

Universidad Andina Simón Bolívar

Sede Ecuador

Área de Ambiente y Sustentabilidad

Maestría de Investigación en Cambio Climático, Sustentabilidad y Desarrollo

Cambio climático, variación climática y servicios culturales

Caso: Lago San Pablo

Karla Daniela Vásquez Villacreses

Tutor: Santiago Patricio Bonilla Bedoya

Quito, 2024



Cláusula de cesión de derecho de publicación

Yo, Karla Daniela Vásquez Villacreses, autor de la tesis titulada “Cambio climático, variación climática y servicios culturales. Caso: Lago San Pablo” mediante el presente documento de constancia de que la obra es de mi exclusiva autoría y producción, que la he elaborado para cumplir con uno de los requisitos previos para la obtención del título de Magíster en Investigación en Cambio Climático Sustentabilidad y Desarrollo en la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.

1. Cedo a la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador, los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación, durante 36 meses a partir de mi graduación, pudiendo por lo tanto la Universidad, utilizar y usar esta obra por cualquier medio conocido o por conocer, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico. Esta autorización incluye la reproducción total o parcial en los formatos virtual, electrónico, digital, óptico, como usos en red local y en internet.
2. Declaro que en caso de presentarse cualquier reclamación de parte de terceros respecto de los derechos de autor/a de la obra antes referida, yo asumiré toda responsabilidad frente a terceros y a la Universidad.
3. En esta fecha entrego a la Secretaría General, el ejemplar respectivo y sus anexos en formato impreso y digital o electrónico.

09 de mayo de 2024

Firma:

Resumen

Los ecosistemas acuáticos son extremadamente vulnerables a los efectos del cambio climático, siendo estos humedales los que representan mayores cambios ante los procesos de variaciones climáticas en los últimos años. El Lago San Pablo es el mayor lago andino y tectónico del Ecuador, en sus alrededores se sitúan varias comunidades que utilizan las aguas sagradas del *Imbakucha* en actividades espirituales, turísticas, inspirativas, educativas, culturales y estéticas. Los servicios ecosistémicos culturales (SEC) que brinda el lago están siendo amenazados por el cambio climático estos servicios son clave en la subsistencia de los conocimientos ancestrales y tradicionales que brindan saberes y técnicas valiosas para todas las comunidades a través de los años. La presente investigación tuvo como objetivo analizar los efectos de las variaciones climáticas locales en los servicios ecosistémicos culturales del Lago San Pablo, para lo cual se caracterizó los SEC mediante encuestas a 123 pobladores del área de influencia del humedal, donde se obtuvo que el 74 % de la población considera al turismo el SEC más importante que brinda el Lago San Pablo, seguido de identidad del sitio con 61 %, herencia cultural con 59 % investigación y educación con 57 %, servicio inspirativo con 55 %, servicio estético con 52 % y con un 40 % el servicio espiritual y religioso. Se identificó las variaciones climáticas y los efectos en los servicios ecosistémicos culturales mediante elaboración de climogramas para los 20 años de estudio, en donde a partir del año 2013 se evidencia una disminución en las temperaturas y aumento de precipitaciones, con la prueba estadística de Mann-Kendall se evaluó los datos meteorológicos, comprobándose la existencia de una variación climática en los últimos años, la cartografía realizada identifico que la superficie cubierta de agua entre los años 2000-2020 ha perdido 0,598 % de área, la cobertura vegetal aumento en 0,12 % y el área sin vegetación incremento en 0,46 %. Finalmente se concluye que los siete SEC evaluados en el Lago San Pablo en torno al cambio climático son vulnerables a los cambios constantes de precipitación y temperatura a través de los años, como consecuencia se puede llegar a una alteración del humedal afectando a la flora, fauna además a la población que hace uso de estos servicios.

Palabras clave: servicios ecosistémicos culturales, cambio climático, lagos altoandinos, saberes ancestrales.

A Dios por darme la fuerza y sabiduría para culminar esta etapa.

A mis padres Pablo y Zulma por haberme forjado con amor, virtudes y valores, su paciencia, esfuerzo y apoyo incondicional en cada meta que me he propuesto a lo largo de mi vida, han sido mi inspiración, todos mis logros se los debo a ustedes.

A mi hermano Alexis Sebastián por su apoyo y de quien aprendo todos los días.

A mi mejor amiga Mariana Alejandra por ser incondicional desde hace 16 años.

A mis ángeles en el cielo y en la tierra, a donde vaya los llevo siempre en un rincón especial de mi alma.

Agradecimientos

A Dios por brindarme fuerza interna para poder culminar con éxito esta etapa.

A mis padres, por ser los seres que me inspiran todos los días a dar lo mejor de mi superando los obstáculos de la vida, hoy tengo la satisfacción de entregarles una meta más alcanzada que sin su amor y apoyo jamás lo hubiera conseguido, gracias por hacer de mi lo que soy ahora y haber forjado mi camino con valores, virtudes, pero sobre todo con infinito amor, ustedes siempre serán mi norte y mi ejemplo a seguir en la vida, gracias por inculcarme que el esfuerzo, dedicación y responsabilidad siempre tendrán su recompensa.

A mi hermano Alexis Sebastián por estar presto a brindarme su ayuda, y por quien todos los días me esfuerzo para ser mejor.

Al Dr. Santiago Bonilla Bedoya director de tesis quien con sus conocimientos ha sido una guía importante en el desarrollo de la investigación, quien desde el primer momento con mucha predisposición encamino a que el proyecto sea exitoso y tenga la relevancia científica que se merece.

A mis ex docentes universitarios MSc. Oscar Rosales y MSc. Paul Arias, quienes de manera desinteresada supieron guiarme y colaborarme en varias etapas de la ejecución de la investigación.

Finalmente, a la Universidad Andina Simón Bolívar quien me abrió sus puertas y me permitió cumplir el sueño que tenía de estudiar mi posgrado en tan prestigioso centro de estudios, además de permitirme conocer excelentes docentes quienes ampliaron mi conocimiento y compañeros con los cuales compartí lindos momentos de aprendizaje y a la vez de crecimiento personal. Les agradezco profundamente por el tiempo compartido.

Tabla de contenidos

Figuras y tablas.....	14
Abreviaturas.....	17
Introducción.....	19
Capítulo primero	27
Enfoque y marco teórico.....	27
1. Cambio climático y sus efectos en la biodiversidad de los Andes.....	27
2. Breve historia de los servicios ecosistémicos.....	28
3. Clasificación de los servicios ecosistémicos	30
4. Servicios ecosistémicos culturales y su afectación por el cambio climático	35
Capítulo segundo.....	37
Área de estudio y metodología.....	37
1. Descripción del área de estudio.....	37
2. Antecedentes metodológicos.....	38
2.1. Caracterización biofísica	38
2.1.1. Clima.....	38
2.1.2. Geología y geomorfología.....	38
2.1.3. Morfología del sistema lacustre “Lago San Pablo”	38
2.1.4. Hidrología.....	39
2.1.5. Tipo y uso de suelo	39
2.1.6. Zonas de vida y formaciones vegetales	40
2.2. Caracterización socio-cultural.....	40
2.2.1. Población y grupos étnicos.....	40
2.2.2. Identidad cultural	42
2.3. Acciones antrópicas	42
3. Metodología.....	44
3.1. Fase I. Caracterización de los servicios ecosistémicos culturales que provee la cuenca del Lago San Pablo, su evolución, importancia y priorización para la población local en el periodo 2000-2020.....	44
3.1.1. Etapa 1: Fase de campo	44
3.2. Fase II. Identificación de los efectos en los servicios ecosistémicos culturales producto de las variaciones climáticas en la cuenca del Lago San Pablo	48

3.2.1.	Etapa 1: Estudio de precipitaciones y temperatura	48
3.2.2.	Etapa 2: Elaboración de cartografía	49
3.3.	Fase III. Discutir las potenciales relaciones que existen entre las variaciones climáticas globales y servicios ecosistémicos culturales.....	52
	Capítulo tercero	53
	Análisis de resultados y discusión.....	53
1.	Caracterización de los servicios ecosistémicos culturales que provee la cuenca del Lago San Pablo, su evolución, importancia y priorización para la población local en el periodo 2000-2020	53
1.1.	Bloque 1. Información básica.....	53
1.1.1.	Población encuestada.....	53
1.1.2.	Genero de la población encuestada.....	55
1.1.3.	Edad de la población encuestada.....	55
1.1.4.	Nivel de instrucción	55
1.1.5.	Ocupación.....	55
1.2.	Bloque 2: Servicios ecosistémicos Culturales.....	56
1.2.1.	Actividad que realiza en el Lago San Pablo	57
1.2.2.	Motivación para realizar la actividad.....	58
1.2.3.	Frecuencia de visita de los encuestados.....	58
1.2.4.	Temperatura en base a los encuestados en el Lago San Pablo	58
1.2.5.	Precipitación en base a los encuestados en el Lago San Pablo	59
1.2.6.	Cambio Climático de acuerdo a los encuestados en el Lago San Pablo	59
1.3.	Bloque 3: Servicios ecosistémicos y su importancia	60
1.3.1.	Servicio espiritual y religioso del Lago San Pablo	62
1.3.2.	Servicio turístico y recreación	62
1.3.3.	Servicio inspirativo	63
1.3.4.	Servicio de educativo e investigación.....	63
1.3.5.	Servicio de identidad del sitio	63
1.3.6.	Herencia cultural	64
1.3.7.	Servicio Estético.....	64
1.3.8.	Aumento y disminución de temperatura.....	64
1.3.9.	Aumento y disminución de precipitación	65
2.	Identificación de los efectos en los servicios ecosistémicos culturales producto de las variaciones climáticas en la cuenca del Lago San Pablo	65

2.1.	Estudio de Temperatura y Precipitaciones	65
2.2.	Promedio anual de Temperatura y precipitación	65
2.3.	Pruebas estadísticas.....	67
2.3.1.	Prueba de tendencia de Mann-Kendall	67
2.3.2.	Desviación estándar	71
2.3.3.	ANOVA.....	71
2.4.	Análisis de Cambios	72
2.4.1.	Mapa de sequía-Año 2000.....	72
2.4.2.	Mapa de sequía-Año 2010.....	73
2.4.3.	Mapa de sequía-Año 2020.....	74
3.	Discutir las potenciales relaciones que existen entre las variaciones climáticas globales y servicios ecosistémicos culturales.....	76
	Conclusiones y recomendaciones.....	87
	Lista de referencias	91
	Anexos	101
	Anexo 1: Modelo aplicado en la encuesta.....	101
	Anexo 2: Desglose de resultados de encuesta aplicada	104
	Anexo 3: Registro fotográfico.....	130

Figuras y tablas

Figura 1. Área de Estudio.	37
Figura 2. Parroquias y ríos de influencia directa de la cuenca alta del Lago San Pablo.	45
Figura 3. Parroquias y ríos de influencia directa de la cuenca media del Lago San Pablo.	46
Figura 4. Parroquias y ríos de influencia directa de la cuenca baja del Lago San Pablo.	46
Figura 5. Género, edad, nivel de instrucción y ocupación.....	54
Figura 6. Actividad principal en el Lago San Pablo, motivación para realizar la actividad, frecuencia de visita, temperatura, precipitación, afectación al cambio climático.....	57
Figura 7. Espiritual y religioso, turismo y recreación, inspirativo, educación e investigación, identidad del sitio, herencia cultural, estético, aumento o disminución de temperatura, aumento o disminución de precipitaciones.....	61
Figura 8. Climograma periodo 2000-2020.	66
Figura 9. Prueba de tendencia de Mann Kendall para temperatura periodo 2000-2020.	69
Figura 10. Prueba de tendencia de Mann Kendall para precipitación periodo 2000-2020.	70
Figura 11. Mapa de sequía año 2000.	72
Figura 12. Mapa de sequía año 2010.	73
Figura 13. Mapa de sequía año 2020.	74
Figura 14. Significancia para los residentes de la localidad el Lago San Pablo.	76
Figura 15. Climograma Año 2000.	110
Figura 16. Climograma Año 2001.	111
Figura 17. Climograma Año 2002.	112
Figura 18. Climograma Año 2003.	113
Figura 19. Climograma Año 2004.	114
Figura 20. Climograma Año 2005.	115
Figura 21. Climograma Año 2006.	116
Figura 22. Climograma Año 2007.	117
Figura 23. Climograma Año 2008.	118
Figura 24. Climograma Año 2009.	119
Figura 25. Climograma Año 2010.	120

Figura 26. Climograma Año 2011.	121
Figura 27. Climograma Año 2012.	122
Figura 28. Climograma Año 2013.	123
Figura 29. Climograma Año 2014.	124
Figura 30. Climograma Año 2015.	125
Figura 31. Climograma Año 2016.	126
Figura 32. Climograma Año 2017.	127
Figura 33. Climograma Año 2018.	128
Figura 34. Climograma Año 2019.	129
Figura 35. Climograma Año 2020.	130
Tabla 1 Definiciones de los servicios ecosistémicos en el tiempo.....	29
Tabla 2 Clasificación de los servicios ecosistémicos.....	32
Tabla 3 Clasificación de los servicios ecosistémicos culturales	34
Tabla 4 Parámetros Morfométricos del Lago San Pablo	39
Tabla 5. Parroquias y Comunidades de la zona de influencia del Lago San Pablo	41
Tabla 6 Parroquias, áreas identificadas, tamaño de la muestra de las parroquias del área de estudio	47
Tabla 7 Descripción imágenes landsat 2000-2010-2020.....	49
Tabla 8 Encuestas realizadas para las parroquias del área de estudio.	53
Tabla 9 Promedio total en el periodo 2000-2020.....	65
Tabla 10 Estadísticos descriptivos de temperatura	68
Tabla 11 Prueba de tendencia de Mann-Kendall / Prueba bilateral (14,2) de Temperatura	68
Tabla 12 Pendiente de Sen de Temperatura	69
Tabla 13 Estadísticos descriptivos de Precipitación	69
Tabla 14 Prueba de tendencia de Mann-Kendall / Prueba bilateral (1113,1) de Precipitación	69
Tabla 15 Pendiente de Sen de Precipitación.....	70
Tabla 16 Desviación estándar de temperatura.....	71
Tabla 17 Desviación estándar de precipitación	71
Tabla 18 Análisis de Varianza.....	71
Tabla 19 Valores críticos ANOVA	72

Tabla 20 Categorías de estudio presentes en los mapas de sequía, años 2000-2010-2020.	74
Tabla 21 Discutir las potenciales relaciones que existen entre las variaciones climáticas globales y servicios ecosistémicos culturales.....	80
Tabla 22 Afectaciones de las variaciones climáticas en otros humedales alrededor del mundo.	85
Tabla 23 Promedio mensual de temperatura y precipitación año 2000	110
Tabla 24 Promedio mensual de temperatura y precipitación año 2001	110
Tabla 25 Promedio mensual de temperatura y precipitación año 2003	112
Tabla 26 Promedio mensual de temperatura y precipitación año 2006.....	115
Tabla 27 Promedio mensual de temperatura y precipitación año 2014.....	123
Tabla 28 Promedio mensual de temperatura y precipitación año 2015	124
Tabla 29 Promedio mensual de temperatura y precipitación año 2016.....	125
Tabla 30 Promedio mensual de temperatura y precipitación año 2017	126
Tabla 31 Promedio mensual de temperatura y precipitación año 2018.....	127
Tabla 32 Promedio mensual de temperatura y precipitación año 2019.....	128
Tabla 33 Promedio mensual de temperatura y precipitación año 2020.....	129

Abreviaturas

BhMB	Bosque húmedo Montano Bajo (bhMB)
GPI	Gobierno Provincial de Imbabura
ICU	Isla de Calor Urbana
IGM	Instituto Geográfico Militar
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
INHAMI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
MA	Evaluación de los Ecosistemas del Milenio
NDDI	Índice de Diferencia Normalizada de Sequia
NDVI	Índice de Diferencia Normalizada de Vegetación (NDVI)
NDWI	Índice de diferencia normalizada de agua
SE	Servicios Ecosistémicos
SEC	Servicios Ecosistémicos Culturales

Introducción

El cambio climático ocasiona aumentos paulatinos en la temperatura promedio de la superficie de la tierra ocasionando modificaciones en los patrones de precipitación, cambios en la intensidad y frecuencia de eventos climáticos extremos además del alza en el nivel medio del mar (IPCC 2007). Se estima que, para finales del siglo XXI la temperatura de la superficie terrestre aumentara entre 2.6 °C y 4.8 °C haciendo que las precipitaciones se incrementen y que sean mucho menores en las zonas subtropicales. (IPCC 2013).

El crecimiento de las concentraciones de gases de efecto invernadero aumentan la absorción atmosférica de la radiación emitida que actúan reflejando o absorbiendo la radiación solar cambiando las propiedades radiativas de las nubes (IPCC 2007), esto se constata en el periodo de 1906 a 2005 donde la tasa de incremento promedio durante los últimos 50 años fue de 0.13°C por década que representa casi el doble de la registrada en los últimos 100 años (Zavala y Romero 2007), una de las principales manifestaciones del cambio climático es la alteración del ciclo hidrológico (García et al. 2011) tanto en la parte superficial como subterránea (Amaya 2014).

De acuerdo a reportes del IPCC, las aguas dulces representan tasas más altas de vulnerabilidad frente al cambio climático y se prevé que la escorrentía superficial disminuya hasta un 30 % en latitudes medias y serán incrementadas en 40 % en latitudes bajas (IPCC 2007). Los sistemas lenticos como los lagos, son vulnerables ante el cambio climático como indica (Bahri et al. 2012), los humedales en general serán ecosistemas particularmente afectados y vulnerables frente al cambio climático (Moya et al. 2005; Franco et al. 2013, Valencia y Figueroa 2015).

Se estima que para el año 2100 la cuarta parte de los ecosistemas acuáticos presentaran repercusiones negativas, con una disminución de la calidad del agua al igual que en los servicios ecosistémicos ofertados (Bahri et al. 2012). Este problema es uno de los más comunes en los lagos tanto de Norte América como de Sur América, además están considerados los contaminantes atmosféricos que provienen de actividades antrópicas como las principales fuentes de degradación del agua (Wojtan y Galas 1994).

