)	Cuenca	Subcuenca
1	Laycamayo	8569588	795474	3 750	200 728,10	Urubamba	Yanatile
2	Azulcocha	8522697	845342	4 100	228 486,40	Urubamba	Vilcanota
3	Jatunranyoc	8568904	800706	3 900	236 915,80	Urubamba	Yanatile
4	Palanganayoc	8570971	799806	3 648	264 905,70	Urubamba	Yanatile
5	Huaysalcocha	8566247	803223	4 100	364 358,60	Urubamba	Yanatile
6	Qoricocha	8512998	830725	4 100	1 274 000,90	Urubamba	Vilcanota
7	Huaypo	8516623	810962	3 550	3 119 682,40	Urubamba	Vilcanota
8	Piuray	8514819	821360	3 700	3 330 008,90	Urubamba	Vilcanota

En el Gráfico 14, se observa que las lagunas inventariadas se encuentran distribuidas en 3 subcuencas hidrográficas pertenecientes a la cuenca del Urubamba, determinándose que la mayor superficie se encuentra en las subcuencas Vilcanota y Yanatile, mientras que la cuenca Yavero presenta menor porcentaje en cantidad y superficie.

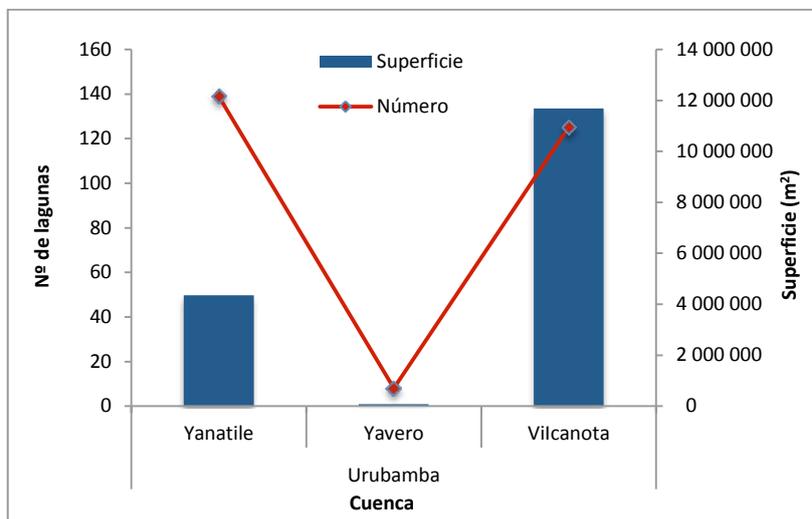


Gráfico 14. Relación de lagunas entre la cantidad y superficie total por subcuencas en la cordillera Urubamba

Las cantidades y superficies de lagunas inventariadas por cuencas y subcuencas se muestran en el Cuadro 24. La mayor cantidad de estas se encuentran en la subcuenca Yanatile con 139 lagunas y 4 351 080,46 m² (4,35 km²) de área.

Cuadro 24. Cantidad y superficie total de lagunas por subcuencas en la cordillera Urubamba

Cuenca	Subcuenca	Total			
		Nº	%	m ²	%
Urubamba	Yanatile	139	51,10	4 351 080,46	27,00
	Yavero	8	2,94	82 248,87	0,51
	Vilcanota	125	45,96	11 684 039,09	72,49
Total		272	100,00	16 117 368,42	100,00

3.3.3. Variación altitudinal

El Cuadro 25 muestra la distribución altitudinal de las lagunas por rangos y según los pisos ecológicos; se ha inventariado 272 lagunas distribuidas a partir de las cotas altitudinales mayores a los 2 300 msnm. La mayor concentración de lagunas se encuentran entre las cotas de 4 000 a 4 800 msnm que corresponden al piso ecológico Puna con 208 lagunas que representan el 76,47 % de la cantidad total en la cordillera, seguida por el piso ecológico Suni entre 3 500 a 4 000 msnm, con 60 lagunas que representan el 22,06 %, por último en los pisos Quechua y Nival o Janca se encuentran cantidades mínimas de lagunas.

Cuadro 25. Distribución de lagunas por cuencas según pisos ecológicos en la cordillera Urubamba

Cuenca	Pisos ecológicos según rangos altitudinales (msnm)				Total	
	Quechua (2 300 - 3 500)	Suni (3 500 - 4 000)	Puna (4 000 - 4 800)	Nival o Janca (> 4 800)	Cantidad	%
Urubamba	1	60	208	3	272	100,00
Total	1	60	208	3	272	100,00
(%)	0,37	22,06	76,47	1,10	100,00	

En el Gráfico 15, muestra los rangos de los pisos ecológicos distribuidos por cuencas hidrográficas y se observa que la mayor concentración de lagunas se ubican en altitudes de 4 000 a 4 800 msnm.

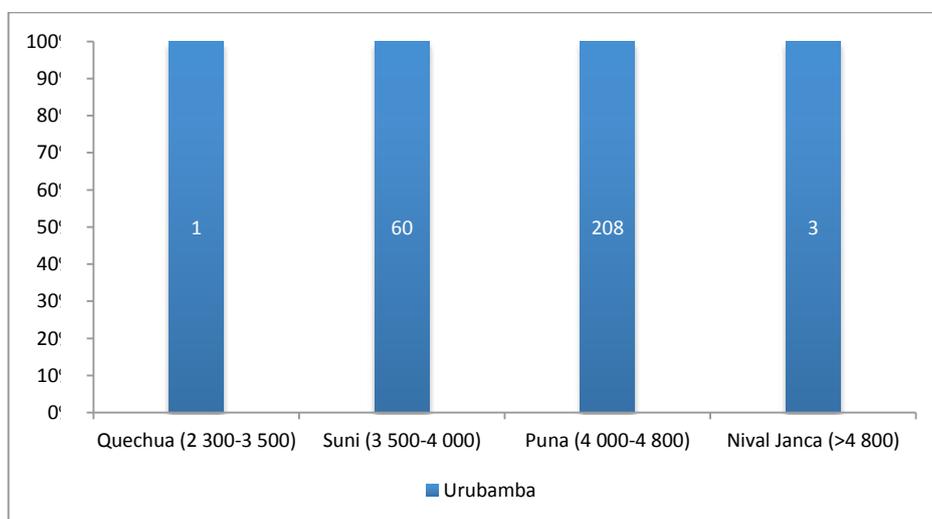


Gráfico 15. Distribución de lagunas según pisos ecológicos en la cordillera Urubamba

En el Gráfico 16, se evidencia la distribución escalonada de lagunas que generalmente indican una etapa de estacionamiento glaciar, identificadas en zonas de depresiones con diques de depósitos morrénicos y/o rocosos que en su mayoría están desconectadas de los glaciares (Zapata, 2002). Se muestra el perfil con corte transversal entre las subcuencas Vilcanota y Yanatile, en dirección de sur a norte, representando a la laguna Azulcocha y la laguna de código nacional 4994969-14.

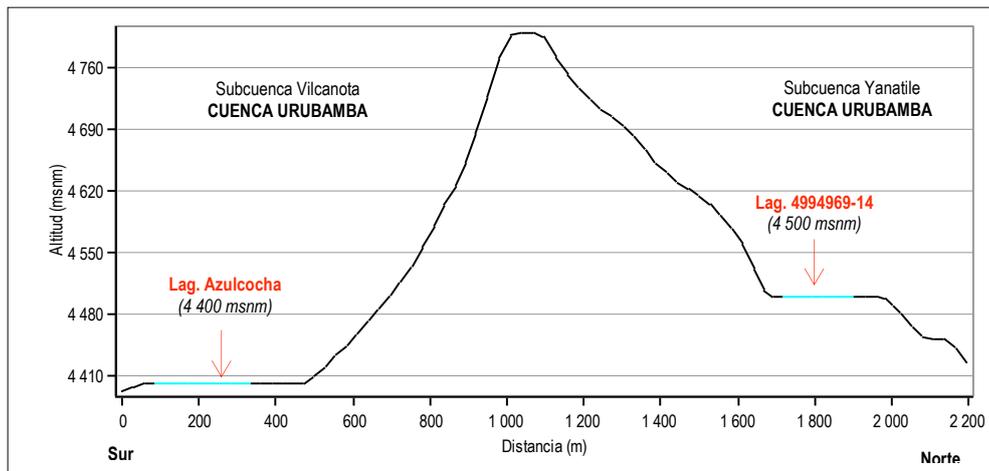


Gráfico 16. Distribución escalonada de lagunas y corte transversal entre las subcuencas Vilcanota y Yanatile

3.3.4. Variación del régimen de alimentación

En el Gráfico 17, se observa la distribución porcentual de lagunas según la fuente de alimentación que ocurre en la cordillera Urubamba; las subcuencas Vilcanota y Yanatile muestran aporte de los tres tipos (pluvial, nival y mixto) que representan importantes aportes de recursos hídricos a las lagunas inventariadas.