En los lagos la temperatura es influyente en el desarrollo y el correcto funcionamiento de los mismos (Quiroz et al. 2004), la temperatura es lo que define la estructura térmica de lagos y lagunas la cual entre varios factores delimita el gradiente de densidad (Margalef 1983), es así que entre mayor sea el gradiente, mayor será la estabilidad térmica (Vetter 2010), además estos ecosistemas aportan con el reciclado de nutrientes en gran medida debido a la temperatura que presentan, son conocidos también por su capacidad de retención de fósforo, nitrógeno y carbono (Carpenter et al. 1998).

Los sistemas acuáticos son uno de los ecosistemas más vulnerables ante los efectos del cambio climático, el aumento de las temperaturas puede intensificar la evaporación en lagos y humedales y traer consigo una disminución del hábitat además de cambios en la calidad del agua (Martínez et al. 2012). En los lagos la afectación por la variabilidad interanual se evidenciará en la disminución del nivel del agua, aumento de la elevación de lagos de mayor altura, desplazamiento y disminución de varias especies endémicas (Seimon et al. 2007).

Lagos altoandinos y su comportamiento frente al cambio climático

El cambio climático se comporta de manera diferente en lagos tropicales, en el Lago Alchichica en México se identificó que la termoclina aparece desde el mes de marzo hasta noviembre registrando una profundidad de 10 m, esto coincide con la temporada de lluvias en esta área, a medida que el tiempo avanza la termoclina llega a una profundidad de hasta 4 m, finalmente desapareciendo en su totalidad en el mes de diciembre cuando es verano además de sus vientos característicos, esta es una respuesta ante la variabilidad interanual de los últimos años (Salas de León 2015).

Bahamóndez (2021) en su estudio desarrollado en Chile a 14 lagos andinos demostró la reducción de la lámina del agua de los humedales estudiados, la tendencia general fue la disminución del espejo de agua que se registró mayormente desde el año 2010, una de las lagunas que presento gran baja en su espejo de agua fue la Laguna Aguas Calientes indicando una pérdida de un cuarto de su superficie en la última década, esto debido a que tanto la temperatura como la evapotranspiración aumentaron y las precipitaciones disminuyeron.

De acuerdo a la investigación realizada por Cahoy y López (2017) en Bogotá; Colombia en el humedal de Torca Guaymaral se determinó que para el año 2016 los niveles de pH que presento el agua incrementaron hasta 3,7 unidades esto debido a que en ese año la sequía fue mucho mayor en relación a la presencia de lluvias del año 2015,

existiendo una disminución en la capacidad de dilución que se generó por el aumento de evaporación del agua.

Los lagos y lagunas suministran gran número de servicios los mismos que contribuyen al bienestar del ser humano, estos bienes pueden ser de provisión, regulación, soporte y cultural los cuales se manifiestan en escalas espacio temporales que son igualmente diversas, son varios los beneficios que los ecosistemas húmedos brindan a la sociedad y van desde al abastecimiento de agua, regulación del clima, mitigación del cambio climático, depuración de agua, reservas de materiales genéticos, protección frente a inundaciones, provisión de alimentos hasta el disfrute estético, paisajístico y espiritual (Borja et al. 2011).

Efectos del cambio climático en los servicios ecosistémicos culturales

Los servicios ecosistémicos, y específicamente los servicios culturales de los lagos y lagunas constituyen una de las principales señales de identidad para los pueblos, los paisajes de agua son cada vez más reivindicados y solicitados por la sociedad debido a que se ha incrementado actividades que producen aumento de turismo, ampliación de conocimiento científico, disfrute estético y espiritual, de esta manera muchas zonas, lugares o regiones son protegidos y reconocidos por todos los aportes que brindan, la belleza que inspiran, la espiritualidad que promueven, la identidad cultural que establecen, el conocimiento que representan y los servicios de salud, recreación y turismo que aportan para el bienestar humano (Leiva et al. 2019).

El enriquecimiento de la parte cultural ha sido desarrollado históricamente por pueblos y comunidades los cuales incluyen un conjunto de valores, conocimientos, practicas, tecnologías e innovación que están relacionadas con la biodiversidad, es así que los saberes tradicionales están expresados en la recolección y transformación de productos silvestres, agricultura, actividades pecuarias, medicina natural, caza y pesca, todas estas actividades son desarrolladas netamente por las comunidades rurales de América Latina para asegurar su subsistencia a través de los años (Sánchez 2003).

El cambio climático puede llegar a tener varios efectos en los servicios ecosistémicos culturales, estos servicios como se ha mencionado están estrechamente vinculados a la identidad de las comunidades, tradiciones y esto también proporciona un bienestar psicológico, pero varias son las afectaciones que estos servicios tienen por el cambio climático:

Paisajes culturales y estéticos. - En los paisajes pueden existir cambios en los patrones climáticos que pueden llegar a afectar la apariencia y diversidad de los paisajes culturales incluyendo en estas áreas que son consideradas sagradas, además de sitios históricos y lugares con una alta importancia cultural, el cambio climático ocasiona que se pierda la biodiversidad y altere estos ecosistemas cambiando de manera drástica la estética de estos lugares.

Eventos culturales y festividades. - Alrededor de los Andes muchas comunidades celebran festividades y eventos culturales alrededor de lagos y lagunas como es el caso del Lago San Pablo, estos eventos están vinculados a las estaciones y ciclos climáticos, el cambio en los patrones de temperatura, precipitación y otros fenómenos climáticos que pueden presentarse alteran la realización de estos eventos afectando la tradición y la cohesión social.

Relación con la naturaleza. - Los servicios ecosistémicos culturales comúnmente se basan en una conexión que tiene mucho que ver con la parte emocional y espiritual de las personas con la naturaleza, el cambio climático al alterar los ecosistemas y reducir la biodiversidad puede debilitar esta conexión afectando así la salud mental y el bienestar psicológico de las comunidades.

Patrimonio arquitectónico. - El cambio climático en ciertos casos también puede tener impactos físicos en el patrimonio arquitectónico y cultural de estos sectores, el aumento del nivel del mar, las precipitaciones que son más intensas y otros eventos climáticos extremos pueden dañar o destruir sitios históricos y estructuras culturales.

Prácticas agrícolas tradicionales. - Las comunidades a menudo realizan prácticas agrícolas y de subsistencia que son arraigadas en sus tradiciones y cultura los cambios en los patrones climáticos pueden afectar la disponibilidad de recursos hídricos, la productividad agrícola y la viabilidad de estas prácticas lo que afecta la cultura y modo de vida.

Migración y desplazamiento. - Los cambios en el clima pueden llevar a fenómenos como la desertificación, inundaciones y eventos climáticos extremos que obligan a comunidades enteras a migrar o desplazarse, esto resulta en una pérdida de la conexión con la tierra y la cultura original, así como varias tensiones sociales y culturales en áreas receptoras.

Servicios ecosistémicos culturales del Lago San Pablo y la influencia del cambio climático

En el Ecuador, la provincia de Imbabura alberga gran cantidad de servicios ecosistémicos culturales en muchos de sus ecosistemas, los cuales toman mayor importancia desde la denominación como Geoparque Mundial de la UNESCO en el 2019, esta designación ha buscado consolidar la identidad cultural pero sobre todo fundamentar el reconocimiento, inspiración, conservación del patrimonio geológico y las formas de vida que forman parte de la misma, además de la cosmovisión, costumbres y tradiciones de los pueblos, tal es así que la provincia al ser conocida como la provincia de los lagos aloja varios de estos ecosistemas de tipo humedal considerados geositos para el turismo, conservación y educación (Arellano et al. 2019).

Uno de los geositos de mayor importancia para la provincia es el Lago San Pablo, en este lugar se encuentra la comunidad de los *kichwa utawalu* quienes son los que veneran los recursos naturales, sobre todo el agua que para ellos posee una de las energías más importantes del paisaje montañoso, el estima hacia el agua procede de una espiritualidad y de la importancia de este sitio sagrado en los rituales ancestrales, esta dimensión viene de sus antepasados: abuelos y padres de los *runa utawalu* cuyos conocimientos son transmitidos de generación en generación, varios de estos rituales se enfocan en la iniciación y purificación con la espiritualidad que brinda este sitio sagrado (Sarmiento et al. 2008).

El Lago San Pablo (Imbakucha) se ha vuelto sagrado desde el uso repetido de la mitología originaria en las fiestas religiosas de la localidad y forma parte del patrimonio étnico del pueblo, en varias de las comunidades que se encuentran alrededor de la cuenca se llevan a cabo ceremonias y son indicadores icónicos de la cultura y tradición, este tipo de celebraciones están asociados a estos sitios sagrados, debido a la importancia del agua, es por eso que la permanencia del recurso es importante para dichas comunidades (Hansen 2004).

El Lago San Pablo es el mayor lago andino y tectónico del Ecuador, en sus alrededores se sitúan varias comunidades que utilizan las aguas sagradas del *Imbakucha* en actividades espirituales, turísticas, inspirativas, educativas, culturales y estéticas, sus aguas son afectadas a través de los años por el cambio climático, de acuerdo al estudio de (Pinto 2015), menciona que existe una variabilidad interanual sobre todo en los años 2006, 2010 y 2011 donde se evidencia altas precipitaciones, así también a partir del año 2008 hasta el 2012 existió un cambio en las temperaturas medias mensuales con registros

que van desde los 13.6 °C hasta los 14.5 °C por debajo de años anteriores, en caso de que se mantengan precipitaciones irregulares y temperaturas bajas las afectaciones serán tanto a nivel productivo, como también para el turismo, cultural y espiritual que brinda.

Los servicios ecosistémicos culturales (SEC) que brinda el lago están siendo amenazados por el cambio climático y deterioro ambiental que se generan en los territorios, estos servicios son clave en la subsistencia de los conocimientos ancestrales y tradicionales que brindan saberes y técnicas valiosas para todas las comunidades a través de los años (Valverde et al. 2021). Los sitios sagrados como la cuenca del Imbakucha deben ser investigados para su conservación y protección de la espiritualidad que poseen con los pueblos además de las características que brinda al paisaje, el conocimiento, ecoturismo, educación y servicios hacia las comunidades (Sarmiento et al. 2008).

En el Lago San Pablo los servicios ecosistémicos culturales no poseen análisis profundos por los investigadores, a pesar de que existe evidencia que pueden generar contribuciones importantes para poder así maximizar los valores de los ecosistemas en general y al mismo tiempo pueden contribuir a compensar las pérdidas de biodiversidad que existan a futuro, estudiando los SEC sería posible entender la retroalimentación existente entre el sistema natural con el sistema social, mediado por los servicios ecosistémicos y reflejada en sus beneficios (Caro y Torres 2015).

La comunidad *utawalu* ubicada en los alrededores de la cuenca del San Pablo emplea el agua en sistemas de regadíos, lavado de ropa, pesca, recolección de totoras que sirven para construir embarcaciones, a causa de dichas intensas actividades humanas además de cultivo intensivo, inclinación de los campos, eminentes tasas de erosión de los últimos tiempos y elevado aporte de nutrientes que posee, el lago es un sistema lacustre considerado en estado eutrófico (Gunket 2000).

Si bien es cierto que se existen áreas protegidas creadas en los últimos años como el “Área Protegida Autónoma Descentralizada Taita Imbabura” y dentro de ella se encuentra contemplado el Lago San Pablo con el propósito de lograr mantener los hábitats naturales, la incomprensión acerca de la arqueología del paisaje y la variabilidad climática a la que están expuestos estos ecosistemas, hacen que los valores culturales de la región y de la verdadera historia natural de los elementos de los paisajes culturales de los *kichwa utawalu*, sean esfuerzos cada vez más aislados de conservar (Sarmiento et al. 2008).

La subsistencia de los servicios culturales es clave para fortalecer la permanencia de los conocimientos tradicionales que son generadores de saberes y de técnicas basadas en las tradiciones, además existe una dimensión social que está completamente vinculada

con el manejo de los ecosistemas que resulta fundamental para poder responder a los desafíos que se enfrenta en relación con la pérdida de biodiversidad y cambio climático (Minaverri 2021). Los sitios sagrados de los Andes necesitan ser conservados sobre todo por la conexión de las tradiciones culturales, religiosas, turísticas, espirituales, ya que esto protegerá, a su vez los sitios localizados alrededor de los sitios sagrados (Barrow y Pathak 2005). Con esta investigación se conoció cuáles son los servicios ecosistémicos culturales que brinda el Lago San Pablo, las opiniones de los habitantes del área urbana y rural del Cantón Otavalo quienes son los beneficiarios directos de la presencia de este lugar sagrado y los efectos que puede llegar a causar el cambio climático en la cuenca sagrada del Imbakucha.

En el desarrollo de la investigación se plantearon los siguientes objetivos:

Analizar los efectos de las variaciones climáticas locales y el cambio global en los servicios ecosistémicos culturales del Lago San Pablo, Imbabura-Ecuador.

Caracterización de los servicios ecosistémicos culturales que provee la cuenca del Lago San Pablo, su evolución, importancia y priorización para la población local en el periodo 2000-2020.

Identificar los efectos en los servicios ecosistémicos culturales producto de las variaciones climáticas en la cuenca del Lago San Pablo.

Discutir las potenciales relaciones que existen entre las variaciones climáticas globales y servicios ecosistémicos culturales.

Complementando a la investigación se plantearon las siguientes hipótesis:

H0: La variabilidad interanual en el periodo 2000-2020 no es un factor que afecto a los servicios ecosistémicos culturales del Lago San Pablo

H1: La variabilidad interanual en el periodo 2000-2020 si es un factor que afecto a los servicios ecosistémicos culturales del Lago San Pablo

Capítulo primero

Enfoque y marco teórico

En este capítulo se aborda el cambio climático en los Andes además de la historia de los servicios ecosistémicos culturales y sus afectaciones por el cambio climático.

1. Cambio climático y sus efectos en la biodiversidad de los Andes

Desde su origen el planeta tierra se encuentra en constante cambio, la más clara evidencia son las eras geológicas las cuales son las principales responsables en la conformación del planeta y con ello la evolución de las especies, el rápido proceso de cambio climático que hoy sentimos no tiene causa natural, afirmándose científicamente que el 90% de este cambio esta atribuido a las actividades humanas (IPCC 2007).

Los Andes son ecosistemas que poseen gran diversidad biológica y cultural (Josse et al. 2009), el gradiente altitudinal en el que se encuentran, las altitudes y latitudes brindan condiciones físicas diversas que crean hábitats únicos, la variabilidad de las condiciones climáticas como temperatura, viento y precipitación están presentes a escalas de tiempo que son interanuales y decenales que además están impulsadas por la interacción entre el pacífico y las influencias amazónicas (Marengo et al. 2004).

Los humanos y los ecosistemas se adaptan a los cambios del paisaje y también a las variaciones en las condiciones climáticas de los Andes, en la actualidad existen alrededor de 45 000 especies de plantas, que representan el 15 % y 12 % del total de especies conocidas en el mundo y la mitad de estas especies son endémicas (Myers et al. 2000). El bienestar de las poblaciones humanas esta enteramente ligada al funcionamiento de los ecosistemas de los Andes, hoy las personas dependen de estos ecosistemas como fuente de provisionamiento de agua, importancia cultural y muchos más bienes y servicios (Josse et al. 2009).

El rango de variabilidad climática natural de los Andes ha comenzado a sobrepasar los umbrales históricos, este cambio es preocupante por la tendencia general al calentamiento y mucho más sobre las consecuencias que tendrá en los ecosistemas y las

poblaciones humanas, la magnitud del calentamiento proyectado a elevadas alturas para los Andes es similar para las regiones polares (Bradley et al. 2004; 2006), las poblaciones de Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia en donde en el 2009 se acercaban a 100 millones de habitantes, 40 millones de estos dependen de que los ecosistemas andinos (Josse et al. 2009).

De acuerdo al (IPCC 2007) los impactos que el cambio climático tendrá sobre la biodiversidad de América Latina incluye la afectación a la ecología de los bosques nublados, tropicales y hábitats marinos como arrecifes y manglares, elevaciones del nivel del mar entre 1 % y 2 % por año afectando la dinámica de las poblaciones, extinción de especies, cambios en la distribución y dinámica de las poblaciones, afectaciones a los sistemas agrícolas y disminución de las economías rurales que dependen de estos ecosistemas para el turismo, cultura y tradición, se indica además que el cambio climático aumentara la tendencia de pérdida de los recursos biológicos y sus efectos serán mucho más severos por las actividades humanas.

2. Breve historia de los servicios ecosistémicos

En la literatura se cuentan con diversos acercamientos al concepto de “servicio ecosistémico” que en primera instancia fue elaborado por Westman (1997) que los definió como “servicios de la naturaleza” que en este entonces pasaron por diversos intentos de generalización (Daily 1997). Es en el presente siglo que toma más relevancia la iniciativa que es conocida como “Evaluación de los Ecosistemas del Milenio” (MA) la cual fue promovida por la ONU convirtiéndose en el primer referente sobre este tema, en donde el objetivo principal fue el de incluir las preocupaciones ecológicas en términos económicos, enfatizar la dependencia de la sociedad hacia los ecosistemas naturales y el de impulsar el interés público en la conservación de la biodiversidad.

La definición de los servicios ecosistémicos ha sido propuesta por diferentes autores a través de los años y se presentan a continuación (ver tabla 1):

Tabla 1
Definiciones de los servicios ecosistémicos en el tiempo

Las condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales, y las especies que lo constituyen sustentan y satisfacen la vida humana (Daily 1997).
Los bienes como alimentos y servicios, así como la asimilación de residuos de los ecosistemas que representan los beneficios que la población humana obtiene de manera directa o indirecta de las funciones de los ecosistemas (Constanza 1997).
Las funciones del ecosistema es la capacidad de los procesos y componentes naturales para proporcionar bienes y servicios que satisfagan las necesidades humanas directa o indirectamente (De Groot et al. 2002).
Los beneficios que la población obtiene de los ecosistemas (MA 2003).
Aquellas funciones o procesos ecológicos que de manera directa o indirecta contribuyen al bienestar humano o poseen potencial para hacerlo en el futuro (U.S. EPA 2004).
Son los componentes que posee la naturaleza que pueden ser disfrutados, consumidos o directamente usados para producir bienestar humano (Boyd y Banzhaf 2007).
Son los aspectos de los ecosistemas utilizados activa o pasivamente para producir bienestar humano (Fisher et al. 2009).