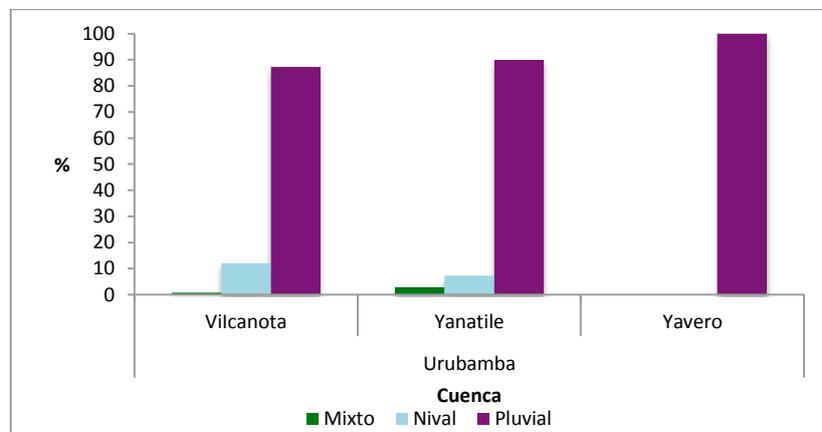


Gráfico 17. Distribución porcentual de lagunas por subcuencas, según fuente de alimentación en la cordillera Urubamba

3.3.5. Formación de lagunas nuevas

Las formaciones de nuevas lagunas en la cordillera Urubamba son procesos continuos, ocurridos por las variaciones climáticas y hacen que los glaciares sufran procesos de fragmentación y deglaciación, y el retroceso de sus frentes va propiciando vasos de agua en zonas morrénicas. La formación de nuevas lagunas se observaron y se compararon mediante el análisis de imágenes de satélite Landsat y Aster, sobre la base cartográfica de lagunas inventariadas por la ONERN (1980).

En el Cuadro 26, se muestran 7 nuevas lagunas que han aparecido en los últimos 40 años, estas se presentan en mayor cantidad en intervalos de superficies de 5 000 a 10 000 m² dentro de la cuenca del Urubamba.

Cuadro 26. Cantidad de lagunas nuevas por rangos de superficie en la cordillera Urubamba

N°	Cuenca	Rangos de superficie (m ²)				Total	%
		5 000 - 10 000	10 001 - 20 000	20 001 - 30 000	50 000 - 60 000		
1	Urubamba	4	1	1	1	7	100,00
	Total	4	1	1	1	7	100,00
	%	57,13	14,29	14,29	14,29	100,00	

El Cuadro 27, muestra las 2 lagunas nuevas con superficies mayores a los 15 000 m², localizadas en las subcuencas Yanatile y Vilcanota; siendo la laguna nueva inventariada como la más grande de código nacional 4994977-24 con una superficie de 55 115,57 m² cuyas dimensiones máximas son 540,16 m de largo y 203,50 m de ancho.

Cuadro 27. Cantidad de lagunas nuevas mayores a 15 000 m² en la cordillera Urubamba

N°	Nombre	Norte	Este	Altitud (msnm)	Superficie (m ²)	Cuenca	Subcuenca
1	S/N	8561338	800989	4 670	28 085,75	Urubamba	Yanatile
2	S/N	8537467	824496	4 550	55 115,57	Urubamba	Vilcanota

En el Cuadro 28, se observa la cantidad de lagunas en contacto glaciar, considerados de tipo proglaciar (Ames y Francou. 1995). Esto evidencia que a causa del retroceso glaciar se han originado la formación de nuevas lagunas, particularmente en el frente glaciar, las cuales evolucionan gradualmente en el tiempo, influenciadas por variaciones climáticas que afectan directamente la dinámica glaciar. Por ejemplo, la laguna con código nacional 4994964-6 que representa la mayor superficie de 28 085,75 m². Desde el punto de vista de seguridad, es importante registrar las lagunas que aun mantienen un contacto directo con el frente glaciar por presentar una posible amenaza potencial (Zapata, 2002).

Cuadro 28. Registro de lagunas en contacto glaciar en la cordillera Urubamba

Código de laguna	Nombre	UTM		Ubicación política			Altitud (msnm)	Superficie (m ²)	Longitud máxima (m)	Ancho máximo (m)
		Este	Norte	Región	Provincia	Distrito				
4994964-6	S/N	800989	8561338	Cusco	La Convención	Ocobamba	4670	28 085,75	400,93	111,40
4994977-14	S/N	817302	8537363	Cusco	Urubamba	Urubamba	4841	7 845,96	118,59	84,22

3.4. CORDILLERA VILCABAMBA

3.4.1. Cantidad y superficie de lagunas registradas

La superficie total de lagunas inventariadas y no inventariadas son de 5 037 528,28 m² (5,04 km²) en total. Las lagunas inventariadas tienen una superficie de 4 700 273,94 m² (4,70 km²) que representan 93,31 % y las lagunas no inventariadas ocupan una superficie de 337 254,34 m² (0,34 km²) y representan 6,69 % de la superficie total. Ver Cuadro 29.

Así mismo, la mayor superficie de las lagunas inventariadas y no inventariadas se ubican en la cuenca hidrográfica de Urubamba con 3 202 005,4 m² (3,20 km²) y representa el 63,56 % de la superficie total, la cuenca de Alto Apurímac es la que concentra la menor área con 862 473,73 m² (0,86 km²) y representa el 17,12 % de la superficie total.

Cuadro 29. Cantidad y superficie de lagunas registradas en la cordillera Vilcabamba

Vertiente	Cuenca	Inventariada		No inventariada		Total registradas			
		Cantidad	Superficie (m ²)	Cantidad	Superficie (m ²)	Cantidad		Superficie	
						Nº	%	m ²	%
Atlántico	Urubamba	96	2 995 125,02	76	206 880,38	172	60,56	3 202 005,40	63,56
	Bajo Apurímac	29	938 834,53	10	34 214,62	39	13,74	973 049,15	19,32
	Alto Apurímac	37	766 314,39	36	96 159,34	73	25,70	862 473,73	17,12
Total		162	4 700 273,94	122	337 254,34	284	100,00	5 037 528,28	100,00
(%)		57,04	93,31	42,96	6,69				

En el Gráfico 18, se muestra la distribución espacial de las lagunas registradas por cuencas hidrográficas, determinándose que la mayor concentración de lagunas inventariadas se encuentra en la cuenca del Urubamba con 96 lagunas y una superficie de 2 995 125, 02 m² (2,99 km²), y 76 lagunas no inventariadas ocupando una área de 206 880,38 m², la cuenca del Alto Apurímac presenta 37 lagunas con área de 766 314,39 m² (0,76 km²), las no inventariadas con 36 lagunas ocupan una área de 96 159,34 m² (0,09 km²), y la cuenca del Bajo Apurímac contiene 29 lagunas con un área de 938 834,53 m² (0,94 km²) y las no inventariadas 10 ocupando un área de 34 214,62 m² (0,03 km²).

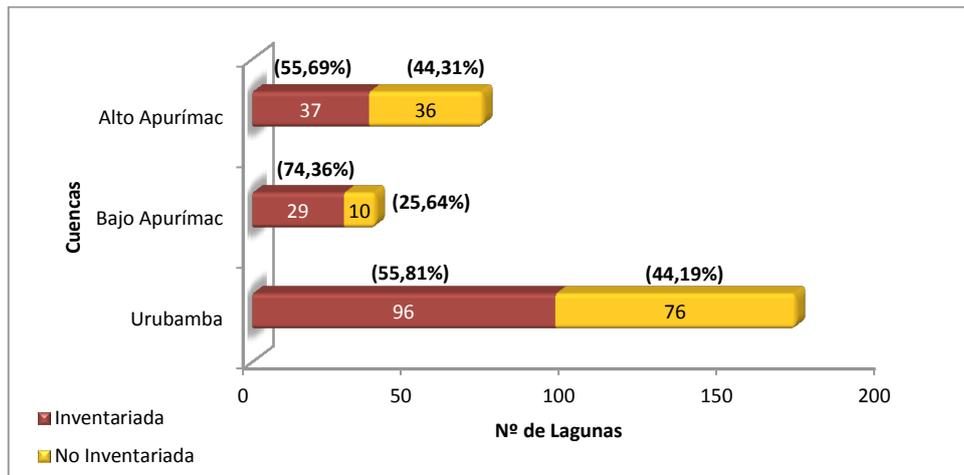


Gráfico 18. Cantidad de lagunas inventariadas y no inventariadas según cuencas en la cordillera Vilcabamba

3.4.2. Superficie inventariada

E Gráfico 19, muestra las superficies de las lagunas de la cordillera Vilcabamba, en la que la cuenca del Urubamba presenta la mayor superficie de lagunas inventariadas con 2 995 125,02 m² (2,99 km²) y representa el 59,25 % del total y la cuenca del Alto Apurímac es la que presenta la menor superficie 766 314,39 (0,77 km²) ocupando 16,30 % del área total.

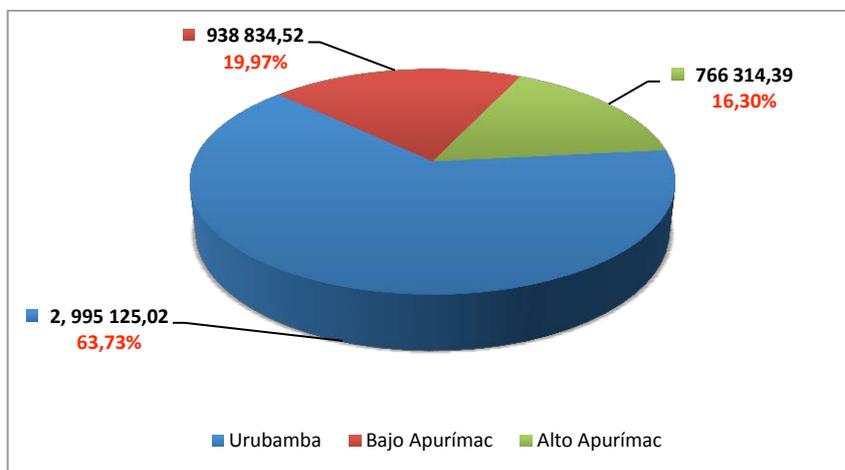


Gráfico 19. Superficie total de lagunas inventariadas por cuencas en la cordillera Vilcabamba

En el ámbito de la cordillera Vilcabamba 162 lagunas inventariadas aportan recursos hídricos que son distribuidas en tres cuencas hidrográficas y dentro de estas la cuenca del Urubamba presenta mayor disponibilidad hídrica porque ocupa mayor superficie total con 2 995 125,02 m² (2,99 km²).

Cuadro 30. Lagunas inventariadas por rangos de superficie según cuencas en la cordillera Vilcabamba

Rangos de superficie (m ²)	Alto Apurímac		Bajo Apurímac		Urubamba		Total			
	Cantidad	Superficie (m ²)	Cantidad	Superficie (m ²)	Cantidad	Superficie (m ²)	Cantidad	Superficie (m ²)	Superficie (%)	
									Relativo	Acumulado
5 000 – 20 000	25	253 944,72	19	174 138,56	54	577 720,31	98	1 005 803,60	21,40	21.40
20 001 – 40 000	7	209 454,16	5	154 181,23	21	595 115,88	33	958 751,28	20,40	41.80
40 001 – 60 000	4	199 456,02	1	50 721,25	10	458 531,96	15	708 709,22	15,08	56.88
60 001 – 80 000	-	-	1	76 299,31	5	333 660,54	6	409 959,85	8,72	65.60
80 001 – 100 000	-	-	1	90 765,06	1	94 266,37	2	185 031,43	3,94	69.54
100 001 – 120 000	1	103 459,49	1	11 245,39	1	116 408,61	3	332 320,48	7,07	76.61
140 001 – 160 000	-	-	-	-	3	461 120,95	3	461 120,95	9,81	86.42
250 001 – 300 000	-	-	1	280 276,73	-	-	1	280 276,73	5,96	92.38
350 001 – 400 000	-	-	-	-	1	358 300,40	1	358 300,40	7,62	100,00
Total	37	766 314,39	29	938 834,53	96	2 995 125,02	162	4 700 273,94		
(%)	22,84	16,30	17,90	19,97	59,26	63,73				

En el Cuadro 31, se presentan 4 lagunas con superficies mayores a 150 000 m² distribuidas por cuenca hidrográficas. La cuenca del Urubamba, subcuenca del Vilcanota, tiene 3 lagunas. Asimismo, la laguna Coyllorcocha es importante por tener mayor superficie de 358 300,40 m² (0,36 km²) con coordenadas 744787 Este y 8545512 Norte a una altitud de 4 241 msnm, dimensiones de 909,89 m de longitud y 674,42 m de ancho.

Cuadro 31. Relación de lagunas con superficie mayor a 150 000 m² en la cordillera Vilcabamba

Nº	Nombre	Norte	Este	Altitud (msnm)	Superficie (m ²)	Cuenca	Subcuenca
1	Llaspay	8548402	750312	3 900	153 291,50	Urubamba	Vilcanota
2	Asnacocha	8547479	745001	4 100	157 922,68	Urubamba	Vilcanota
3	Parcoy	8547253	706739	3 750	280 276,73	Bajo Apurímac	Pampaconas
4	Coyllorcocha	8545512	744787	4 241	358 300,40	Urubamba	Vilcanota

En la cordillera Urubamba las lagunas inventariadas se distribuyen en subcuencas y se ubican en tres cuencas hidrográficas: la subcuenca del Vilcanota, cuenca del Urubamba, presenta la mayor superficie y cantidad de lagunas, representando 2 901 049,86 m² (2,90 km²) que es equivalente al 56,17%. Ver Cuadro 32.

Cuadro 32. Cantidad y superficie total de lagunas por subcuencas en la cordillera Vilcabamba

Cuenca	Subcuenca	Total			
		Nº	%	m ²	%
Urubamba	Vilcanota	91	56,17	2 901 049,86	61,72
	Cushireni	5	3,09	94 075,16	2,00
Bajo Apurímac	Pampaconas	18	11,11	765 378,08	16,28
	S/N	11	6,79	173 456,45	3,69
Alto Apurímac	S/N	6	3,70	155 102,15	3,30
	Pachachaca	4	2,47	101 033,02	2,15
	Arma	7	4,32	142 556,01	3,03
	Berbejo	4	2,47	97 173,04	2,07
	Pabellon	1	0,62	5 168,55	0,11
	Yanama	12	7,41	242 964,56	5,17
	Abuela	2	1,23	14 613,47	0,31
	Intercuenca Apurímac	1	0,62	7 703,60	0,17
Total		162	100,00	4 700 273,94	100,00

La cantidad total de lagunas por subcuencas: Vilcanota con 91 lagunas y es la que posee la mayor cantidad y representa el 56,17 %, Pampaconas con 18 lagunas que representa el 11,11 %, mientras que la cuenca del Alto Apurímac presenta la menor cantidad de lagunas de todas las subcuencas y por lo tanto presenta un mínimo aporte hídrico (Ver Gráfico 20).