Fuente y elaboración propia con base en Camacho y Ruiz (2011).

Estas definiciones incluyen las que son ampliamente utilizadas en la literatura y aunque en muchas de ellas existen coincidencias en aspectos generales hay diferencias importantes entre ellas, por ejemplo las primeras definiciones plantean una serie de fases consecutivas y propiedades del ambiente cuyas interacciones sirven como sostén de la vida, el segundo grupo de científicos separa a los servicios en bien principalmente los que tienen que ver con alimento que son objetos físicos tangibles y los servicios que son los procesos intangibles que benefician de manera directa al humano.

Después del concepto brindado por De Groot et al. (2002) se incluye al subconjunto de funciones del ecosistemas, sus relaciones, capacidades para producir bienestar directa o indirectamente a la humanidad y de esta manera resaltando el carácter antropocéntrico del enunciado mencionando una vez más que las funciones de un ecosistema están definidas por la naturaleza y la magnitud del valor que puede llegar a tener con las sociedades humanas llegando a ser analizados y evaluados a través de los bienes y servicios proporcionados por los ecosistemas.

El grupo de MA (2003) en el que participaron varios autores anteriormente citados definen a los SE de manera concisa centrándose sobre todo en los beneficios con un enfoque antropocéntrico, sin embargo, a pesar de tener una definición útil para los científicos no permite distinguir entre los procesos de los ecosistemas y el bienestar humano, varias definiciones más recientes incluyen además varios aspectos particulares

por ejemplo los servicios potenciales que en su mayoría no son considerados en varias de las definiciones.

Boyd y Banzhaf (2007) mencionan que el consumo y disfrute de los SE debe ser de manera directa, esto de acuerdo con Freeman III (2010) que resalta que esto lograría ser una ventaja para evitar la estimación de los servicios únicamente en la fase final de los procesos donde la población pueda beneficiarse de manera directa. Fisher et al. 2009 destaca que los servicios ecosistémicos son fenómenos estrictamente de ámbito ecológico porque se habla de estructura, procesos y funciones y brindan beneficios a los humanos, sin estos beneficiarios no hay servicios.

Los servicios ecosistémicos de acuerdo a Fisher et al. (2009) son fenómenos estrictamente ecológicos que brindan estructura, procesos o funciones, en donde pasivos o activos pueden ser directos o indirectos se convierten en servicios siempre y cuando los humanos se beneficien de ellos, por lo tanto, si no existen estos beneficiarios no hay servicios. Los servicios ecosistémicos se encuentran en constante proceso de consolidación y de incorporar la valoración de la naturaleza como un medio de generación de conciencia sobre los fenómenos ecológicos que benefician a la humanidad.

Los servicios ecosistémicos se encuentran en un proceso de consolidación a través de los años y es objeto de discusión que intenta cimentar el proceso de valoración de la naturaleza siendo un medio para lograr generar conciencia en los fenómenos ecológicos que son de servicio para la humanidad, requiriéndose una comprensión de los procesos ecológicos que permitan el buen funcionamiento de los ecosistemas y que provean de servicios a las poblaciones humanas (Fisher et al. 2009).

3. Clasificación de los servicios ecosistémicos

La clasificación de los servicios ecosistémicos parte de la dinámica compleja de los procesos que se dan en los ecosistemas y las características propias que hacen complicado contar con un esquema de clasificación adecuado (Constanza 2008), el intentar diseñar un sistema de clasificación único debe ser abordado con precaución y es por eso que la clasificación de los servicios ecosistémicos se fundamenta en las características del ecosistema o el fenómeno el cual vaya a ser investigado, al igual que la toma de decisiones a las cuales van a ser consideradas (Turner y Georgiou 2012).

Una de las primeras clasificaciones propuestas fue por parte de Constanza (1997) en donde definió 17 servicios ecosistémicos incluyendo también a sus beneficios, esta

propuesta únicamente fue un listado y es hasta el aporte de De Groot et al. (2002) en donde se presenta la primera clasificación enfocada en diseñar una tipología sistemática y un marco de trabajo general para poder analizar las funciones y servicios de los ecosistemas en donde se destaque el subconjunto de funciones del ecosistema que están estrechamente relacionados con la capacidad de los procesos y componentes naturales para proporcionar bienes y servicios que satisfagan las necesidades humanas.

Es así que diversos autores brindan una clasificación de 23 funciones básicas de los ecosistemas las cuales están agrupadas en cuatro categorías principales las que se derivan en diferentes bienes y servicios.

Funciones de regulación. - Delimita la capacidad que tiene los ecosistemas para poder regular procesos ecológicos que son esenciales y además de sostener sistemas vitales a través de los ciclos biogeoquímicos y otros procesos biológicos, estas funciones tienen beneficios tanto directos como indirectos para las poblaciones humanas.

Funciones de hábitat. – Los ecosistemas como tal proporcionan hábitat de refugio y reproducción para plantas y animales los cuales contribuyen a la conservación biológica y diversidad genética.

Funciones de producción. - Los procesos como la fotosíntesis a partir de los cuales los organismos se autoabastecen generan también una gran cantidad de biomasa, todos estos procesos y estructuras brindan variedad de bienes y servicios para el ser humano que van desde alimento hasta materia prima, recursos genéticos y medicinales.

Funciones de información. – Los ecosistemas brindan funciones de referencia que contribuyen a mantener la salud humana proporcionando oportunidades de enriquecimiento en el campo espiritual, cognitivo, recreacional y experiencias estéticas en el paisaje.

La clasificación actual de los servicios ecosistémicos es la derivada de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MA 2003), la cual es la más difundida y aceptada, la misma propone una clasificación con propósitos operacionales basados en cuatro líneas funcionales que incluyen servicios de soporte, regulación, aprovisionamiento y culturales para poder así facilitar la toma de decisiones (ver tabla 2).

Tabla 2
Clasificación de los servicios ecosistémicos

Servicios de aprovisionamiento (Productos obtenidos de los ecosistemas)	Servicios de regulación (Beneficios obtenidos de la regulación de procesos de los ecosistemas)	Servicios culturales (Beneficios no materiales obtenidos de los ecosistemas)	Servicios de soporte (Servicios necesarios para la producción de otros servicios de los ecosistemas)
-Alimentos -Agua dulce -Leña -Fibras -Bioquímicas -Recursos Genéticos	-Regulación del clima -regulación de enfermedades -Regulación y saneamiento del agua -Polinización	-Espiritual y religioso -Recreativo y turístico -Estético -Inspirativo -Educativo -Identidad del sitio -Herencia cultural	-Formación de suelos -Reciclaje de nutrientes -Producción primaria

Fuente y elaboración propia con base en (MA 2005).

3.1. Servicios de soporte. - son aquellos servicios necesarios para la producción de todos los demás servicios ecosistémicos.

3.2. Servicios de aprovisionamiento. - productos obtenidos del ecosistema.

3.3. Servicios de regulación. - beneficios obtenidos de la regulación de los procesos del ecosistema.

3.4 Servicios culturales. - beneficios no materiales que la población obtiene de los ecosistemas (MA 2005).

Los ecosistemas proveen diferentes servicios en varias escalas que parten desde las comunidades locales hasta alrededor del mundo, los servicios ecosistémicos contribuyen al bienestar humano brindando seguridad, además de materiales básicos para la vida, salud y relaciones sociales, los investigadores distinguen tres tipos de servicios que hacen uso la gente: servicio de provisionamiento, servicios de regulación, y servicios culturales, donde cada uno de ellos cumplen roles desde moderar la fuerza de las olas o vientos (Adger et al. 2005), hasta reducir la temperatura del aire y olas de calor en zonas urbanas (Gill et al. 2007).

Los ecosistemas constituyen escenarios en donde la apropiación, conservación, restauración de los territorios y de su biodiversidad prevalece en todas las dimensiones y contextos, a la vez que estos ecosistemas proveen bienestar social y económico en el desarrollo de los pueblos brindando diferentes bienes y servicios que permite a los grupos humanos sobrevivir a través del tiempo, desde un contexto y marco social ecológico toma relevancia la cultura puesto que el papel de las personas, comunidades, instituciones, empresas y estado son claves en este ejercicio (Aldana 2014).

La cultura enraizada al conjunto de conocimientos, formas de vida, organización y costumbres de un pueblo presentes en la satisfacción de las necesidades humanas posibilita el mantenimiento de todos los ecosistemas ya que son manipulados y transformados en beneficio propio (Balvanera et al. 2011), la cultura además delimita los servicios derivados de los ecosistemas y el aprovechamiento de estos de acuerdo a construcciones sociales que determinan los servicios derivados de los ecosistemas y el aprovechamiento de acuerdo a las construcciones sociales que se establecen en la sociedad, tanto el concepto de cultura como de identidad, los simbolismos y valores se pueden considerar construcciones colectivas, al igual que las experiencias vividas a diario hacen parte de la cultura a los individuos de determinada sociedad (Castrillón et al. 2018).

Los servicios ecosistémicos culturales son beneficios no materiales obtenidos de los ecosistemas naturales y atribuidos al mantenimiento de la vida humana ya que proponen oportunidades de salud, crecimiento espiritual, desarrollo cognitivo, recreación, identidad cultural y experiencias estéticas (Camacho y Ruiz 2012) (Milcu et al. 2013), entre varias de sus características esta la intangibilidad, la entrega de beneficios físicos, emocionales y mentales, es por eso que estos tipos de ecosistemas no son consumibles y rara vez son comercializables (Milcu et al. 2013).

Estos servicios se obtienen de la interacción directa de los seres humanos con los recursos naturales, lo cual permite afianzar la identidad cultural y el sentido de pertenencia de una comunidad, región o nación a partir de la valoración de manifestaciones culturales como fiestas, gastronomía, economía, religión, representaciones artísticas, arquitectura, entre otros, en estos servicios también constan las actividades de recreación y turismo como por ejemplo avistamiento de aves, paisajes, caminatas, fotografía, gastronomía, pesca, contribuyendo al conocimiento y al compromiso personal, comunitario e institucional para proteger la biodiversidad y el mejoramiento del conocimiento de las especies de flora y fauna nativa, tanto el patrimonio como los bienes culturales son identificados y reproducen las experiencias comunitarias que son objetos de protección no solo a nivel local si no también internacional (García y Llano 2018).

Los servicios ecosistémicos culturales y su clasificación se derivan de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MA 2005) y los define como los beneficios culturales que se obtiene del ecosistema, para delimitar la clasificación de los servicios culturales se involucró a 95 países los cuales estructuraron alrededor del concepto de lo

que es un servicio ecosistémico y como este es integrado a la sustentabilidad ecológica, conservación y bienestar (ver tabla 3).

Tabla 3
Clasificación de los servicios ecosistémicos culturales

Beneficios no materiales obtenidos de los ecosistemas.	-Espiritual y religioso
	-Recreativo y turístico
	-Estético
	-Inspirativo
	-Educativo
	-Identidad del sitio
	-Herencia cultural

Fuente y elaboración propia con base en (MA 2005).

La clasificación de los SEC está establecida para evaluar la dimensión cultural de los valores, prácticas y conocimientos además de las satisfacciones que pueden dar al ser humano sea de manera directa o indirecta como salud, recreación, descanso, ocio, arte, identidad, religiosidad y espiritualidad, que se encarga de buscar la armonía del ser humano con los ecosistemas naturales y la integración de la naturaleza para analizar los impactos de la humanidad que comprometan la estabilidad ambiental y desarrollar estrategias para poder disminuirlos, generando beneficios directos e indirectos que contribuyan con la felicidad humana y sirvan como protección de los mismos ecosistemas (Constanza, 1997).

La estética del paisaje hace énfasis a la belleza que se encuentra presente en la apreciación de los ecosistemas, donde se destacan sobre todo parques naturales, zonas de reserva, accidentes geográficos, vegetación, aguas termales, ríos, lagunas, mares, cultivos, desiertos, bosques entre otros, para poder valorar su calidad en la estética se utilizan encuestas de percepción además de observaciones a las comunidades que hacen uso de este tipo de escenarios sea de manera económica o visual (Terry et al. 2012).

Los valores históricos y culturales que brindan los paisajes están asociados a la identidad del pueblo o de las comunidades, a partir de características biofísicas, artefactos físicos e intangibles que se heredan de generación en generación y cuyo significado va más allá de simplemente el enfoque visual del paisaje, es así que el arraigo de los pueblos y comunidades a los valores tradicionales, creencias, costumbres y formas de organización se identifican sobre manera en las comunidades indígenas o afrodescendientes (Terry et al. 2012).

El turismo y recreación que se encuentran abarcan todas las actividades que pueden realizarse al aire libre en interacción con los ecosistemas naturales o semi naturales, todos los ecosistemas pueden ser aprovechados para estas actividades en el horario diurno o nocturno sin afectar la vida silvestre, se puede recorrer ambientes y desarrollar actividades para así fortalecer el bienestar físico y psicológico de las personas que visitan y hacen uso del mismo (Terry et al. 2012).

La espiritualidad y religiosidad está ligada al ambiente y a los ecosistemas en donde se destacan valores, prácticas y sobre todo vivencias de los pueblos y comunidades indígenas, espirituales, religiosas y conservacionistas que siempre tratan de establecer diversas formas de permanencia a través del tiempo manteniendo diversos espacios considerados hoy como sagrados, estas áreas se identifican por símbolos, santuarios o rutas de peregrinación (Terry et al. 2012).

Los servicios culturales en los ecosistemas, aunque no tienen una valoración económica propia si se las ha reconocido por líderes, comunidades, científicos y legisladores que buscan su protección a través de las prácticas culturales, espirituales, religiosas y de estudios científicos buscando que se realicen evaluaciones participativas para dar el reconocimiento debido a estos servicios (Terry et al. 2012, Milcu et al. 2013, Cooper et al. 2016).

4. Servicios ecosistémicos culturales y su afectación por el cambio climático

La mitigación del cambio climático está asociada principalmente a los esfuerzos por lograr disminuir la emisión actual y futura de gases de efecto invernadero los cuales son más intensos, haciendo que la temperatura sea mucho más elevada (Hamin y Gurran 2009) (IPCC 2007), la mitigación y adaptación del cambio climático deben ser consideradas como aproximaciones complementarias e indivisibles para poder intentar evitar todos los impactos, la adaptación es fundamental porque sirve para enfrentar los cambios que se presentan, si no existieran los resultados podrían superar la capacidad de los sistemas naturales y humanos para adaptarse (IPCC 2007).

Los servicios ecosistémicos favorecen a la adaptación del cambio climático y logran moderar sus impactos negativos potenciales logrando reducir el consumo energético, el efecto moderador de las temperaturas del aire que provienen de los espacios verdes, contribuyen a disminuir los efectos negativos del efecto de Isla de Calor Urbana (ICU), como el estrés térmico y discomfort de la población (Vásquez 2006).

Los servicios ecosistémicos culturales contribuyen al bienestar humano brindando elementos básicos para la vida, salud y las relaciones sociales, la permanencia de los vínculos entre los ecosistemas y el ser humano, muchos de los elementos que brindan los servicios ecosistémicos ayudan a que la vulnerabilidad del cambio climático sea menor, en la mayoría de lugares del mundo estos servicios se encuentran amenazados por la constante presión humana y por el cambio climático, la degradación de los ecosistemas, el cambio del uso del suelo y como es aprovechado generan que la sociedad se encuentre cada vez más vulnerable en donde los planes de adaptación, conservación y manejo sostenible de las comunidades quienes son los mayores beneficiarios de los SEC no sean suficientes para contrarrestar los efectos.

Capítulo segundo

En este capítulo se aborda la descripción del área de estudio además se describe la metodología utilizada en la investigación

Área de estudio y metodología

1. Descripción del área de estudio

La investigación se realizó en la Provincia de Imbabura, Cantón Otavalo, en las áreas de influencia directa del Lago San Pablo en las parroquias rurales de: González Suárez, San Pablo, San Rafael, Eugenio Espejo, Miguel Egas Cabezas y en las parroquias urbanas de San Luis y El Jordán (ver figura 1). La cuenca del Lago San Pablo ocupa una superficie de 173,3 km², ubicado en las laderas andinas que cubren pisos altitudinales que van desde los 2680 msnm hasta los 4621 msnm en donde el Lago San Pablo se encuentra en la parte más baja. Los edificios volcánicos que delimitan a la cuenca son el norte con el Volcán Imbabura a 4621 msnm, al sur Mojanda a 4121 msnm y al este Cusín con una altura de 3990 msnm (IGM 2013).

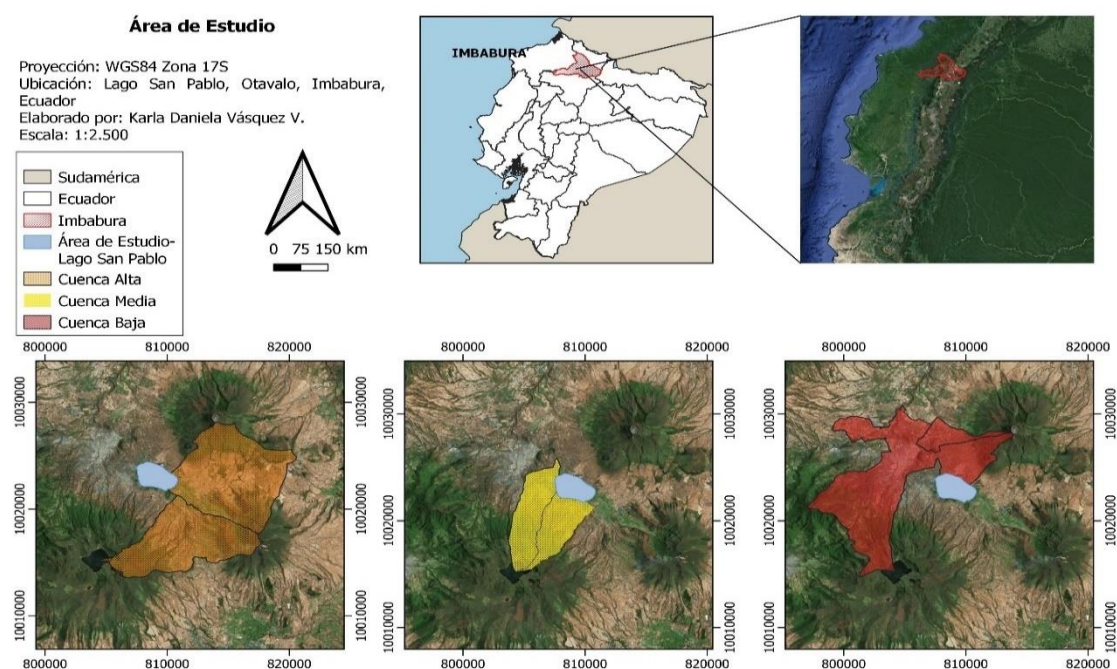


Figura 1. Área de Estudio.