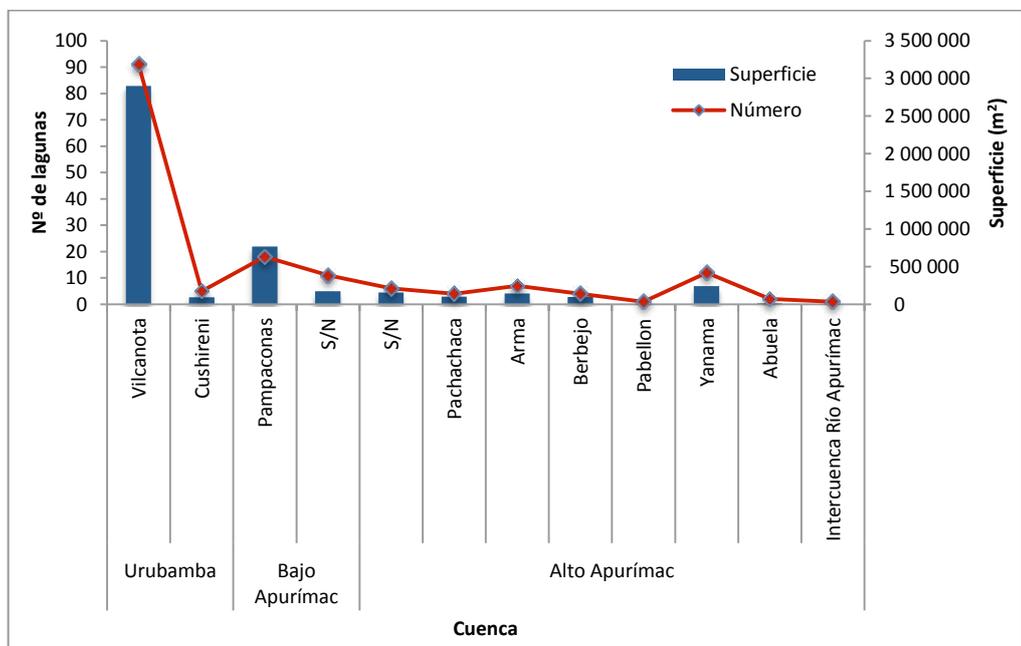


Gráfico 20. Relación de lagunas entre la cantidad y superficie total por subcuencas en la cordillera Vilcabamba

3.4.3. Variación altitudinal

El Cuadro 33, muestra las 162 lagunas inventariadas de origen glaciar y se encuentran distribuidas espacialmente a partir de las cotas superiores a los 3 500 msnm. La mayor concentración de lagunas se ubican de 4 000 a 4 800 msnm con 139 lagunas.

Además, en el Cuadro 33, se observan las lagunas distribuidas por pisos ecológicos de acuerdo a la clasificación altitudinal del IGN. En el piso ecológico Puna se sitúa el 85,80 % del total de lagunas situadas en zonas de pendientes de moderada a abrupta con presencia de morrenas. En el piso ecológico Nival o Janca se presenta el 1,24 % del total de lagunas en altitudes mayores a 4 800 msnm predominando el paisaje con elevadas pendientes, clima gélido y lluvias; el piso ecológico Suni representa el 12,96 % del total de lagunas que se encuentran entre las cotas altitudinales de 3 500 a 4 000 msnm de topografía variada con predominio de clima templado.

Cuadro 33. Distribución de lagunas por cuencas según pisos ecológicos en la cordillera Vilcabamba

Cuenca	Pisos ecológicos según rangos altitudinales (msnm)			Total	
	Suni (3 500 - 4 000)	Puna (4 000 - 4 800)	Nival o Janca (> 4 800)	Cantidad	%
Urubamba	14	81	1	96	59,26
Bajo Apurímac	6	23	-	29	17,90
Alto Apurímac	1	35	1	37	22,84
Total	21	139	2	162	100,00
(%)	12,96	85,80	1,24	100,00	

En el Gráfico 21, se observa la distribución de lagunas según los rangos de los pisos ecológicos y cuencas hidrográficas: la mayor cantidad de lagunas se presentan en altitudes de 4 000 a 4 800 msnm. La mayor concentración de lagunas se encuentra en las cuencas Urubamba y Alto Apurímac en el piso ecológico Puna.

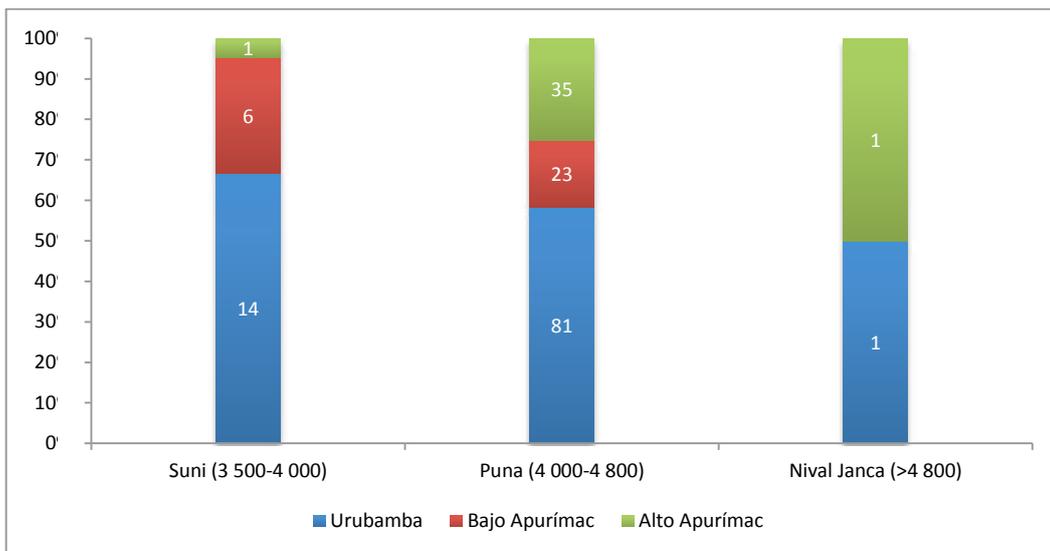


Gráfico 21. Distribución de lagunas según pisos ecológicos en la cordillera Vilcabamba

En el Gráfico 22, se evidencia la distribución escalonada de lagunas que generalmente indican una etapa de estacionamiento glaciar, identificadas en zonas de depresiones, con diques de depósitos morrénicos y/o rocosos que en su mayoría están desconectadas de los glaciares que las originaron (Zapata, 2002). Se muestra el perfil, con corte transversal entre las subcuencas de Cushireni y Arma en dirección de sur a norte, representando a las lagunas de códigos nacionales 4994949-1 y 999329-1.

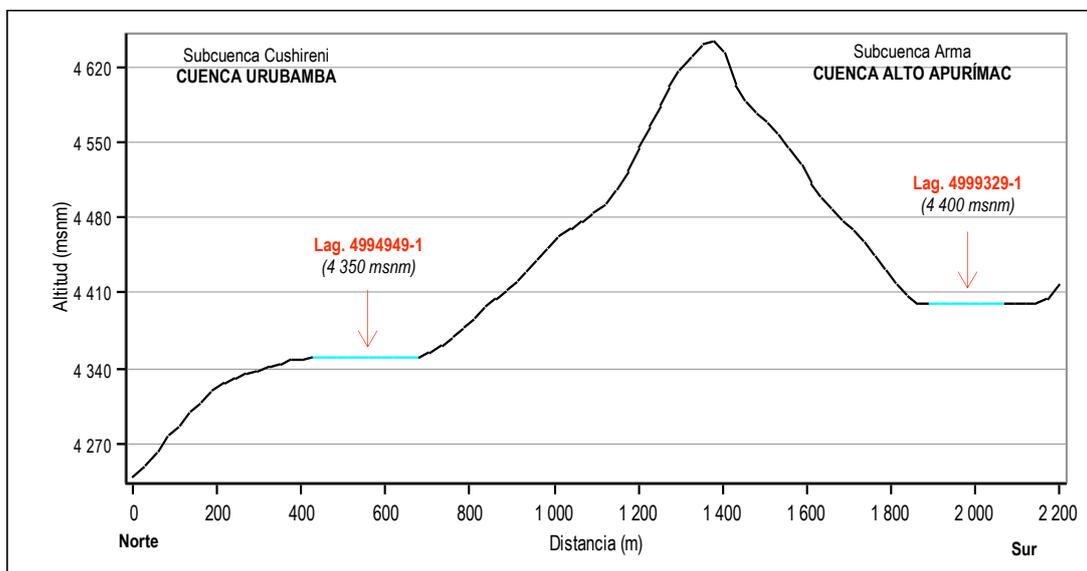


Gráfico 22. Distribución escalonada de lagunas y corte transversal entre las subcuencas Cushireni y Arma

3.4.4. Variación del régimen de alimentación

En el Gráfico 23, se muestra la distribución porcentual de la cantidad total de lagunas según fuente de alimentación. Se ha determinado que las lagunas identificadas en las subcuencas de esta cordillera presentan alimentación predominantemente pluvial y nival.

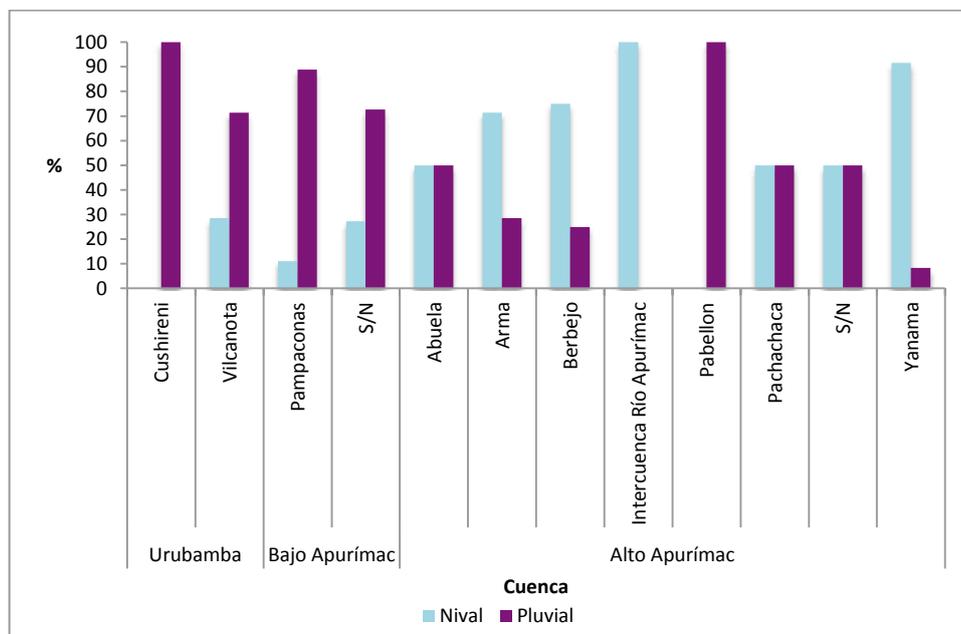


Gráfico 23. Distribución porcentual de lagunas por subcuencas, según fuente de alimentación en la cordillera Vilcabamba

3.4.5. Formación de lagunas nuevas

Los glaciares son los indicadores más susceptibles a los efectos de los cambios climáticos, estas variaciones forman lagunas de origen glaciar debido al acelerado retroceso glaciar ocurrido desde 1980 (Francou et al., 1995).

De los últimos inventarios realizados por la UGRH-ANA se comprueban una mayor cantidad de lagunas ubicadas en las cordilleras nevadas; estas nuevas lagunas se originaron debido al retroceso glaciar producidas por la variabilidad climática y algunas representan un riesgo y también son suministros de agua en los diferentes usos como: poblacional, agrícola e industrial.

En el Cuadro 34, se muestra las 18 nuevas lagunas inventariadas de esta cordillera, distribuidas en diferentes cuencas hidrográficas, destacándose la mayor concentración en la cuenca del Alto Apurímac con un total de 9 lagunas nuevas ocupando el 50,00 % del total, por otro lado la cuenca del Urubamba presenta 8 lagunas nuevas ocupando el 44,44 %.

Cuadro 34. Cantidad de lagunas nuevas por rangos de superficie en la cordillera Vilcabamba

N°	Cuenca	Rangos de superficie (m ²)				Total	%
		5 000 – 10 000	10 001 – 20 000	20 001 – 30 000	30 001 – 40 000		
1	Alto Apurímac	5	1	2	1	9	50,00
2	Bajo Apurímac	1	-	-	-	1	5,56
3	Urubamba	3	4	1	-	8	44,44
Total		9	5	3	1	18	100,00
%		50,00	27,78	16,67	5,55	100,00	

El Cuadro 35, muestra las lagunas nuevas con superficies mayores a los 15 000 m², localizadas en las diferentes cuencas y subcuencas hidrográficas. La cuenca del Alto Apurímac, subcuenca Berbejo, presenta la laguna nueva de mayor tamaño con código nacional 4999362-3, superficie de 34 371,55 m² y dimensiones de 504,15 m de longitud y 92,64 m de ancho.

Cuadro 35. Cantidad de lagunas nuevas mayores a 15 000 m² en la cordillera Vilcabamba

N°	Nombre	Coordenadas		Altitud (msnm)	Superficie (m ²)	Cuenca	Subcuenca
		Norte	Este				
1	S/N	8534888	739029	4 479	17 754,30	Urubamba	Vilcanota
2	S/N	8526399	767457	4 550	23 420,37	Urubamba	Vilcanota
3	S/N	8523511	738039	4 772	24 381,23	Alto Apurímac	Yanama
4	S/N	8527271	737487	4 723	25 813,57	Alto Apurímac	Yanama
5	S/N	8522735	765971	4 750	34 371,55	Alto Apurímac	Berbejo

En el Cuadro 36, se observa la cantidad de lagunas en contacto glaciar, considerados de tipo proglaciar (Ames y Francou, 1995) y de tipo supraglaciar. Esto evidencia que a causa del retroceso glaciar se han formado nuevas lagunas, particularmente en el frente glaciar, las cuales evolucionan gradualmente en el tiempo, influenciadas por variaciones climáticas que afectan directamente la dinámica glaciar. Por ejemplo, la laguna con código nacional 4999349-2 que representa la mayor superficie de 25 813,57 m² (0,02 km²). Desde el punto de vista de seguridad, es importante registrar las lagunas que aun mantienen un contacto directo con el frente glaciar por presentar una posible amenaza potencial (Zapata, 2002).

Cuadro 36. Registro de lagunas en contacto glaciar en la cordillera Vilcabamba

Código de laguna	Nombre	UTM		Ubicación política			Altitud (msnm)	Superficie (m ²)	Longitud máxima (m)	Ancho máximo (m)
		Este	Norte	Región	Provincia	Distrito				
4994974-31	S/N	739029	8534888	Cusco	La Convención	Santa Teresa	4479	17 754,30	179,18	149,78
4994974-32	S/N	741185	8539103	Cusco	La Convención	Santa Teresa	4531	6 650,44	104,06	93,04
4994975-5	S/N	782621	8528913	Cusco	Urubamba	Ollantaytambo	4836	14 480,40	207,75	106,57
4999347-1	S/N	731897	8530674	Cusco	La Convención	Santa Teresa	4679	11 600,53	142,71	109,71
4999349-2	S/N	737487	8527271	Cusco	La Convención	Santa Teresa	4723	25 813,57	270,17	162,25
4999349-5	S/N	739358	8523825	Cusco	La Convención	Santa Teresa	4829	7 806,66	104,83	104,10
4999362-2	S/N	764606	8523119	Cusco	Anta	Mollepata	4536	5 155,39	92,63	71,78
Total								89 261,29		

3.5. CORDILLERA VOLCÁNICA

3.5.1. Cantidad y superficie de lagunas registradas

El Cuadro 37, muestra la cantidad y superficie de lagunas que fueron registradas en ésta cordillera, de un total de 25 lagunas: 15 fueron inventariadas alcanzando una superficie de 1 167 941,54 m² (1,16 km²) y representa 98,13 % del total. Asimismo 10 lagunas no se inventariaron por tener áreas menores a 5 000 m² estas ocupan una superficie total de 22 198,24 m² (0,02 km²) y representa el 1,87 % del total.

Cuadro 37. Cantidad y superficie de lagunas registradas en la cordillera Volcánica

Vertiente	Cuenca	Inventariada		No inventariada		Total			
		Cantidad	Superficie (m ²)	Cantidad	Superficie (m ²)	Cantidad		Superficie	
						Nº	%	m ²	%
Pacífico	Quilca - Vitor - Chili	12	1 113 361,58	4	10 750,46	16	64,00	1 124 112,04	94,45
	Tambo	3	54 579,96	6	11 447,78	9	36,00	66 027,74	5,55
Total		15	1 167 941,54	10	22 198,24	25	100,00	1 190 139,78	100,00
%		60,00	98,13	40,00	1,87				

En el Gráfico 24, se muestra la cantidad total de lagunas registradas distribuidas por cuencas hidrográficas: En la cuenca Quilca-Vitor-Chili, se determinó la mayor concentración de lagunas con 12 inventariadas y 4 no inventariadas; mientras la cuenca Tambo, presenta 3 lagunas inventariadas (20,00 %) del total.