Fuente y elaboración propia con base en (IGM 2013).

2. Antecedentes metodológicos

2.1. Caracterización biofísica

El Lago San Pablo conocido también como Imbakucha el cual es su nombre original es el lago más grande de los 28 con los que cuenta la Provincia de Imbabura, se encuentra a 2660 msnm ocupando una cuenca cerrada y formada en el fondo de la cordillera de los Andes, cuenta con una profundidad de 30 m y una superficie de 147,90 km², es sus alrededores se observa hermosos paisajes con pequeños veleros blancos y garzas, ubicado entre las parroquias de González Suarez, Eugenio Espejo y San Rafael.

2.1.1. Clima

La provincia de Imbabura cuenta con varias condiciones orográficas que hacen que posea gran diversidad tanto ecosistémica como climática constituyendo una base para el desarrollo productivo y turístico de la provincia (GPI 2015). La cuenca del Lago San Pablo de acuerdo a López (2012) presenta un clima ecuatorial mesotérmico semi húmedo, el cual es caracterizado por tener una pluviométrica anual que oscila entre 1000 y 2000 mm y que se encuentra distribuida en dos estaciones lluviosas, asimismo las temperaturas medias se sitúan entre 10 °C y 20 °C y consta de una humedad relativa entre 65 y 85 %.

2.1.2. Geología y geomorfología

La cuenca del Lago San Pablo es de origen glaciar, está rodeado por los cerros: Imbabura, Cusín y Mojanda, se ubica en las faldas del Volcán Imbabura a 4630 msnm (Hall 1977). El Lago San Pablo proviene de una acción conjunta entre el glaciar y de forma tectónica lo que probablemente debió haberse formado a principios del periodo cuaternario en la época Pleistocénica por la acción volcánica que ha dado sus materiales para las formaciones morenaicas y por fósiles encontrados en las tobas volcánicas del Imbabura (Campaña y Naranjo 1989).

2.1.3. Morfología del sistema lacustre “Lago San Pablo”

San Pablo es un lago eutrófico el cual presenta una superficie de 670 ha con una forma casi circular, sus orillas de pendiente son pronunciadas que se asemejan a la forma de una piscina con paredes verticales, la mayoría de los aportes de agua vienen de los ríos y riachuelos de montaña, el lago además tiene un largo aproximado de 3560 m y un ancho de 1400 m (Galarraga 1992) (Casallas 2005) (ver tabla 4).

Tabla 4
Parámetros Morfométricos del Lago San Pablo

Largo Máximo	3560 m
Ancho Máximo	1400 m
Profundidad Media	24.6 m
Profundidad Máxima	35.2 m
Tiempo de retención	3.2 años

Fuente y elaboración propia con base en (Galarraga et al. 1992) en Casallas (2005).

2.1.4. Hidrología

La principal fuente de agua del Lago es el Río Itambí un río de montaña que nace en el Volcán Cusín el cual posee una longitud de 17 km, también recibe agua de la vertiente Araque y riachuelos San Agustín y el Pivarince, del lago sale un efluente denominado Río Peguche y es el que da origen a la cascada de Peguche que es uno de los atractivos más importantes de la ciudad de Otavalo. De acuerdo a Galarraga (1992) en Casallas 2005 en la propuesta de biorremediación del Proyecto de Recuperación del Lago San Pablo se establece que el espejo de agua en 1983 era de 483 hectáreas y en el 2009 26 años después el área es de alrededor de 300 hectáreas demostrándose que la disminución fue de 183 hectáreas.

2.1.5. Tipo y uso de suelo

El lago al encontrarse situado en la zona baja del Río Itambí la cual corresponde a una unidad fisiográfica de depósitos lacustres los suelos son de origen volcánico y predominan los de tipo limoso, arenoso y arenoso-limoso (Galarraga et al. 1992).

De acuerdo al Plan de Manejo de la Cuenca del Lago San Pablo por Bejarano et al. (2001) alrededor de 7634 ha de suelo (51 %) se clasifican en el orden Inceptisol el cual es caracterizado por su suelo de tipo limoso (<30 % de arcilla), poco árido, derivados de ceniza y con una saturación de cationes superior al 50 % y ninguna capa dura en sus primeros metros. Otras 7234 ha (49 %) forman parte del orden Molisol cuya textura es arenosa con cangagua a menos de un metro de profundidad, la variabilidad de profundidad establece que un 50 % de la superficie de la cuenca tienen una profundidad de 100 cm, mientras que un 25 % entre 50 a 100 cm y otros 25 % tiene una profundidad de 50cm (López 2012).

El 35% de la cuenca tiene un riesgo de erosión alto y el 33% un riesgo muy alto, en condiciones donde no existe adecuada cobertura vegetal alrededor del 68% que representan 10045.8 hectáreas tienen altas posibilidades de erosionarse; en el caso de las

microcuencas del Rio Itambí el 66% de su superficie tiene un riesgo alto de erosionarse mientras que el 25% de su área tiene un riesgo moderado y 9% de ligero a muy ligero; el 8% de la cuenca son susceptibles a inundaciones por efectos torrenciales que podría, en el futuro afectar a una población estimada de 10000 habitantes (López 2012).

El uso de insecticidas y pesticidas para los cultivos de frutilla, la erosión del suelo por deforestación, introducción de especies exóticas actividades de pastoreo en las riberas hacen que el lago sufra de una fuerte presión en el recurso suelo y agua, por ejemplo en las orillas del lago cerca de la parroquia Eugenio Espejo en donde existe pastoreo con vacas, ovejas y porcinos pastan deliberadamente en los totorales, sus desechos caen al agua que utilizan los habitantes para lavar la ropa o se empoza en pequeños charcos donde los niños se bañan (López 2012).

2.1.6. Zonas de vida y formaciones vegetales

El Lago San Pablo al presentar una precipitación de alrededor de 1003.5 mm y una temperatura promedio de 13.5°C de acuerdo a la clasificación de Holdrige se considera en: bosque húmedo Montano Bajo (bhMB) esta zona de vida se caracteriza por estar en el callejón interandino sobre los 2000 msnm, con un promedio de precipitación anual entre los 1000 y 2000 mm registrando una temperatura media anual entre 12 °C y 18 °C, se encuentran pocos relictos de vegetación natural y los suelos están mayormente destinados a la agricultura en pequeñas parcelas (maíz, frutilla), las especies de flora representativa en el área son aliso, surales (*Chusquea scandens*), chilca (*Baccharis polyantha*) lechero (*Euphorbia latazii*) (López 2012).

2.2. Caracterización socio-cultural

2.2.1. Población y grupos étnicos

En el área de influencia directa del Lago San Pablo se asientan las parroquias rurales de San Pablo, Eugenio Espejo, González Suarez y San Rafael que pertenecen al Cantón Otavalo, con una población total de 16500 habitantes, siendo mayoría indígenas (Kichwa Cayambi o Kichwa Otavalo). De acuerdo a Bejarano et al. (2001) en la cuenca del Imbakucha coexisten grupos de población pertenecientes a la nacionalidad Kichwa y mestiza, el primer grupo representa al 83% de la población total de la cuenca y en su mayoría es bilingüe (kichwa-castellano) y el 17% corresponde a la población mestiza asentada en la zona (ver tabla 5).

Tabla 5.
Parroquias y Comunidades de la zona de influencia del Lago San Pablo

PARROQUIA	SUPERFICIE KM2 (2011)	POBLACION CENSO 2001	POBLACION CENSO 2010	COMUNIDADES	ETNICIDAD
SAN PABLO	64	9106	9901	Araque	KO
				Cusín Pamba	KC
				Imbaburita	KC
				Abatag	KC
				Gualaví	KC
				Cochaloma	KC
				Casco Valenzuela	KC
				El Topo	KC
				Angla	KC
				Ucsa	KC
				Loma Kunga	KC
EUGENIO ESPEJO	30	6004	7357	Censo Copacabana	KO
				Cuaraburo	KO
				Pivarinsing	KO
				Pucará Alto	KO
				Huacsara	KO
				Calpaquí	KO
				Arias Pamba	KO
				Chuchuquí	KO
				Mojandita de Avelino	KO
				Dávila	
				Puerto Alegre	KO
				Pucará Desaguadero	KO
				Pucará de Velásquez	KO
SAN RAFAEL	18	4762	5421	Huaycopungo Norte	KO
				Cachiviro	KO
				Tocagón	KO
				Cuatro Esquinas	KO
				Cachimuel	KO
				San Miguel Alto	KO
				Sánchez Pugro	KO
GONZÁLEZ SUAREZ	52	5320	5630	Pijal	KC
				Gualacata	KC
				Caluquí	KC
				Mariscal Sucre	KC
				Eugenio Espejo de Cajas	KC
				San Agustín de Cajas	KC
				Inti Huaycopungo	KO
				Camuendo	KO
				La Compañía	KO

Fuente y elaboración propia con base en INEC. Censo de Población y Vivienda de 2001 y 2010-GAD Otavalo-Participación ciudadana rural 2011; Bejarano et al. 2001; Consultoría PDOT Otavalo.

2.2.2. Identidad cultural

La población Kichwa se caracteriza por tener una relación muy fuerte con el medio natural en especial con montañas, agua, árboles y con respecto de quienes conservan un cúmulo de significados que inspiran a través de los años la creación de cuentos, mitos, leyendas, ritos y fiestas alrededor de los cuales ha sido posible una adecuada cohesión, auto identificación y resistencia etnocultural (Bejarano et al. 2001).

El lago San Pablo, vertientes de agua, y cascadas son lugares cargados de poderes en donde los indígenas realizan baños, rituales de purificación y se concretan pactos con el dueño del sitio debido a que en la cosmovisión indígena todas las cosas tienen dueño y un espíritu para poder dotarse de fuerza y energía, asimismo estos rituales sirven para estar preparados para las fiestas como el Inty Raymi (Bejarano et al. 2001).

El Lago San Pablo se encuentra dentro de los mitos y leyendas de los pobladores de la región, sin embargo, en la actualidad por las etnias, comunidades y su forma de pensar muy diferente, para unos el lago debe ser cuidado y mejorado debido a que en el pasar de los años se ha sentido la preocupación por su contaminación además de pérdidas de volumen y biodiversidad, mientras que para una pequeña parte de la población desean verlo seco para poder ocupar sus tierras en agricultura (Bejarano et al. 2001).

2.3. Actividades antrópicas

Las actividades originadas por el ser humano generan presión sobre los ecosistemas en muchos casos generando daños irreversibles, en el Lago San Pablo se presentan varios efectos que provocan un desequilibrio ambiental en el ecosistema, por ejemplo: viviendas en las orillas del lago que es el principal asentamiento de los pueblos indígenas y en el realizan varias actividades como riego, lavado de ropa, aseo personal, lavado de vehículos siendo una de las actividades que más contaminan al lago (López 2012).

Los desechos generados por los humanos es un fenómeno común en la mayoría de los humedales debido a que se utilizan como depósito final de descarga de desechos, a esto se adiciona el uso indiscriminado de insecticidas, pesticidas en la agricultura cuyos residuos llegan a los lechos de las vertientes que ingresan al lago, la ganadería de la misma manera se realiza en las orillas del lago donde existen pastizales, sobre ellos se puede visibilizar presencia de vacas, ovejas, caballos haciendo uso de las orillas del lago (López 2012).

La extracción de totora es otro de los problemas que se presentan en el lago, esta actividad es muy tradicional de la que dependen muchas familias, sin embargo se desarrolla de manera irracional donde deberían existir periodos de corte y más controles ya que en estos sectores anidan patos, garzas y algunas aves de descanso, el ingreso de lanchas también representa un problema ya que navegan cerca de la totora en donde igualmente están las actividades turísticas que muchas veces son desordenadas generando serios problemas en el ambiente generando mayor contaminación con el arrojado de desperdicios (López 2012).

Desde el punto de vista del estado trófico el lago se considera en estado eutrófico con alta carga de nutrientes que provienen en gran parte por aguas de escorrentía de actividades agrícolas y por aguas residuales domésticas, el intenso desarrollo y crecimiento de macrófitos sumergidos han contribuido al estado trófico actual, además que el sistema de estratificación del lago se ha establecido en un carácter monomítico con un periodo de completa circulación durante la época de fuertes vientos como son los meses de verano de Junio y Agosto, durante el resto del año el cuerpo de agua presenta una estratificación térmica que es de baja estabilidad, la distribución de oxígeno sigue las fases de estratificación térmica con valores de 70% de saturación, durante esta etapa se presenta una sobresaturación en los estratos superiores y un déficit efectivo de oxígeno en las aguas profundas con condiciones anaeróbicas (Gunkel 2003).

Alrededor del humedal existe la presencia de varias hosterías y no existe ninguna normativa para el uso de riberas del Lago, además al no existir dicha normativa los desechos son directamente enviados al cuerpo de agua sin ningún tipo de tratamiento notándose la nula aplicación de un plan de desarrollo y ordenamiento territorial adecuado que defina zonas de amortiguamiento, áreas protegidas, crecimiento y expansión urbana para poder enfocarse en los efectos del cambio climático tomando en cuenta mencionadas actividades antrópicas (López 2012).

2.4. Iniciativas históricas en el manejo de la cuenca del Lago San Pablo

El plan de manejo de la cuenca del Lago San Pablo ha sido la única propuesta desarrollada hasta el momento la misma fue elaborada por el área de investigaciones del CEPCU en el 2001 para ser empleado durante 15 años con la participación de técnicos y miembros de la comunidad, este plan en primera instancia intento diagnosticar, determinar los problemas y proyectarse a largo plazo siendo un recurso para entregarse a las autoridades provinciales y municipales.

El Lago San Pablo es uno de los atractivos turísticos más visitados del norte del Ecuador, lamentablemente sus aguas están muy contaminadas porque entre otras causas no existe un correcto sistema de alcantarillado y es por esto que los actores de la zona se han propuesto mejorar la calidad del agua mediante el tratamiento de aguas servidas de los centros poblados, este proyecto de tratamiento secundario de aguas residuales que van al lago es de una calidad aceptable y está en marchas en distintas comunidades.

Este proyecto comenzó con un diagnóstico que se elaboró en 1994 y se lo ejecuto con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) que hasta ese momento se obtuvieron muy buenos resultados, los beneficiarios sumaron alrededor de 12 mil miembros de las comunidades (Bejarano et al. 2001).

3. Metodología

Para el cumplimiento de los objetivos propuestos en la investigación se estableció la siguiente metodología comprendida en tres fases:

Fase I. Caracterización de los servicios ecosistémicos culturales que provee la cuenca del Lago San Pablo, su evolución, importancia y priorización para la población local en el periodo 2000-2020.

Fase II. Identificación de los efectos en los servicios ecosistémicos culturales producto de las variaciones climáticas en la cuenca del Lago San Pablo.

Fase III. Discutir las potenciales relaciones que existen entre las variaciones climáticas globales y servicios ecosistémicos culturales.

3.1. Fase I. Caracterización de los servicios ecosistémicos culturales que provee la cuenca del Lago San Pablo, su evolución, importancia y priorización para la población local en el periodo 2000-2020

Para cumplir la primera etapa de la fase I de la investigación se realizó revisión bibliográfica del área de estudio, límites, clima, geología, geomorfología, morfología, hidrología, tipos y uso de suelo, zonas de vida, formaciones vegetales, grupos étnicos, identidad cultural y acciones antrópicas para conocer si estos factores influyeron en la investigación.

3.1.1. Etapa 1: Fase de campo

La segunda etapa consistió en la fase de campo; se realizó en las parroquias de influencia directa del Lago San Pablo en las parroquias rurales de: San Pablo, González

Suarez, San Rafael, Eugenio Espejo, Dr. Miguel Egas Cabezas (Peguiche), y las parroquias urbanas de San Luis y El Jordán en donde se aplicó una encuesta (ver anexo 1) para conocer e identificar los servicios culturales existentes alrededor conjuntamente con la población, seguidamente se elaboró cartografía para identificar las parroquias en donde se encuentran ubicados los principales efluentes que alimentan al Lago San Pablo, considerando también a la zona urbana de Otavalo (Parroquia San Luis y El Jordán) que forman parte también de los sectores de influencia.

Mediante visitas de campo realizadas a toda el área de influencia del lugar de estudio se identificaron las microcuencas: Quebrada Araque, Quebrada Caluquí, Quebrada Pibarishe que son los principales efluentes que alimenta al Río Itambí siendo el principal efluente del Lago San Pablo, una vez identificadas las microcuencas se procedió a dividir el área de estudio en tres zonas: Cuenca Alta las parroquias de San Pablo y González Suarez (ver figura 2), Cuenca Media las parroquias de Eugenio Espejo y San Rafael (ver figura 3) y Cuenca Baja las parroquias de Dr. Miguel Egas Cabezas, San Luis y El Jordán de la urbanidad de Otavalo (ver figura 4).

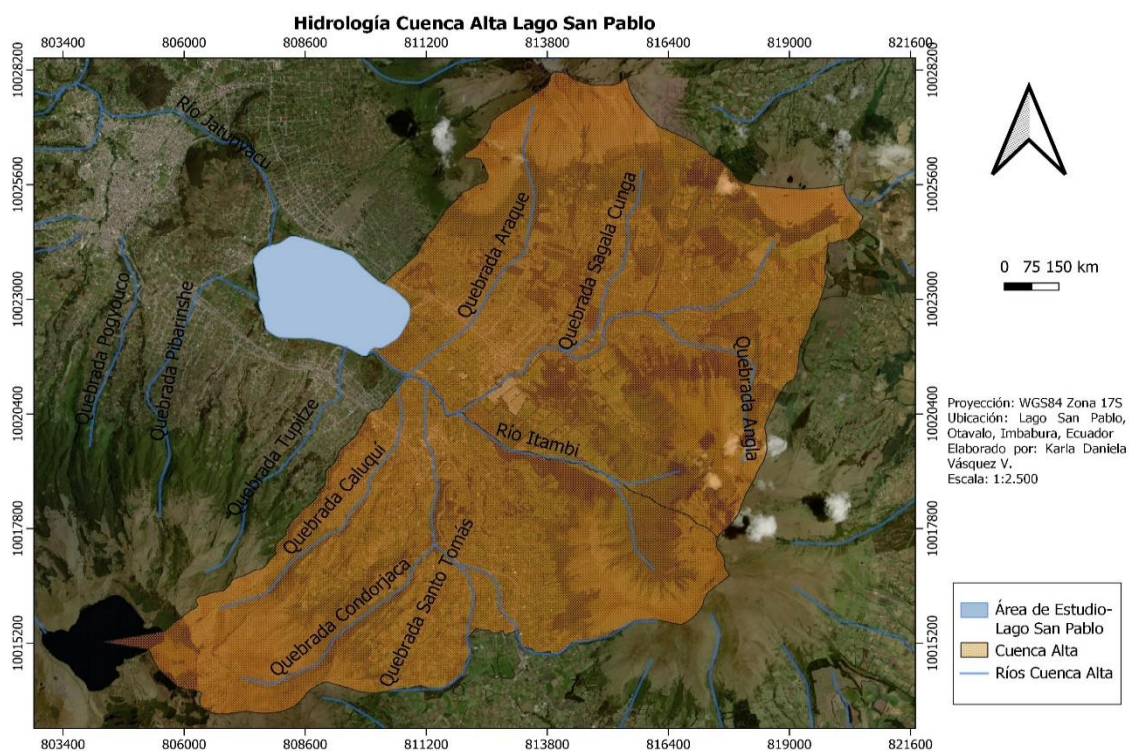


Figura 2. Parroquias y ríos de influencia directa de la cuenca alta del Lago San Pablo. Fuente y elaboración propias con base en IGM (2013).

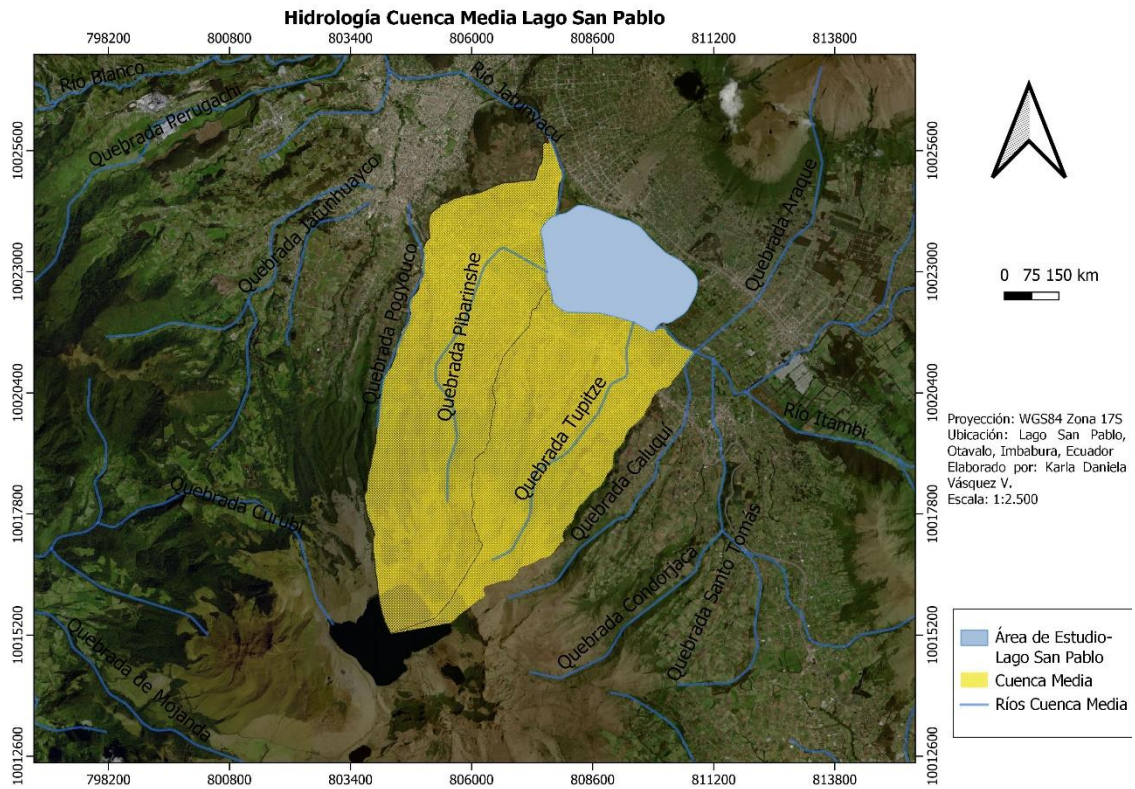


Figura 3. Parroquias y ríos de influencia directa de la cuenca media del Lago San Pablo. Fuente y elaboración propias con base en IGM (2013).

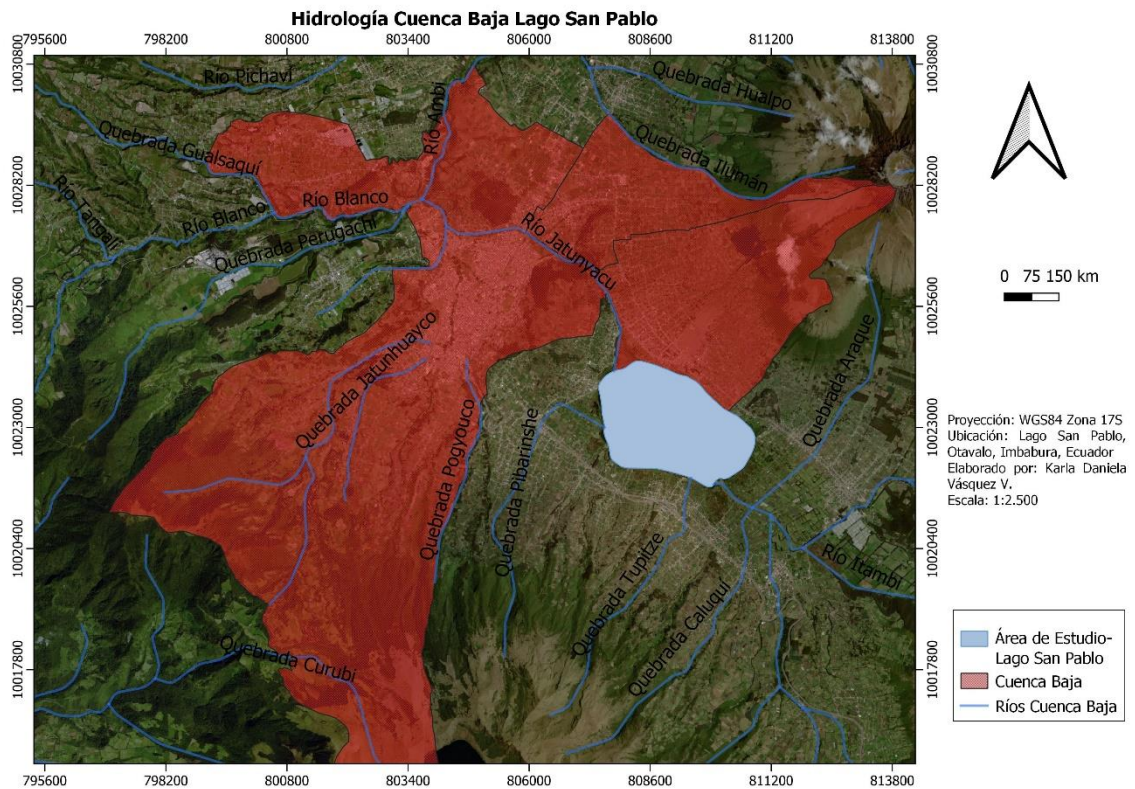


Figura 4. Parroquias y ríos de influencia directa de la cuenca baja del Lago San Pablo. Fuente y elaboración propias con base en IGM (2013).

Con información basada en el INEC (2010) y el Plan de Ordenamiento Territorial de Imbabura (2015) se conoció la población de los lugares a encuestar, para posteriormente con un margen de error del 5 % y el nivel de confianza del 95 % se obtuvo el tamaño de la muestra con la siguiente fórmula:

$$M = \frac{Z^2 * (p) * (1 - p)}{c^2}$$

En donde:

Z= Nivel de confianza (95% o 99%)

p= .5

c= margen de error 5%

Una vez obtenido el tamaño de la muestra y con la población total al ser encuestada la encuesta fue aplicada a personas que viven en toda el área de influencia con edades entre los 17 hasta los 82 años de edad cada una delimitada como se indica (ver tabla 6).

Tabla 6
Parroquias, áreas identificadas, tamaño de la muestra de las parroquias del área de estudio

Parroquia	Área identificada	Población Total	Tamaño de la muestra
González Suárez	Cuenca Alta	5.630	6
San Pablo	Cuenca Alta	15.124	15
San Rafael	Cuenca Media	5.421	6
Eugenio Espejo	Cuenca Media	7.357	8
Doctor Miguel Egas Cabezadas (Peguche)	Cuenca Baja	4.883	5
Otavalo	Cuenca Baja	10.4874	83
TOTAL			123

Fuente y elaboración propias con base en PDOT Provincial de Imbabura (2019).

Realizada la identificación de los sectores se aplicó la encuesta a la población para conocer la percepción hacia los servicios ecosistémicos culturales, la cual se organizó en dos bloques (Ver Anexo 1):

Bloque 1- Información Básica

-Género

-Lugar de residencia

-Edad

-Nivel de Educación

-Ocupación

Bloque 2: Servicios ecosistémicos culturales

-Actividad que realiza en el Lago San Pablo

-Motivación de realizar la actividad

-Frecuencia

-Aumento o disminución de temperatura y precipitación

-Cambio Climático

-Valor del Lago San Pablo.

La encuesta fue realizada en base a la escala de Likert para poder evaluar la opinión y las aptitudes de las personas ante las respuestas obtenidas, esta escala se utilizó en la investigación para poder comprender las opiniones y actitudes de las personas hacia las preguntas planteadas y saber que tan de acuerdo o en desacuerdo se encuentran, esta escala se enfocó en la fuerza e intensidad por lo tanto va desde un de acuerdo hasta un totalmente desacuerdo en cada una de las preguntas.

3.2. Fase II. Identificación de los efectos en los servicios ecosistémicos culturales producto de las variaciones climáticas en la cuenca del Lago San Pablo

La identificación de los efectos en los servicios ecosistémicos culturales del Lago San Pablo fue realizada en dos etapas:

3.2.1. Etapa 1: Estudio de precipitaciones y temperatura

En esta etapa se recopiló los datos de precipitaciones y temperatura de la Estación Otavalo en el periodo de tiempo 2000-2020 a través de los Anuarios Meteorológicos proporcionados por el INHAMI, utilizando los promedios mensuales de precipitación y temperatura se diseñó climogramas anuales utilizando el programa Microsoft Excel los cuales representan de manera gráfica la comparación de los datos.

Posteriormente con el programa estadístico XLSTAT y Excel con el objetivo de conocer si ha existido variaciones de temperatura y precipitación de los años de estudio se dividió en 2 subperiodos de 2000 a 2010 y de 2010 a 2020 para así poder dar respuesta las hipótesis planteadas en la investigación.

3.2.2. Etapa 2: Elaboración de cartografía

Fuentes de información

Las fuentes de información que se utilizaron para la elaboración de cartografía fueron obtenidas de la USGS (United States Geological Survey) registradas por los sensores Landsat 7-ETM+ y Landsat 8-OLI/TIRS, el periodo de estudio fue de 20 años, en donde se obtuvo una imagen por cada subperiodo para los años 2000-2010-2020 (ver tabla 7) las cuales se adquirieron del sitio web Earth Explorer, las imágenes de los años 2000-2010 fueron obtenidas a través de Landsat 7-ETM+ y la imagen del 2020 por Landsat 8-OLI/TIRS, las dimensiones de las imágenes satelitales son del tamaño pixeles con coordenadas WGS84 17N.

Tabla 7
Descripción imágenes landsat 2000-2010-2020

Escena Landsat	Nivel de procesamiento geométrico	Fecha de adquisición	Porcentaje de nubosidad	Datum/Zona UTM/Orientación
LE07L1TP010060200012182017020801T1	L1T	18/12/2000	0%	WGS84 17N
LE07L1TP010060201009092016121301T1	L1T	09/09/2010	0%	WGS84 17N
LC08L1TP010060202008112020082201T1	L1T	11/08/2020	0%	WGS84 17N

Fuente y elaboración propias con base en USGS.

Las imágenes landsat 7 que corresponden a los años 2000 y 2010 tuvieron que ser corregidas antes de empezar a trabajar con ellas, estas correcciones pueden ser de tres tipos: radiométricas, geométricas o atmosféricas, utilizando en este caso la corrección de tipo radiométrico, esto debido a que en Mayo del 2003 el sensor ETM+ de Landsat 7 presento fallas en el SLC, por lo cual las imágenes presentan problemas en el bandeado y por lo que algunos datos pueden llegar a ser considerados como inválidos. Para evitar este problema con los datos se realizó la corrección con el programa ENVI para las 3 imágenes satelitales incluyendo la del 2020 para prever cualquier error que pueda existir al momento de efectuar la cartografía del estudio, en esta investigación fue necesario realizar el cálculo de tres índices: vegetación, normalizado de agua y sequia para conocer en qué medida el cambio climático a afectado la cuenca del Lago San Pablo y los servicios ecosistémicos culturales utilizando las siguientes formulas:

Índice de diferencia normalizada de vegetación (NDVI)

El índice de vegetación normalizada es un parámetro que extrae información y calcula la cantidad, calidad y vegetación de acuerdo a la intensidad de la radiación existente de ciertas bandas del espectro electromagnético, el conocer la cobertura vegetal es fundamental para lograr una gestión sustentable de los recursos naturales, conservando la biodiversidad y mitigar los impactos en ecosistemas y cambio climático (FAO 2015).

La utilización de este tipo de índices radica en los comportamientos radiométricos que presenta la vegetación, si la cubierta de vegetación es buena el espectro radiométrico posee un contraste entre la banda del rojo que es el color que representa a las hojas y el infrarrojo cercano, el rango de valores que poseen las firmas espectrales (Martínez 2017).

Ventajas del NDVI

- Facilidad y sencillez en el cálculo.
- Mejora la interpretación de los parámetros biofísicos de la vegetación.
- Comparación de datos obtenidos donde se mejora la identificación de vegetación verde en la superficie, determinado por las condiciones climáticas (Martínez 2017).

Con las imágenes corregidas en el programa ENVI se procedió a realizar el índice espectral NDVI sobre las imágenes 2000-2010-2020 aplicando la fórmula:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

En donde R corresponde al valor de respuesta espectral de la banda del rojo visible (banda 3) mientras que NIR corresponde al valor de infrarrojo cercano (banda 4) (Martínez 2017).

Índice de diferencia normalizada de agua (NDWI)

El índice de diferencia normalizado de agua es un cálculo que determinar la cantidad de agua que posee la vegetación, este índice es una variación del NDVI y es calculado a partir de las imágenes satelitales las cuales brindan información de reflectancia de una determinada zona en diferentes bandas de frecuencia del espectro electromagnético, los valores varían entre -1 y 1 y son asociados a valores positivos para las superficies con agua o húmedas y negativo para el suelo y la vegetación terrestre (Martínez 2017).

Ventajas del NDWI

- Brinda información relevante para utilizar en modelos de balance hídrico y predicción climática.
- Permite estimar la cantidad de agua que posee la vegetación o nivel de saturación que posee el suelo (Martínez 2017).

Con las imágenes obtenidas a través del proceso de combinado de bandas se procede a realizar el cálculo de índice espectral NDWI sobre las imágenes aplicando la formula:

$$NDWI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$$

En donde los valores de NIR corresponden al valor de infrarrojo cercano (banda 4) y el valor de SWIR es el infrarrojo medio banda 5 (Martínez 2017).

Índice de diferencia normalizada de sequía (NDDI)

El índice compara los índices entre el NDVI que es el espesor de la vegetación y el NDWI el cual está relacionado con el contenido de agua, un valor alto del índice de sequía corresponde a una mayor incidencia de la sequía, estos índices pueden tener una tendencia diferente de manera que indique un menor contenido de agua, lo que indica situación de sequía (Martínez 2017).

Ventajas del NDDI

- Facilidad de cálculo
- Complemento para los indicadores basados in situ.
- Complemento para indicadores basados en teledetección.
- Opción para estudios de sequía en pequeñas regiones.
- Facilidad para el seguimiento de cambios en regiones (Martínez 2017).

Una vez obtenidas las imágenes de los índices de diferencia normalizada de vegetación y el índice de agua se procede al cálculo espectral del índice normalizado de sequía con la siguiente formula con las imágenes NDVI e imágenes NDWI ya procesadas de los años de estudio aplicando la siguiente formula:

$$NDDDI = \frac{NDVI - NDWI}{NDVI + NDWI}$$

El valor de NDVI corresponde a lo obtenido en el índice de diferencia normalizada de vegetación y el valor de NDWI el valor obtenido en el índice de diferencia normalizada de agua, una vez aplicada la formula se obtuvieron los mapas de sequía que permitieron analizar el cambio de temperatura y precipitación que se ha dado en el Lago San Pablo.

3.3. Fase III. Discutir las potenciales relaciones que existen entre las variaciones climáticas globales y servicios ecosistémicos culturales

Para la elaboración del último objetivo de investigación se realizó una revisión sistemática misma que consistió en consolidar la información recopilada con las encuestas realizadas, salidas de campo y los servicios ecosistémicos culturales encontrados en el Lago San Pablo, esto a través de una matriz en donde se comparó los resultados con estudios similares a la investigación.

Capítulo tercero

Análisis de resultados y discusión

El presente capítulo muestra los resultados obtenidos durante la investigación de acuerdo al orden de los objetivos planteados además de las discusiones con otros estudios.