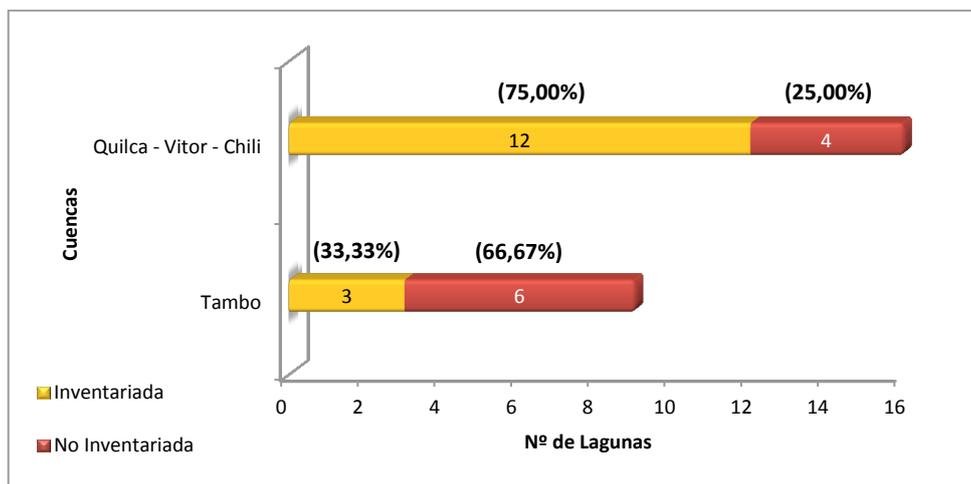


Gráfico 24. Cantidad de lagunas inventariadas y no inventariadas según cuencas en la cordillera Volcánica

3.5.2. Superficie inventariada

El Gráfico 25, muestra las superficies de lagunas de la cordillera Volcánica; en la cuenca Quilca-Vitor-Chili predomina la mayor cantidad de superficie de lagunas inventariadas con 1 113 361,58 m² y representa el 95,33 % del total, mientras que la menor superficie inventariadas se encuentra en la cuenca Tambo con 54 579,96 m² que es el 4,67 % del total.

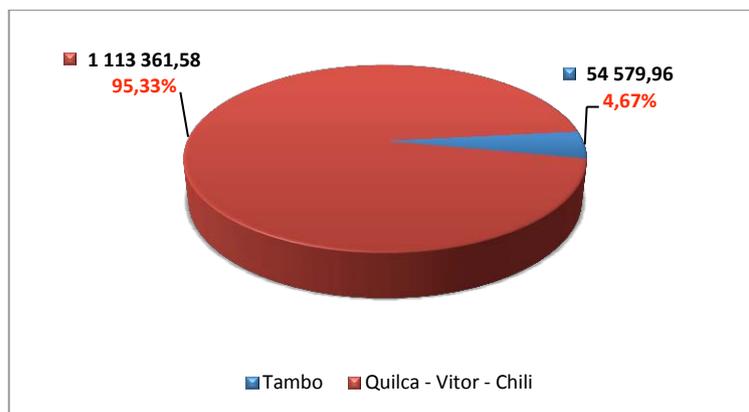


Gráfico 25. Superficie total de lagunas inventariadas por cuencas en la cordillera Volcánica

En el Cuadro 38, se muestra la distribución de la superficie inventariada por cuencas y rangos, se observa que en la cordillera Volcánica la mayor cantidad de lagunas tienen superficies de 5 000 a 20 000 m².

Cuadro 38. Lagunas inventariadas por rangos de superficie según cuencas en la cordillera Volcánica

Rangos de superficie (m ²)	Quilca - Vitor - Chili		Tambo		Total			
	Cantidad	Superficie (m ²)	Cantidad	Superficie (m ²)	Cantidad	Superficie (m ²)	Superficie (%)	
							Relativo	Acumulado
5 000 – 20 000	6	73 575,37	2	30 041,95	8	103 617,32	8,87	8,87
20 001 – 40 000	-	-	1	24 538,01	1	24 538,01	2,10	10,97
40 001 – 60 000	1	45 995,46	-	-	1	45 995,46	3,94	14,91
140 001 – 160 000	1	140 207,33	-	-	1	140 207,33	12,00	26,91
160 001 – 180 000	1	175 596,92	-	-	1	175 596,92	15,03	41,94
180 001 – 200 000	1	189 189,71	-	-	1	189 189,71	16,20	58,14
200 001 – 250 000	2	488 796,79	-	-	2	488 796,79	41,86	100,00
Total	12	1 113 361,58	3	54 579,96	15	1 167 941,54		
%	80,00	95,33	20,00	4,67				

En el Cuadro 39, se presentan las lagunas que concentran superficies mayores a los 150 000 m². En esta cordillera se ha identificado un total de 4 lagunas y la de mayor dimensión es la laguna con código nacional 13279-1 localizada entre las coordenadas 250707 Este y 8205827 Norte a una altitud de 3 750 msnm, con dimensiones de 1 728,46 m de longitud, 267,39 m de ancho y una superficie de 244 988,33 m² (0,24 km²) ubicada en la intercuenca Quilca-Vitor-Chili.

Cuadro 39. Relación de lagunas con superficie mayor a 170,000 m² en la cordillera Volcánica

Nº	Nombre	Norte	Este	Altitud (msnm)	Superficie (m ²)	Cuenca	Subcuenca
1	Cochapata	8228710	274091	4 581	175 596,92	Quilca - Vitor - Chili	Blanco
2	Jancococota	8246283	246026	4 325	189 189,71	Quilca - Vitor - Chili	Chaupichimpanamayo
3	Orcococha	8218157	296422	4 700	243 808,46	Quilca - Vitor - Chili	Blanco
4	S/N	8205827	250707	3 750	244 988,33	Quilca - Vitor - Chili	Intercuenca Quilca-Victor-Chili

En el Gráfico 26, se observa a las lagunas inventariadas, ubicadas en 7 subcuencas hidrográficas, de las cuales la mayor superficie y cantidad de lagunas se encuentran en la subcuenca Blanco.

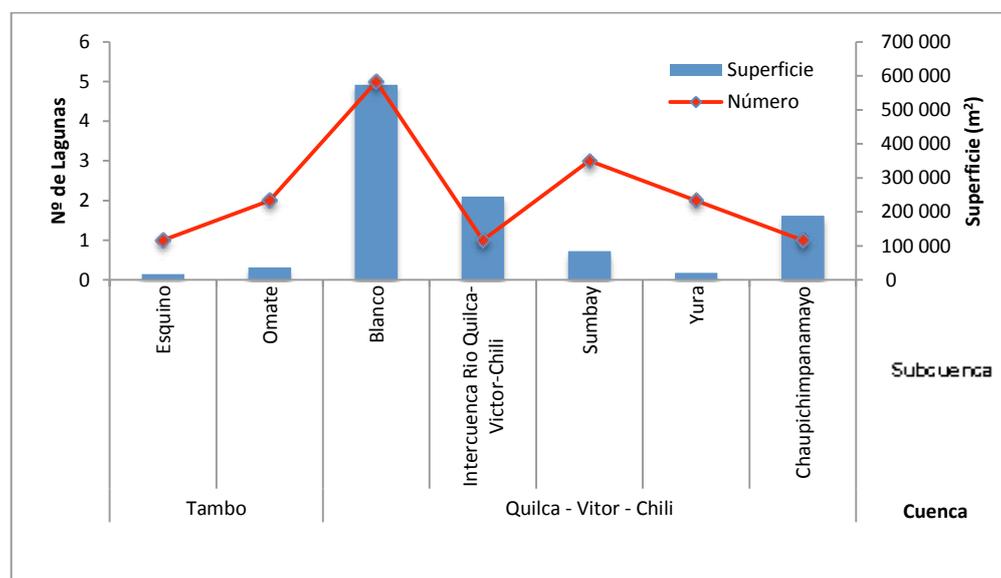


Gráfico 26. Relación de lagunas entre la cantidad y superficie total por subcuencas en la cordillera Volcánica

Las cantidades y superficies de lagunas inventariadas distribuidas por cuencas y subcuencas se muestran en el Cuadro 40. La cuenca Quilca-Vitor-Chili concentra la mayor cantidad de lagunas, dentro de ésta, la subcuenca Blanco presenta 5 lagunas con superficie de 574 206,60 m² (0,57 km²) del total, mientras que en la cuenca hidrográfica Tambo se encuentran 3 lagunas con 54 579,96 m² (0,05 km²).

Cuadro 40. Cantidad y superficie total de lagunas por subcuencas en la cordillera Volcánica

Cuenca	Subcuenca	Total			
		Nº	%	m ²	%
Tambo	Esquino	1	6,67	17 351,15	1,49
	Omate	2	13,33	37 228,81	3,19
Quilca - Vitor - Chili	Blanco	5	33,33	574 206,60	49,16
	Intercuenca Quilca-Victor-Chili	1	6,67	244 988,33	20,98
	Sumbay	3	20,00	84 373,58	7,22
	Yura	2	13,33	20 603,36	1,76
	Chaupichimpanamayo	1	6,67	189 189,71	16,20
Total		15	100,0	1 167 941,54	100,0

3.5.3. Variación altitudinal

En el Cuadro 41, se muestra la distribución altitudinal de las lagunas según los rangos de pisos ecológicos. De acuerdo a la dicha clasificación la cordillera Volcánica concentra 15 lagunas, las cuales se distribuyen de la siguiente manera: 13 lagunas se encuentran en el Piso Puna (86,6 %), 1 laguna en el Piso Nival o Janca (6,7 %) y 1 laguna en el Piso Suni (6,7 %).