1. Caracterización de los servicios ecosistémicos culturales que provee la cuenca del Lago San Pablo, su evolución, importancia y priorización para la población local en el periodo 2000-2020

1.1. Bloque 1. Información básica

1.1.1. Población encuestada

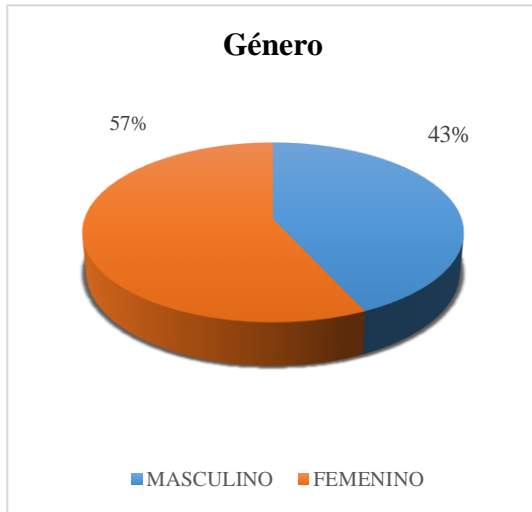
Con la finalidad de conocer lo que perciben los habitantes del área de influencia del Lago San Pablo durante el mes de octubre de 2022 se realizaron 7 salidas de campo en donde se aplicaron 123 encuestas (Anexo 1) divididas de la siguiente manera (ver tabla 8):

Tabla 8
Encuestas realizadas para las parroquias del área de estudio.

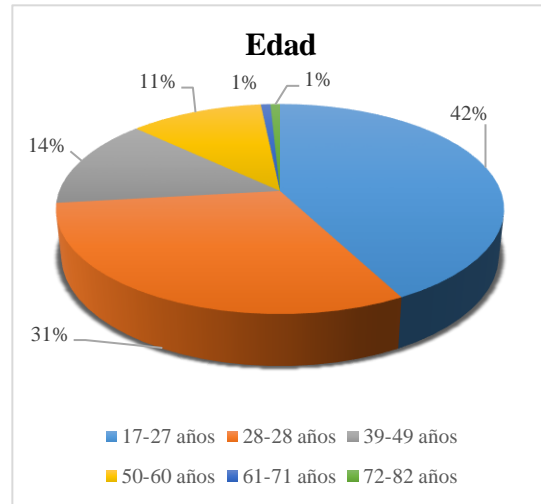
Parroquia	Número de encuestas
González Suárez	6
San Pablo	15
San Rafael	6
Eugenio Espejo	8
Doctor Miguel Egas Cabezas (Peguiche)	5
Otavalo	83
TOTAL	123

Fuente y elaboración propias con base a partir de las encuestas realizadas en octubre, 2022.

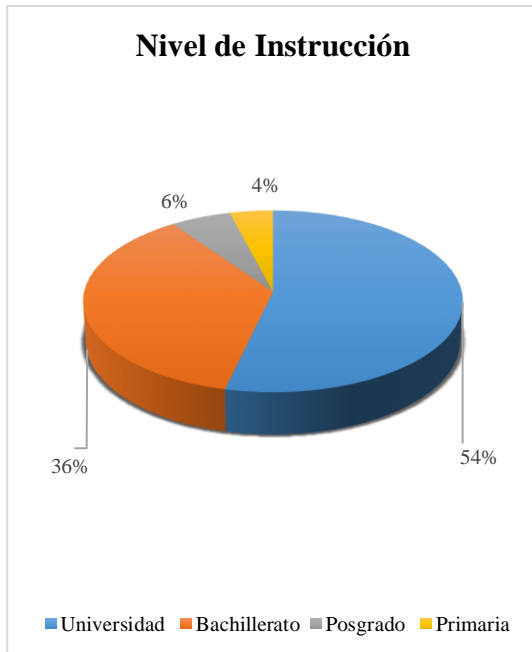
Del bloque 1 de preguntas planteadas se obtuvieron los siguientes resultados:



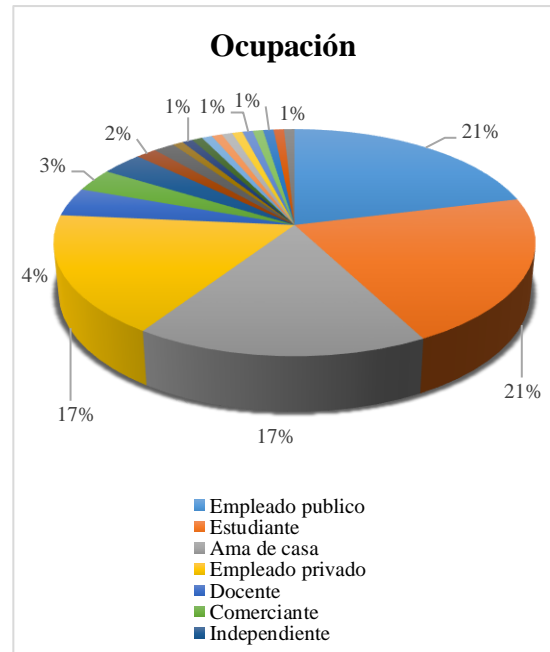
a) Genero de la población encuestada



b) Edad de la población encuestada



c) Nivel de instrucción.



d) Ocupación

Figura 5. Género, edad, nivel de instrucción y ocupación.

Fuente y elaboración propias a partir de las encuestas realizadas en octubre, 2022.

1.1.2. Genero de la población encuestada

De las 123 personas encuestadas el 43 % fueron de género masculino y 57 % de género femenino (ver figura 5, literal a), los cuales se encontraron distribuidas en cada una de las parroquias del estudio (ver anexo 2).

1.1.3. Edad de la población encuestada

El rango de edad de la población encuestada fue desde los 17 años hasta los 82 años, en donde predominaron los jóvenes de 17-27 años representado el 42 % y en menor porcentaje el 1 % adultos mayores de 72-83 años (ver figura 5, literal b), como parte de la encuesta también formaron parte personas en rango de edad entre los 28 años y 71 años (ver anexo 2).

1.1.4. Nivel de instrucción

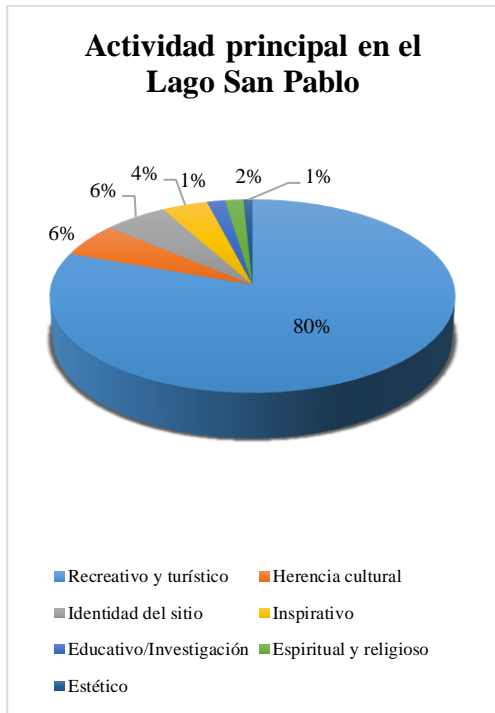
El 54 % de las personas encuestadas presentaron un nivel de instrucción universitario, el nivel más bajo de instrucción que poseen los encuestados es primaria que representa el 4 % (ver figura 5, literal c). En mediana proporción se encuentra el nivel de instrucción de bachillerato con 37 % y posgrado con 6 % (ver anexo 2).

1.1.5. Ocupación

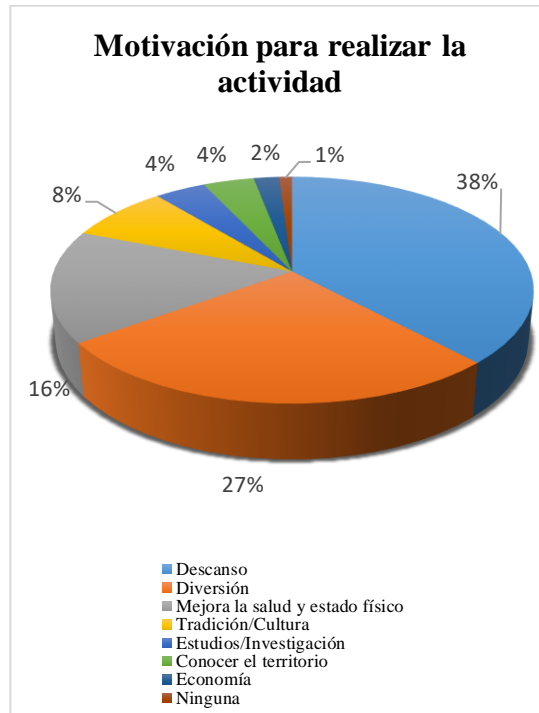
La ocupación principal es aquella actividad en la que la población participa en su cotidianidad, el 21 % de los encuestados fueron estudiantes y empleados públicos, 17 % empleados privados y amas de casa, 4 % docentes, 3 % comerciantes y trabajadores independientes, el 2 % jubilados y desempleados, y 1% entre diferentes profesiones (ver figura 5, literal d) (ver anexo 2).

1.2. Bloque 2: Servicios ecosistémicos Culturales

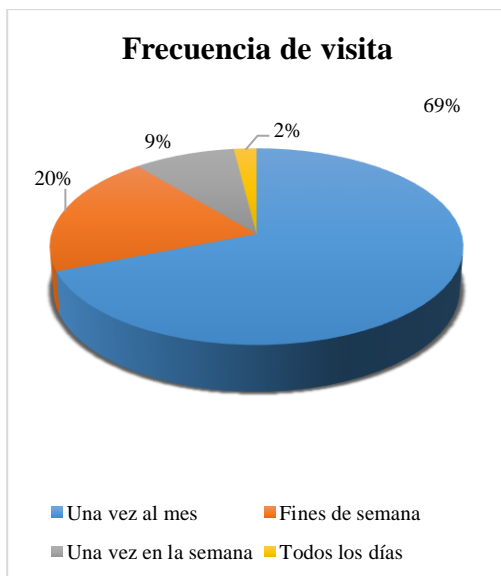
Con respecto a las preguntas acerca de los servicios ecosistémicos culturales se obtuvieron los siguientes resultados:



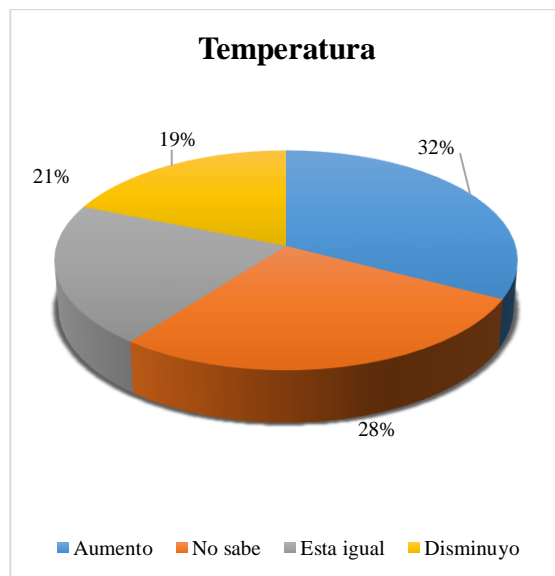
a) Actividad principal en el Lago San Pablo realizada por los encuestados.



b) Motivación para realizar la actividad en el Lago San Pablo.



c) Frecuencia de visita de los encuestados al Lago San Pablo



d) Temperatura en base a los encuestados en el Lago San Pablo

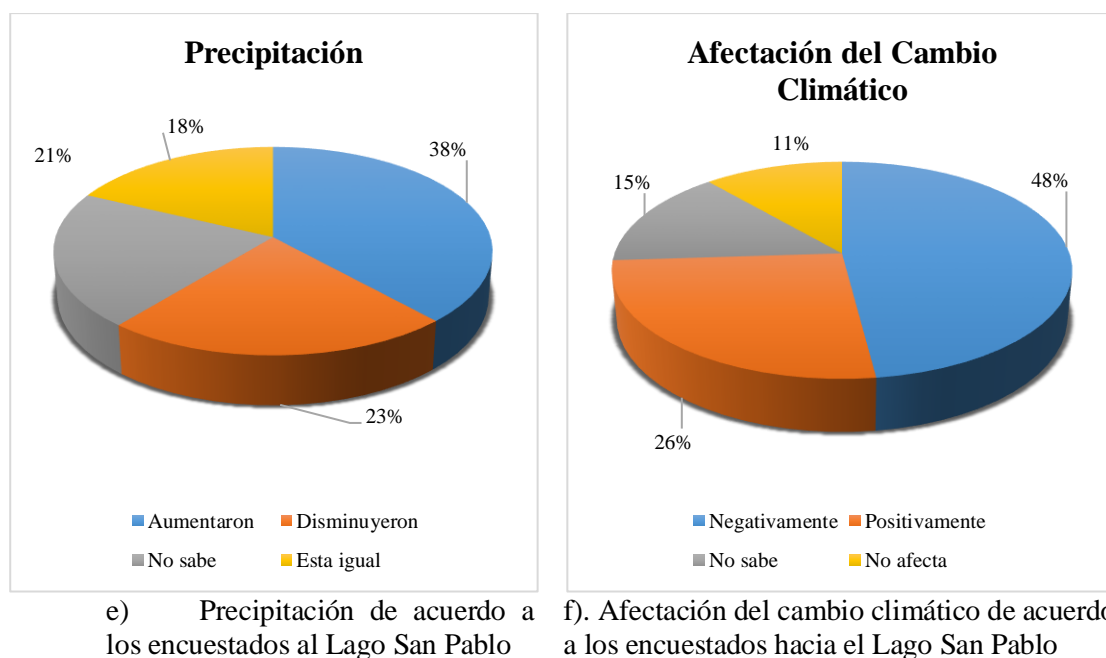


Figura 6. Actividad principal en el Lago San Pablo, motivación para realizar la actividad, frecuencia de visita, temperatura, precipitación, afectación al cambio climático. Fuente y elaboración propias a partir de las encuestas realizadas en octubre, 2022.

1.2.1. Actividad que realiza en el Lago San Pablo

La pregunta enfocada en la principal actividad que realizan los encuestados en la cuenca del Lago San Pablo fue establecida de acuerdo a la clasificación de los 7 servicios ecosistémicos culturales de acuerdo a MA (2009), en donde el 80 % de los encuestados menciono que la principal actividad que realiza en el Lago San Pablo es recreación y turismo, el 6 % utiliza el humedal como parte de su herencia cultural e identidad del sitio, el 4 % lo emplea como un servicio inspirativo, el 2 % como un lugar para la educación, investigación, espiritualidad y religiosidad, finalmente únicamente el 1% utiliza el Lago como parte de un servicio estético (ver figura 6, literal a) (ver anexo 2).

De acuerdo al INEC (2010) los turistas nacionales y extranjeros son motivados a visitar el Lago San Pablo por la belleza del paisaje, la adquisición de artesanías y los aspectos culturales que posee, además la conservación del patrimonio cultural ha permitido que se convierta en un destino turístico reconocido a nivel mundial, los turistas prefieren la convivencia con las comunidades, es así que alrededor del 80 % de las personas encuestadas lo consideran y recomendarían visitar el Lago San Pablo por el potencial turístico que ofrece.

1.2.2. Motivación para realizar la actividad

La pregunta en donde se consultó cual es la motivación para visitar la cuenca del Lago San Pablo el 38 % de la población menciona que lo visita por descanso, el 27 % por diversión, el 16 % para mejorar la salud y el estado físico, el 8% por tradición y cultura, el 4 % visita el Lago San Pablo por estudios e investigación además y por conocer el territorio, el 2% por actividades económicas finalmente el 1 % menciona que por ninguna razón va hacia el Lago San Pablo (ver figura 6, literal b) (ver anexo 2).

Los turismo comunitarios son considerados en el Lago San Pablo como una actividad económica solidaria la cual relaciona a la comunidad con los visitantes desde una perspectiva intercultural, en donde participan varios miembros proponiendo un manejo adecuado de los recursos naturales y valoración del patrimonio cultural, en la actualidad son asociados para poder brindar a los turistas paseos en botes, globos acuáticos, balsas de totora para navegar en las aguas del Lago San Pablo, estas entre las principales actividades que los turistas realizan, es por eso que este lugar es tan visitado para realizar actividades que tengan que ver con la diversión y relax de los visitantes (Turisec 2022).

1.2.3. Frecuencia de visita de los encuestados

De las 123 personas encuestadas el 69 % menciona que visita el Lago San Pablo una vez al mes, el 20 % los fines de semana, 9 % una vez a la semana y el 2 % lo visita todos los días (ver figura 6, literal c) (ver anexo 2).

De acuerdo a Realpe (2015) las visitas de turistas nacionales y extranjeros disfrutan de varios atractivos que existen en Otavalo siendo los principales la plaza de Ponchos y desplazándose al Lago San Pablo con un 60 % de segmento de visitas por los turistas, para poder tener una convivencia con las comunidades de los alrededores, representando el 12 % el lago como lugar de visita preferido de los turistas en comparación con lagunas de la Provincia de Imbabura como Cuicocha que represento el 9% y otro de los atractivos cercanos como el Parque Condor obtuvo un 10 % de visita por parte de los turistas.

1.2.4. Temperatura en base a los encuestados en el Lago San Pablo

En relación a la temperatura en la zona correspondiente al Lago San Pablo el 33 % de las personas encuestadas considera que aumento, el 28 % menciona que no sabía si la temperatura aumento o disminuyo, el 21 % indico que se mantiene igual y finalmente

el 19 % señalo que la temperatura en la cuenca del lago San Pablo ha disminuido, la frecuencia con la que visitan los encuestados al Lago San Pablo se determinó que el 69 % lo visita una vez al mes, el 20 % los fines de semana, 9 % una vez a la semana y el 2 % lo visita todos los días (ver figura 6, literal d) (ver anexo 2).

De acuerdo al estudio de Pinto (2015) realizado en esta misma área de estudio los años entre 2005 al 2013, las temperaturas medias anuales muestran un comportamiento de disminución y posterior incremento cada tres o cuatro años, además de acuerdo a la encuesta aplicada en este estudio para los pobladores el 29 % percibe que la temperatura es mucho más caliente, otro 29 % siente que la temperatura es mucho más fría mientras que el 17 % considera que el clima es regular, en los dos estudios se puede evidenciar que la percepción de la población a través de los años se mantiene igual sobre todo en el punto del aumento de temperatura en el Lago.

1.2.5. Precipitación en base a los encuestados en el Lago San Pablo

En relación a la precipitación el 38 % de las personas encuestadas manifestaron que aumento, el 23 % menciono que las precipitaciones disminuyeron, el 21 % manifestó que desconocen si las precipitaciones aumentaron o disminuyeron, finalmente el 18 % menciono que las precipitaciones se encuentran igual que años anteriores (ver figura 6 literal e) (ver anexo 2).

De acuerdo al estudio de Pinto (2015) el estudio de precipitaciones realizado en el área de estudio se registra que desde 1965 al 2005 la distribución de lluvias ha sido de manera irregular, la percepción de los comuneros con respecto a las precipitaciones en este estudio menciona que son irregulares e indefinidas.

1.2.6. Cambio Climático de acuerdo a los encuestados en el Lago San Pablo

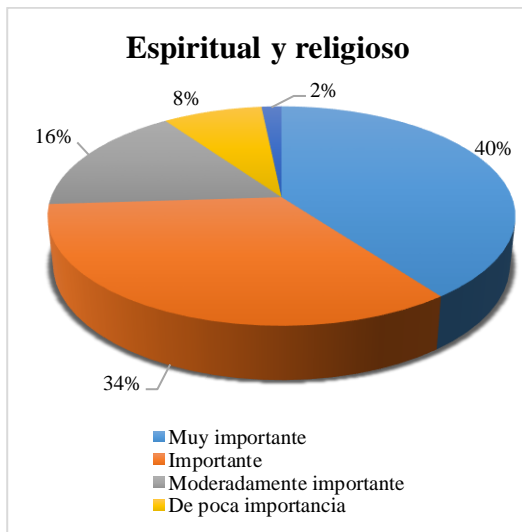
En relación a la afectación del cambio climático actual el 48 % de los encuestados percibe que el Lago San Pablo es afectado de manera negativa, el 26 % menciona que esta afectación es positiva, mientras que el 15 % no sabe si la afectación es positiva o negativa, finalmente el 11 % menciona que no afecta el cambio climático al Lago San Pablo (ver figura 6, literal f) (ver anexo 2).

Pinto (2015) de acuerdo a la percepción de los pobladores hasta ese año comenta que el 37 % de la población expresa que el clima ha cambiado y se sentía mucho más frío, el 29% comento que el calor era más evidente, el 11 % comenta que el clima es irregular, teniendo en cuenta que todas las personas encuestadas mencionaron también

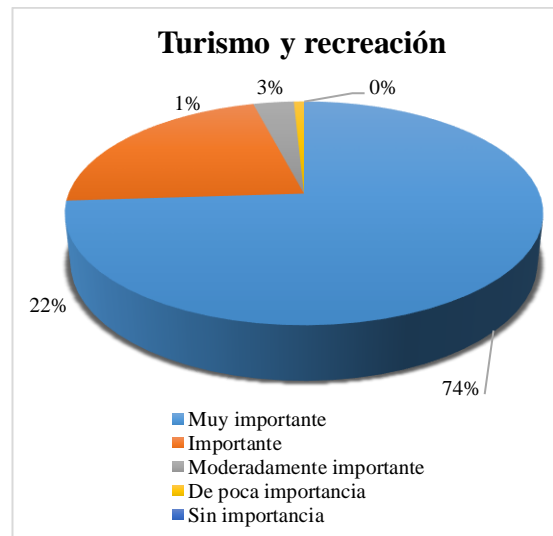
que las temperaturas son extremas, comparando con el 48 % de las personas encuestadas en el estudio realizado se evidencia que la afectación por el cambio climático ha incrementado en el paso de los años.

1.3. Bloque 3: Servicios ecosistémicos y su importancia

Con respecto a las preguntas acerca de los servicios ecosistémicos culturales y su importancia se obtuvieron los siguientes resultados:



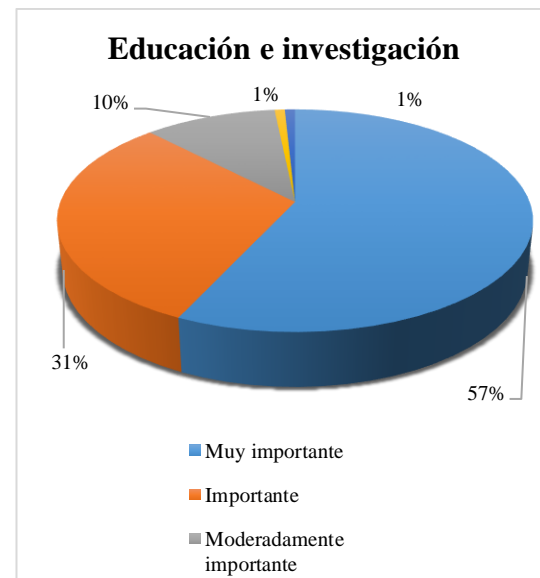
a) Servicio espiritual y religioso de los encuestados hacia el Lago San Pablo.



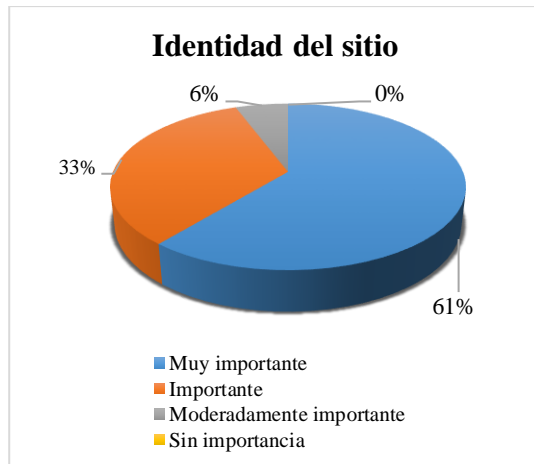
b) Servicio de turismo y recreación de los encuestados hacia el Lago San Pablo.



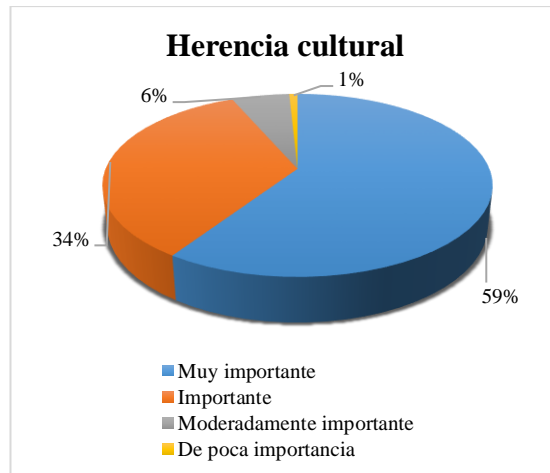
c) Servicio inspirativo de los encuestados hacia el Lago San Pablo.



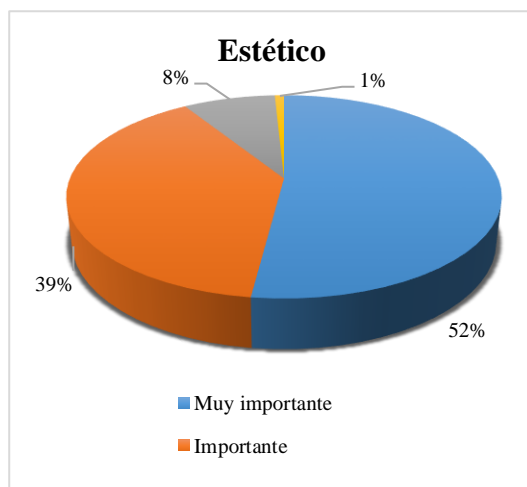
d) Servicio de educación e investigación de los encuestados hacia el Lago San Pablo.



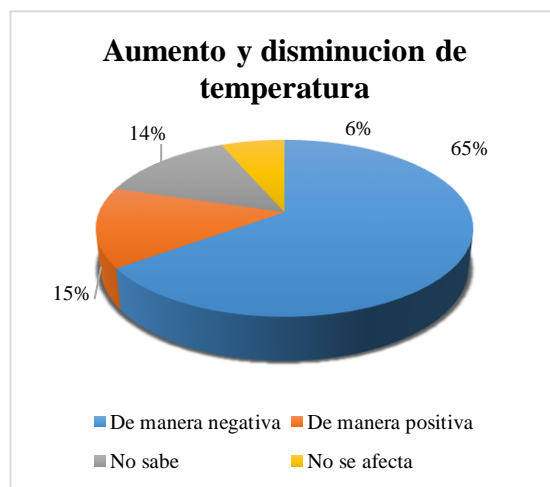
e) Servicio de identidad de los encuestados hacia el Lago San Pablo.



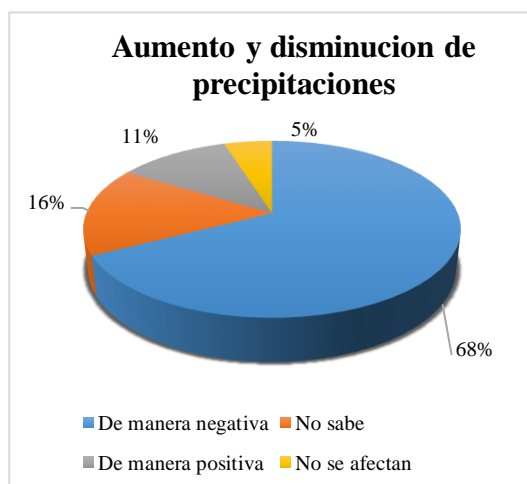
f) Servicio de herencia cultural de los encuestados hacia el Lago San Pablo.



g) Servicio de estética de los encuestados hacia el Lago San Pablo.



h) Aumento o disminución de temperatura de acuerdo a los encuestados hacia el Lago San Pablo.



i) Aumento o disminución de precipitaciones de acuerdo a los encuestados hacia el Lago San Pablo.

Figura 7. Espiritual y religioso, turismo y recreación, inspirativo, educación e investigación, identidad del sitio, herencia cultural, estético, aumento o disminución de temperatura, aumento o disminución de precipitaciones.

Fuente y elaboración propias a partir de las encuestas realizadas en octubre, 2022.

1.3.1. Servicio espiritual y religioso del Lago San Pablo

En relación al servicio espiritual el 40 % de los encuestados menciona que es muy importante este servicio, el 34 % lo considera importante, el 16 % moderadamente importante, el 8 % de poca importancia y únicamente el 2 % lo considera sin importancia el servicio espiritual (ver figura 7, literal a) (ver anexo 2).

De acuerdo a Cotacachi (2002) menciona que la espiritualidad que esta enraizada con el Lago San Pablo o Imbakucha está relacionada sobre todo en los sectores donde existe agua, debido a que existen muchos sitios que son sacralizados en base a la relación con el entorno natural de su territorio el cual es heredado, existen conexiones tanto en la parte psicológica como espiritual creando cosmovisiones holísticas que integran varios saberes, además de mitos y prácticas tradicionales, considerando así que el 40 % de personas encuestadas la espiritualidad y religiosidad que brinda el Lago San Pablo es muy importante.

1.3.2. Servicio turístico y recreación

En relación al servicio de turismo y recreación el 74 % menciona que el servicio de turismo y recreación que brinda el Lago San Pablo es muy importante, el 22 % menciona que es importante, el 3 % considera que es moderadamente importante y el 1 % de poca importancia. (ver figura 7, literal b) (ver anexo 2).

El turismo y recreación en el Lago San Pablo se debe a la grandiosa riqueza y mezcla de culturas que mantienen sus medios de subsistencia tradicionales, los turistas nacionales y extranjeros quedan sorprendidos por la existencia de lagos, montañas, comunidades entre otras, el turismo en el Lago San Pablo en fines de semana está muy en alza, existiendo visitantes desde Estados Unidos, Perú, Chile, España, Reino Unido, Alemania y Francia (Mintur 2008). La comunidad utawalu mantienen estrechas relaciones con el entorno natural y sus sitios sagrados, y esta relación es muy estrecha y forma parte importante de sus vidas (Cotacachi 2002), comparando con los datos obtenidos las personas encuestadas mencionaron que el 74 % considera que el Lago San Pablo es importante en el tema de turismo tanto para Otavalo como para la provincia de Imbabura.

1.3.3. Servicio inspirativo

En relación al servicio inspirativo el 55 % de la población considera que es muy importante, el 32% considera que es un servicio importante, el 11 % moderadamente importante, finalmente el 2% considera que es de poca importancia (ver figura 7, literal c) (ver anexo 2).

El servicio inspirativo que brinda el Lago San Pablo y las prácticas de conservación se mantiene por la observación de sus ancestros el valor inspirativo que brinda revelan el alma ecológica, la energía que brinda la cuenca del Imbakucha proporciona el fundamento de su cosmovisión (Cotacachi 2002), el 55 % de la población encuestada considera que el servicio inspirativo que brinda el cuerpo de agua es sumamente importante.

1.3.4. Servicio de educativo e investigación

En relación al servicio educativo y de investigación el 57 % menciona que es muy importante el valor educativo que brinda, el 31 % menciona que es importante, el 11 % considera que es moderadamente importante, el 1 % menciona que es de poca importancia, de igual forma el 1 % considera que es sin importancia (ver figura 7, literal d) (ver anexo 2).

La educación, investigación y el respeto por los recursos naturales esta transmitida de generación en generación es un importante legado intergeneracional y un modo de conservar la cuenca del Imbakucha (Cotacachi 2002).

1.3.5. Servicio de identidad del sitio

En relación a la identidad del sitio que aporta el Lago San Pablo el 61 % de los encuestados menciona que es muy importante, el 33 % importante, el 6 % moderadamente importante, y ninguna persona de los encuestados menciona que no es importante (ver figura 7, literal e) (ver anexo 2).

La identidad cultural representada por el Lago San Pablo es creada desde una perspectiva que es basada en rasgos icónicos indígenas, descriptores lingüísticos, tabús ecológicos y sacralidad, desde la antigüedad varias prácticas culturales que se realizan en el espejo de agua del Imbakucha y consolidan la base para formar la identidad cultural que hoy por hoy conocemos, afortunadamente los indígenas del pueblo utawalu conservan esta identidad y orgullo convirtiéndose este lago y lo que representa en uno de

los mayores conservados en esta globalización cada vez más creciente (Sarmiento et al. 2008).

1.3.6. Herencia cultural

La herencia cultural para el 59 % de los encuestados considera que es muy importante, el 34 % considera que es importante, el 6 % es moderadamente importante, y únicamente el 1 % considera que la herencia cultural que brinda el Lago San Pablo es de poca importancia (ver figura 7, literal f) (ver anexo 2).

La cuenca del Imbakucha es considerada como uno de los sitios sagrados que conservan un alto grado de privacidad que les permita respetar sus antepasados de acuerdo con las tradiciones espirituales creando una especie de conservación y herencia para las futuras generaciones asentadas en los alrededores de la cuenca del Imbakucha (Cotacachi 2002).

1.3.7. Servicio Estético

En relación al servicio estético el 52 % de los encuestados menciona que es muy importante, el 39 % considera que este servicio es importante, el 8 % considera que es moderadamente importante, finalmente únicamente el 1 % de personas encuestadas considera que es de poca importancia (ver figura 7, literal g) (ver anexo 2).

La estética es considerada como una fuente de inspiración de la poesía y pintura paisajística, manteniendo las identidades sociales y políticas que tiene relación con la historia y la mitología, en el caso del Lago San Pablo ha servido de inspiración para la escritura de diferentes poesías en su honor, es por eso que el 52 % de la población estudiada considera que es un servicio muy importante (Mallarach y Papayannis 2007).

1.3.8. Aumento y disminución de temperatura

En la cuenca del Lago San Pablo el 65 % de los encuestados manifestaron que los cambios de temperatura afectan de manera negativa a los servicios ecosistémicos culturales, el 15 % de encuestados manifestaron que afecta de manera positiva, un 14% manifestó que no sabe acerca de en cuanto afectará, y el 7 % menciona que no existirá ningún tipo de afectación (ver figura 7, literal h) (ver anexo 2).

1.3.9. Aumento y disminución de precipitación

En la cuenca del Lago San Pablo el 68 % de los encuestados manifestaron que las precipitaciones afectan de manera negativa a los servicios ecosistémicos culturales, el 16% de encuestados manifestaron que desconocen las afectaciones, el 11 % manifiesta que afecta de manera positiva las precipitaciones, mientras que el 5 % manifiestan que los servicios no son afectados (ver figura 7, literal i) (ver anexo 2).

2. Identificación de los efectos en los servicios ecosistémicos culturales producto de las variaciones climáticas en la cuenca del Lago San Pablo

2.1. Estudio de Temperatura y Precipitaciones

Para el desarrollo de esta sección se realizó un análisis previo del periodo de tiempo del 2000-2020 del área de estudio con los datos de las precipitaciones y temperaturas de la Estación Otavalo proporcionados por el INHAMI (Instituto Nacional del Climatología e Hidrología). Los datos tomados en cuenta fueron los valores promedios mensuales tanto de la temperatura como de precipitación para posteriormente diseñar climogramas que representan de manera gráfica el cambio que ha existido en los 20 años de estudio para la cuenca del Lago San Pablo, los cuadros y climogramas obtenidos con los valores promedios mensuales de temperatura y precipitación para el Lago San Pablo periodo 2000-2020 se presentan en el Anexo 3. A continuación se presenta el promedio total de los años y climograma en estudio.

2.2. Promedio anual de Temperatura y precipitación

Tabla 9
Promedio total en el periodo 2000-2020

año	Temperatura	Precipitación
2000	14.2	1113.10
2001	14.53	533.20
2002	14.9	750.30
2003	15.0	771.00
2004	15.04	660.00
2005	15.1	653.90
2006	14.9	1162.4
2007	14.4	937.4
2008	14.2	1254.2
2009	14.9	841
2010	14.8	987

2011	14.3	1193.2
2012	14.5	736.5
2013	14.7	790
2014	13.87	864.8
2015	13.17	1128.5
2016	13.74	1228.7
2017	13.1	1513.5
2018	12.83	1334.2
2019	12.99	1402.17
2020	13.76	1017.78

Fuente y elaboración propias con base en INHAMI 2000-2020.