Cuadro 41. Distribución de lagunas por cuencas según pisos ecológicos en la cordillera Volcánica

Cuenca	Pisos ecológicos según rangos altitudinales (msnm)			Total	
	Suni (3 500 - 4 000)	Puna (4 000 - 4 800)	Nival o Janca (> 4 800)	Cantidad	%
Tambo	-	3	-	3	20,00
Quilca - Vitor - Chili	1	10	1	12	80,00
Total	1	13	1	15	100,00
(%)	6,67	86,67	6,66	100,00	

En el Gráfico 27, se visualiza la cantidad de lagunas distribuidos según los pisos ecológicos y cuencas hidrográficas. En las cuencas hidrográficas Tambo y Quilca-Vitor-Chili, se encuentran la mayor cantidad de lagunas en el piso ecológico Puna, entre los rangos altitudinales de 4 000 a 4 800 msnm.

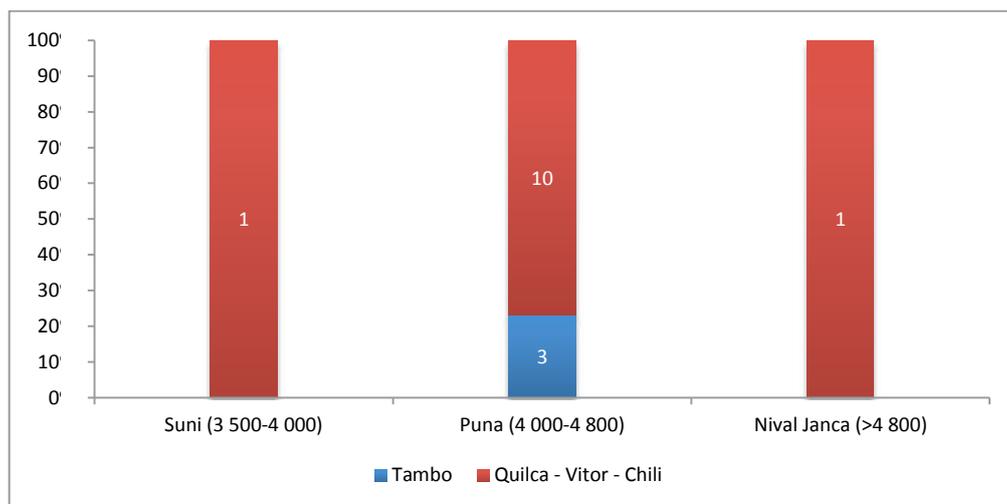


Gráfico 27. Distribución de lagunas según pisos ecológicos en la cordillera Volcánica

En el Gráfico 28, se evidencia la distribución escalonada de lagunas que generalmente indican una etapa de estacionamiento glaciar identificadas en zonas de depresiones con diques de depósitos morrénicos y/o rocosos que en su mayoría están desconectadas de los glaciares que las originaron (Zapata, 2002). Se muestra el perfil, con corte transversal entre las subcuencas de San Blanco y Sumbay, en dirección de sur a norte, representando a las lagunas Cairanicocha y Chinacochoa.

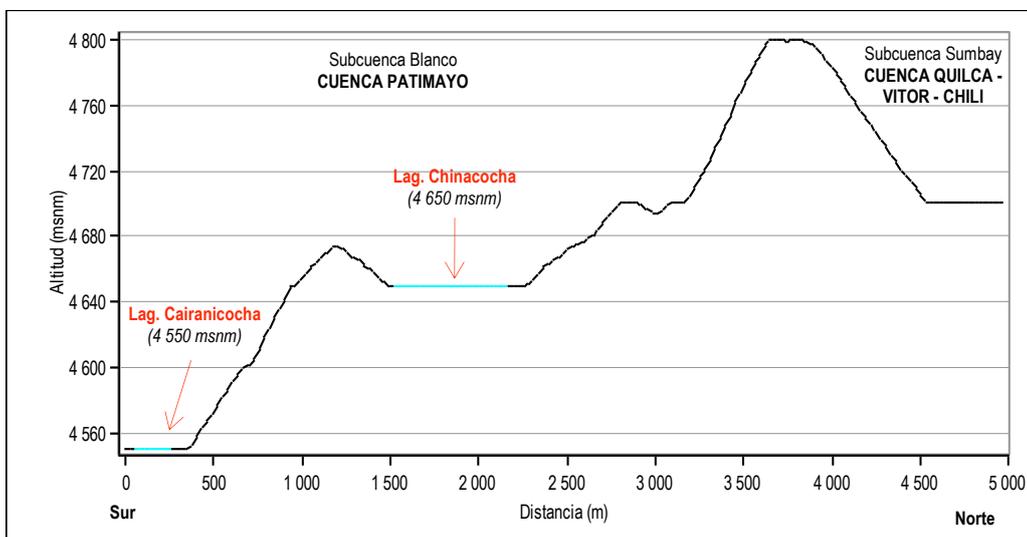


Gráfico 28. Distribución escalonada de lagunas y corte transversal entre las subcuencas Blanco y Sumbay

3.5.4. Variación del régimen de alimentación

En el Gráfico 29, se muestra la distribución porcentual de la cantidad total de lagunas según la fuente de alimentación. Se ha determinado que las lagunas identificadas en las subcuencas de esta cordillera presentan un tipo de alimentación netamente pluvial.

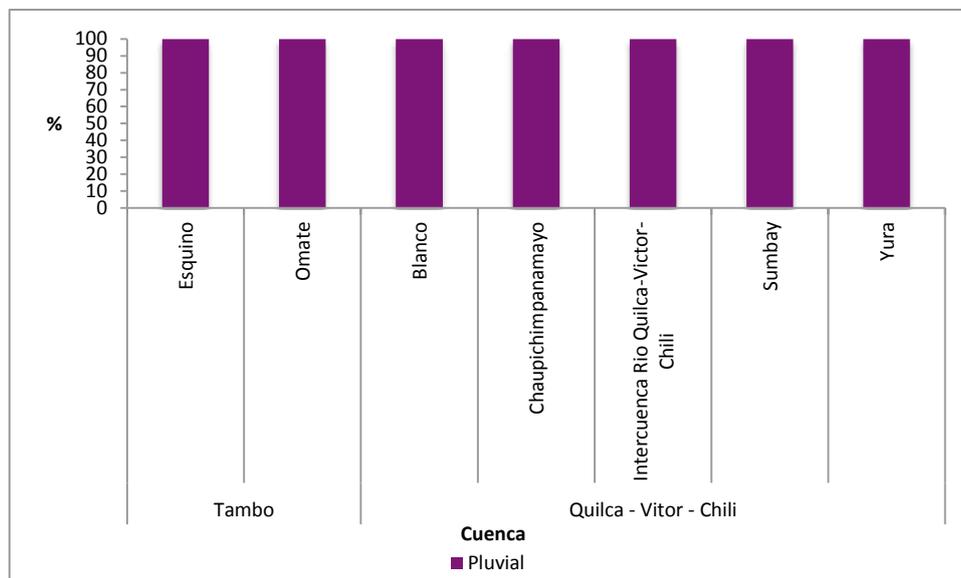


Gráfico 29. Distribución porcentual de lagunas por subcuencas, según fuente de alimentación en la cordillera Volcánica

IV. CONCLUSIONES

- En el ámbito de las cordilleras Apolobamba, La Raya, Urubamba, Vilcabamba y Volcánica se identificaron un total de 997 lagunas, siendo inventariadas 110 lagunas en la cordillera Apolobamba, 136 lagunas en la cordillera La Raya, 272 lagunas en la cordillera Urubamba, 162 lagunas en la cordillera Vilcabamba y 15 lagunas en la cordillera Volcánica. Un total de 302 lagunas no fueron inventariadas por presentar superficies menores a 5 000m².
- A las lagunas inventariadas se les asignó un código nacional único, considerando la delimitación y codificación de la cuenca hidrográfica a nivel 6 ó 7, según el método de Pfafstetter, seguido del número de orden de cada laguna.
- Las 110 lagunas inventariadas de la cordillera Apolobamba presentan una superficie total de 33 969 193,94 m² (33,96 km²) de las cuáles 32 lagunas se ubican en la cuenca Suches con 22 745 549,64 m² (22,74 km²), 17 en la cuenca Azángaro con 9 225 855,70 m² (9,22 km²), 6 en la cuenca Tambopata con 167 401,16 m² (0,16 km²) y 55 en la cuenca Inambari con 1 830 387,44 m² (1,83 km²). En la cordillera La Raya las 136 lagunas inventariadas presentan una superficie total de 73 204 948,40 m² (73,20 km²) de las cuales 52 lagunas se ubican en la cuenca Alto Apurímac con 2 834 565,07 m² (2,38 km²), 38 en la cuenca Urubamba con 68 748 920,29 m² (68,74 km²), 6 en la cuenca Azángaro con 71 439,27 m² (0,07 km²) y 40 en la cuenca Pucará con 1 550 023,77 m² (1,55 km²). En la cordillera Urubamba las 272 lagunas inventariadas presentan una superficie total de 16 117 368,42 m² (16,11 km²) y todas se ubican en la cuenca del Urubamba. En la cordillera Vilcabamba las 162 lagunas inventariadas presentan una superficie total de 4 700 273,94 m² (4,70 km²), de las cuales 96 lagunas se ubican en la cuenca del Urubamba con 2 995 125,02 m² (2,99 km²), 29 en la cuenca del Bajo Apurímac con 938 834,53 m² (0,93 km²) y 37 en la cuenca del Alto Apurímac con 766 314,39 m² (0,76 km²). En la cordillera Volcánica las 15 lagunas inventariadas presentan una superficie total del 1 167 941,54 m² (1,16 km²), de las cuales 12 lagunas se ubican en la cuenca Quilca-Vitor-Chili con 1 113 361,58 m² (1,11 km²) y 3 en la cuenca Tambo con 54 579,96 m² (0,05 km²).

- En las cordilleras Apolobamba, La Raya y Urubamba se encontraron lagunas con superficies mayores a los 500 000 m², con potencial para el aprovechamiento hídrico. En la cordillera Apolobamba 9 lagunas cumplen con dicha característica abarcando en total 28 105 400,93 m² (28,10 km²) que representa el 84,74 % del total de lagunas inventariadas, siendo la más grande la laguna Suches con una superficie de 13 728 585,92 m² (13,72 km²) ubicada en la región Puno, provincia San Antonio de Putina, distrito Ananea. En la cordillera la Raya 5 lagunas superan los 500 000 m² abarcando un total de 67 086 919,63 m² (67,08 km²) que representa el 91,63 % del total de lagunas inventariadas, siendo las más grande la laguna Langui Layo con una superficie de 54 660 639,35 m² (54,66 km²) ubicada en la región Cusco, provincia de Canas, distritos de Layo, Langui y Kunturkanki. En la cordillera Urubamba 3 lagunas superan los 500 000 m² abarcando en total 7 723 692,20 m² (7,72 km²) que representa el 47,92 % del total de lagunas inventariadas, siendo la más grande la laguna Piuray con 3 330 008,90 m² (3,33 km²) ubicada en la región Cusco, provincia de Urubamba, distrito Chinchero.
- En cuanto a la variación altitudinal, en las 5 cordilleras inventariadas la mayoría de lagunas se ubican entre los 4 000 y 4 800 msnm correspondiente al piso ecológico Puna. En la cordillera Apolobamba 75 lagunas se ubican en el rango antes mencionado, de las cuales 43 se encuentran en la cuenca Inambari, el rango altitudinal mínimo es entre 3 500 y 4 000 msnm correspondiente al piso ecológico Suni con apenas 6 lagunas. En la cordillera La Raya 126 lagunas se ubican en el piso ecológico Puna de las cuales 50 se encuentra en la cuenca del Alto Apurímac, el rango altitudinal mínimo corresponde al piso ecológico Suni con apenas 6 lagunas. En la cordillera Urubamba 208 lagunas se ubican en el piso ecológico Puna todas en la cuenca del Urubamba, el rango altitudinal mínimo corresponde al piso ecológico Quecha (2 300 – 3 500 msnm) con 1 laguna. En la cordillera Vilcabamba 139 lagunas se ubican en el piso ecológico Puna de las cuales 81 lagunas se encuentran en la cuenca del Urubamba, el rango altitudinal mínimo corresponde al piso ecológico Suni con 21 lagunas. En la cordillera Volcánica 13 lagunas se ubican en el piso ecológico Puna, de las cuales 10 se encuentran en la cuenca Quilca-Vitor-Chili, el rango altitudinal mínimo corresponde al piso ecológico Suni con sólo 1 laguna.
- Entre las 5 cordilleras inventariadas el tipo de alimentación predominante es pluvial, seguido del tipo de alimentación nival, mientras que muy pocas lagunas presentan una alimentación del tipo mixto. La cordillera Urubamba es la que presenta la mayor cantidad de lagunas cuya alimentación es del tipo pluvial con 242 lagunas, la cordillera Vilcabamba es la que presenta la mayor cantidad de lagunas cuya alimentación es del tipo nival con 59 lagunas, mientras que la cordillera Urubamba es la que presenta la mayor cantidad de lagunas con alimentación del tipo mixto con 5 lagunas.

- Entre el inventario Nacional de Lagunas y Represamientos elaborado por la ONERN (1980) y el presente inventario elaborado a partir de imágenes satelitales del año 2009 se han identificado en total 39 lagunas nuevas, todas relacionadas al retroceso glaciar, de las cuales 8 se ubican en la cordillera Apolobamba, 6 en la cordillera La Raya, 7 en la cordillera Urubamba y 18 en la cordillera Vilcabamba, no se han identificado lagunas nuevas en la cordillera Volcánica. La mayoría de lagunas nuevas están en el rango entre 5 000 y 10 000 m² de superficie, en la cordillera Apolobamba 5 lagunas están en el rango mencionado, en la cordillera La Raya 3 lagunas, en la cordillera Urubamba 4 lagunas y en la cordillera Vilcabamba 9 lagunas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ames, A. y Francou, B. 1995. Cordillera Blanca. Glaciares en la Historia. Bull. Inst. Fr. Études andines. 24 (1). 37-64 p.
- Campbell, JG. 2005. Inventory of Glaciers, Glacial lakes and the identification of Potencial glacial Lake Outburst Floods (GLOFs) Affected by Global Warming in the Mountains of India, Pakistan and China/Tibet. Autonomous Region. International Centre for Integrated Mountain Development (ICIMOD). Katmandu, Nepal. 40 p.
- Chuvieco, E. 2000. Fundamentos de teledetección espacial. 3ra edición revisada. Ariel ciencia. 566 p.
- Francou B; Ribstein P; Sémioud H; Portocarrero C; Rodriguez A. 1995. Balances, glaciares y clima en Bolivia y Perú. Impacto de los eventos ENSO. Aguas, glaciares y cambios climáticos en los Andes tropicales, seminario internacional, 13-16 de junho de 1995. La Paz (Bolivia). Ribstein, P., Francou, B. (ed.). Bulletin de l'Institut Français d'Etudes Andines; Lima. Vol. 24, 697-706 p.
- IGN (Instituto Geográfico Nacional). 1989. Atlas del Perú. 400 p.
- INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales), MINISTERIO DE AGRICULTURA. 2007. Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas del Perú. Memoria descriptiva. 29 p.
- ONERN (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales). 1980. Inventario Nacional de Lagunas y Represamientos. Segunda Aproximación. Lima. 19 p.
- Thompson, LG. 2010. Climate Change: The Evidence and Our Options. The Behavior Analyst 33, 153–170 p.
- Vega, M.L. 2006. La teledetección aplicada al inventario de humedales. Revista Internacional de Ciencias de la Tierra. Mapping Interactivo.
- Zapata, M. 2002. La Dinámica glacial en lagunas de la Cordillera Blanca. Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos. Acta Montaña IRSM AS CR.Series A N°. 19 (123), 37-60.

Zapata, LM. 1985. Reconocimiento de Lagunas en las Cordilleras Carabaya y Apolobamba Provincias Carabaya – Sandia – Huancané, departamento de Puno. ELECTROPERU. Glaciología y Seguridad de Lagunas Huaraz.



Autoridad Nacional del Agua