En la (ver tabla 9) y el climograma (ver figura 8) se presenta un resumen de los 20 años de estudio en donde se puede evidenciar que la temperatura entre los años 2000 y 2013 se mantenía estable en un rango de 15 °C y es partir del año 2013 que se registra una baja de temperatura constante hasta el año 2020 que nuevamente los valores de temperatura empiezan a subir, en el caso de las precipitaciones se evidencia lo contrario, una baja en los años mencionados, mientras que a partir del año 2017 estas precipitaciones han ido incrementando, en el año 2020 el último año de estudio se evidencia una baja de temperatura al igual que una baja de precipitaciones.

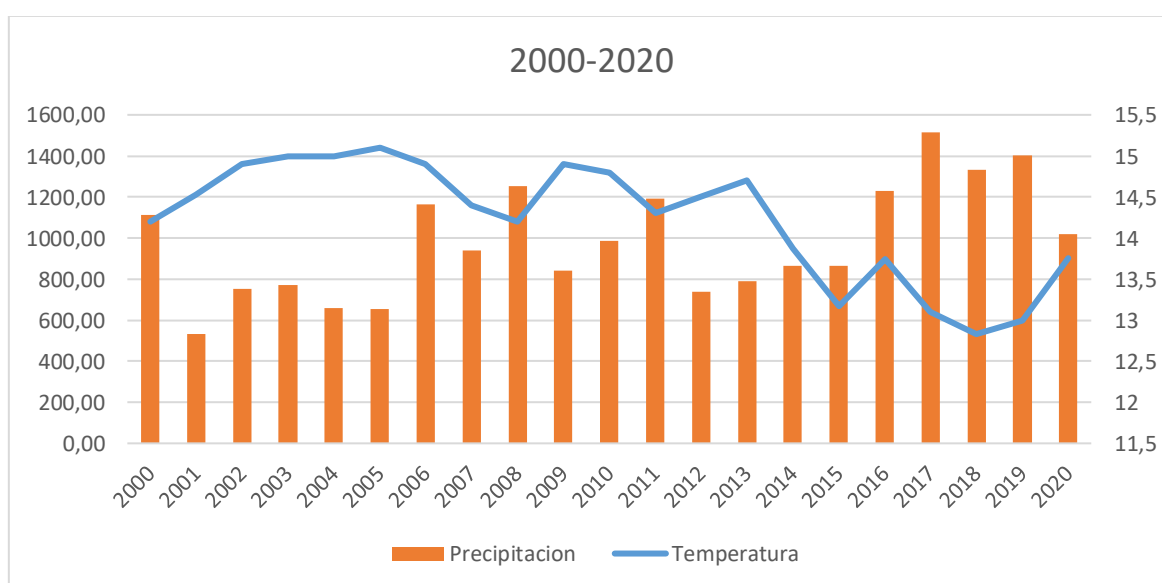


Figura 8. Climograma periodo 2000-2020.

Climograma periodo 2000-2020.

Fuente y elaboración propia con base en INHAMI 2000-2020.

De acuerdo a los datos obtenidos de precipitación y temperatura para los 20 años de estudio se registra que a partir del año 2013 se evidencia una baja de temperatura y

una elevación de las precipitaciones, en base a la investigación de León, Vásquez y Valderrama (2021) en donde se estudiaron 40 años de precipitaciones y temperatura de varias estaciones meteorológicas de la sierra y el oriente del Ecuador.

A escala de manera anual y estacional las precipitaciones y temperaturas sirven como indicadores primarios de cambio climático (Hayhoe et al. 2007), existen factores determinantes para la diversidad climática, además por la influencia del océano pacífico existen cambios de temperatura que son notorios ya que la presencia de la corriente fría de Humboldt desplazando las aguas del ártico hacia el Ecuador (Sepulchre et al. 2009).

Las precipitaciones son más influenciadas por el fenómeno del niño, incrementando las lluvias en varios meses al año, aunque en varios años más la tendencia será a la disminución por lo que se predice la presencia de un déficit hídrico y con un posible aumento de eventos extremos (Oñate y Bosque 2001).

Estos cambios en el clima provocan además de la pérdida de servicios ecosistémicos altas tasas de mortalidad en las zonas templadas, las causas de muerte presentadas por los cambios bruscos de temperatura en época de invierno son las del aparato circulatorio y respiratorio, por el contrario, las temperaturas que son extremadamente altas conocidos como “olas de calor” son asociadas a enfermedades cardiovasculares, cerebrovasculares y respiratorias. Las consecuencias de las temperaturas extremas no ocurren inmediatamente, si no puede presentarse en varios días después, la relación de estas puede ocurrir tanto en invierno como en verano afectando de manera directa tanto a los ecosistemas como al ser humano (Díez 1996).

2.3. Pruebas estadísticas

En la investigación se realizaron 3 pruebas estadísticas, es importante mencionar que esto se aplicó para los 20 años en estudio para conocer la variación interanual que existe en el periodo de estudio.

2.3.1. Prueba de tendencia de Mann-Kendall

Con el programa XLSAT se realizó la prueba de tendencia de Mann-Kendall para temperatura y precipitación y conocer la variabilidad interanual de precipitación y temperatura de los años 2000 al 2020.

H0: La variabilidad interanual en el periodo 2000-2020 no es un factor que afecto a los servicios ecosistémicos culturales del Lago San Pablo.

H1: La variabilidad interanual en el periodo 2000-2020 si es un factor que afecto a los servicios ecosistémicos culturales del Lago San Pablo.

Temperatura

Tabla 10
Estadísticos descriptivos de temperatura

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
14,2	20	0	20	12,830	15,100	14,235	0,744

Fuente y elaboración propias con base en XLSTAT.

Tabla 11
Prueba de tendencia de Mann-Kendall / Prueba bilateral (14,2) de Temperatura

Tau de Kendall	-0,649	
S	-122	
Var(S)	945,333	
valor-p (bilateral)	<0,0001	***
alfa	0,05	

Fuente y elaboración propias con base en XLSTAT.

Se ha utilizado una aproximación para calcular el valor-p.

Signification codes: 0 < "****" < 0.001 < "***" < 0.01 < "**" < 0.05 < "." < 0.1 < " " < 1

Interpretación de la prueba:

H0: No existe una tendencia en la serie

Ha: Hay una tendencia en la serie

Puesto que el valor-p computado es menor que el nivel de significación alfa=0,05, se debe rechazar la hipótesis nula H0, y aceptar la hipótesis alternativa Ha.

La corrección de continuidad fue aplicada.

Se han detectado empates en los datos y se han aplicado las correcciones apropiadas.

Tabla 12
Pendiente de Sen de Temperatura

	Valor	Límite inferior (95 %)	Límite superior (95 %)
Pendiente	-0,100	-0,143	-0,053
Intercepción	215,320	167,743	258,860

Fuente y elaboración propias con base en XLSTAT.

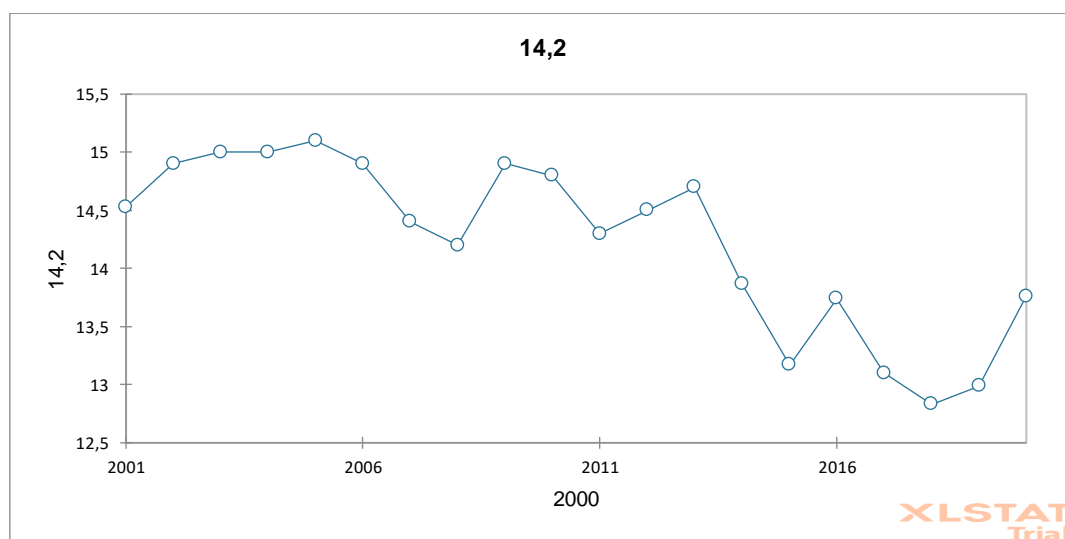


Figura 9. Prueba de tendencia de Mann Kendall para temperatura periodo 2000-2020.

Precipitación

Tabla 13
Estadísticos descriptivos de Precipitación

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
1113,1	20	0	20	533,200	1513,500	974,808	276,526

Fuente y elaboración propias con base en XLSTAT.

Tabla 14
Prueba de tendencia de Mann-Kendall / Prueba bilateral (1113,1) de Precipitación

Tau de Kendall	0,516
S	98
Var(S)	950,000
valor-p (bilateral)	0,002 **
alfa	0,05

Fuente y elaboración propias con base en XLSTAT.

Se ha utilizado una aproximación para calcular el valor-p.

Signification codes: 0 < "****" < 0.001 < "***" < 0.01 < "**" < 0.05 < "." < 0.1 < " " < 1

Interpretación de la prueba:

H0: No existe una tendencia en la serie

Ha: Hay una tendencia en la serie

Puesto que el valor-p computado es menor que el nivel de significación $\alpha=0,05$, se debe rechazar la hipótesis nula H0, y aceptar la hipótesis alternativa Ha.

La corrección de continuidad fue aplicada.

Tabla 15
Pendiente de Sen de Precipitación

	Valor	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
Pendiente	32,142	12,957	49,478
Intercepción	-63614,774	-81052,094	-44396,216

Fuente y elaboración propias con base en XLSTAT.

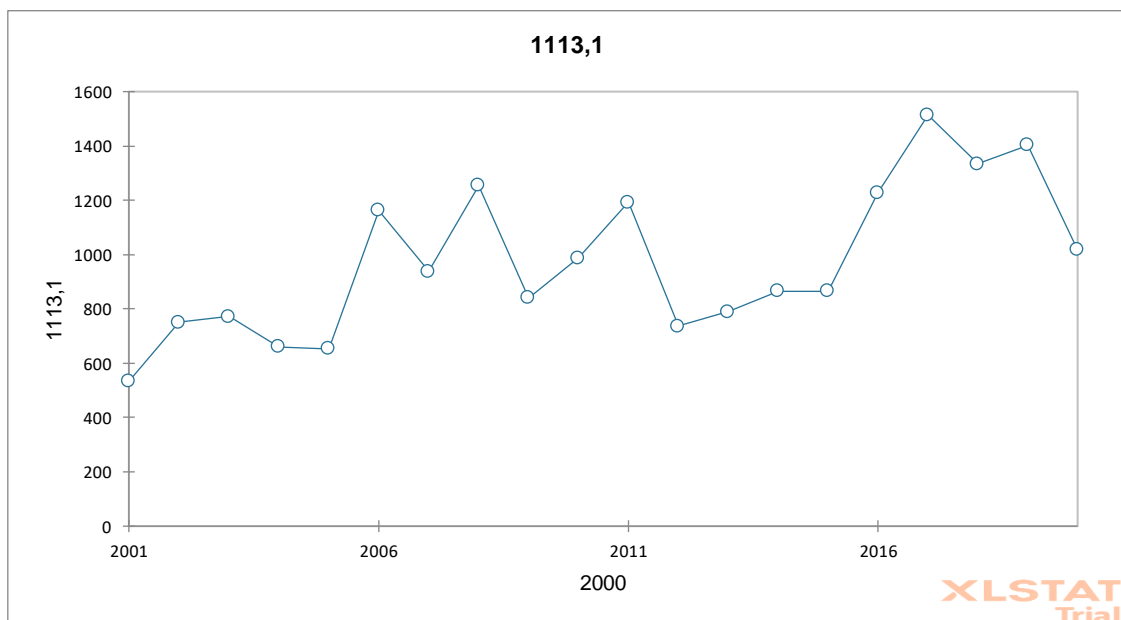


Figura 10. Prueba de tendencia de Mann Kendall para precipitación periodo 2000-2020.

De acuerdo a la prueba de tendencia de Mann Kendall se obtiene que tanto en temperatura como precipitación el nivel de significancia $\alpha=0,05$ por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa en la investigación la cual indica que

si ha existido variabilidad interanual entre los 20 años estudiados y han afectado a los servicios ecosistémicos culturales del Lago San Pablo.

2.3.2. Desviación estándar

Tabla 16
Desviación estándar de temperatura

TEMPERATURA	
Número de datos	21
Valor medio	14,23
Desviación estándar	0,73

Fuente y elaboración propias con base en Microsoft Excel.

Tabla 17
Desviación estándar de precipitación

PRECIPITACION	
Número de datos	21
Valor medio	981,29
Desviación estándar	271,21

Fuente y elaboración propias con base en Microsoft Excel.

De acuerdo a los valores obtenidos con la desviación estándar para la temperatura con un valor de 0,73 al 95 % de confianza, se puede identificar que durante los 20 años de estudio los datos no son tan dispersos entre sí, las temperaturas relativamente han sido constantes bordeado entre los 12 °C hasta los 15 °C. Por el contrario, la desviación estándar de la precipitación con 271,21 al 95 % de confianza, indica que los datos son dispersos, por lo tanto, en el periodo de estudio se han encontrado en constante variación.

2.3.3. ANOVA

Aplicando el análisis ANOVA a los datos se obtuvo lo siguiente:

Tabla 18
Análisis de Varianza

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F resultante</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	9821683,89	1	9821683,89	267,058309	2,6531E-19	4,084745733
Dentro de los grupos	1471092,05	40	36777,3012			
Total	11292775,9	41				

Fuente y elaboración propias con base en Microsoft Excel.

Comparando los datos de F, con el valor crítico de F, con un valor alfa de 0,5 % representado en un nivel de confianza del 95 %, se obtiene que:

Tabla 19
Valores críticos ANOVA

F resultante		Valor crítico para F
267,058309	>	4,084745733

Fuente y elaboración propias con base en Microsoft Excel.

El valor de F resultante es mayor que el valor crítico para F, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, que mencionaba que la variabilidad interanual no es un factor que afecto en gran magnitud a los servicios ecosistémicos culturales que brinda el Lago San Pablo y se acepta la hipótesis alternativa la cual indica que la variabilidad interanual estudiada si es un factor que afecto a los servicios culturales ecosistémicos que brinda el humedal.

2.4. Análisis de Cambios

Para poder establecer los análisis de cambios en los años de estudio se efectuaron mapas de sequía para los años 2000-2010-2020 y así identificar la variabilidad interanual a través de los años en el Lago San Pablo.

2.4.1. Mapa de sequía-Año 2000

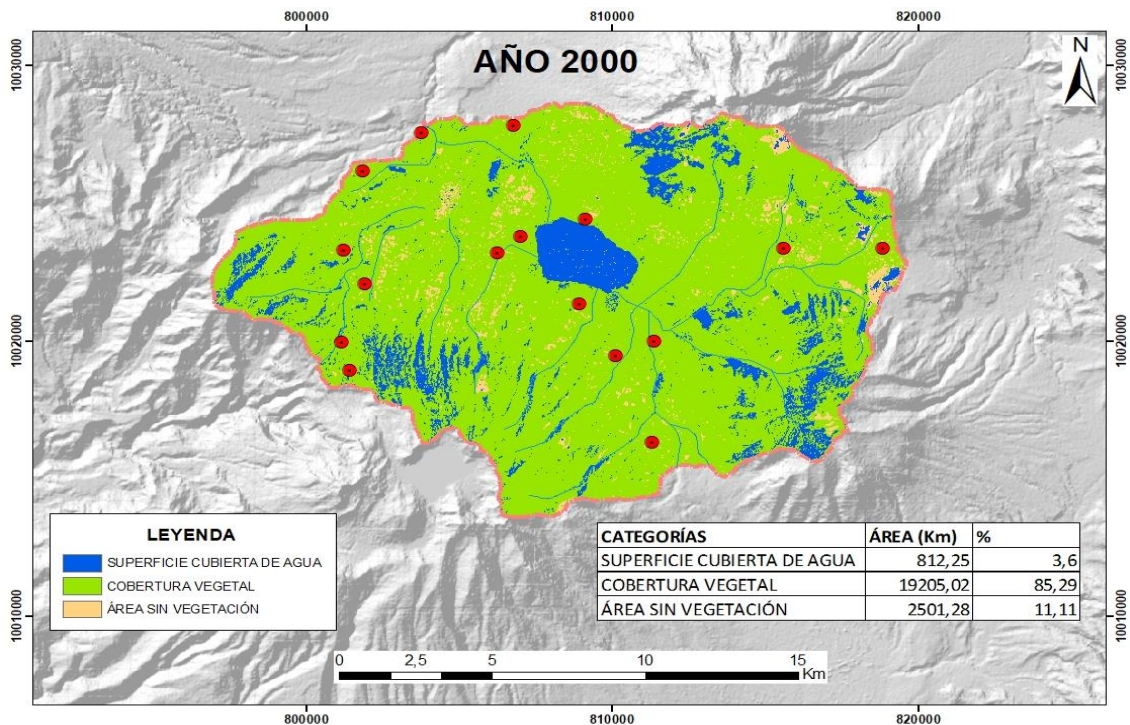


Figura 11. Mapa de sequía año 2000.

Fuente y elaboración propia con base en imágenes landsat 7.

Para el año 2000 se obtiene que la superficie cubierta de agua para toda la cuenca que abarca el Lago San Pablo fue de 812,25 (Km) representando un porcentaje de 3,6 %, la cobertura vegetal fue de 19205,02 (Km) con un porcentaje de 85,29 % y el área sin vegetación para el año 2000 fue de 2501,28 (Km) representando un porcentaje de 11,11 % (ver figura 11).

2.4.2. Mapa de sequía-Año 2010

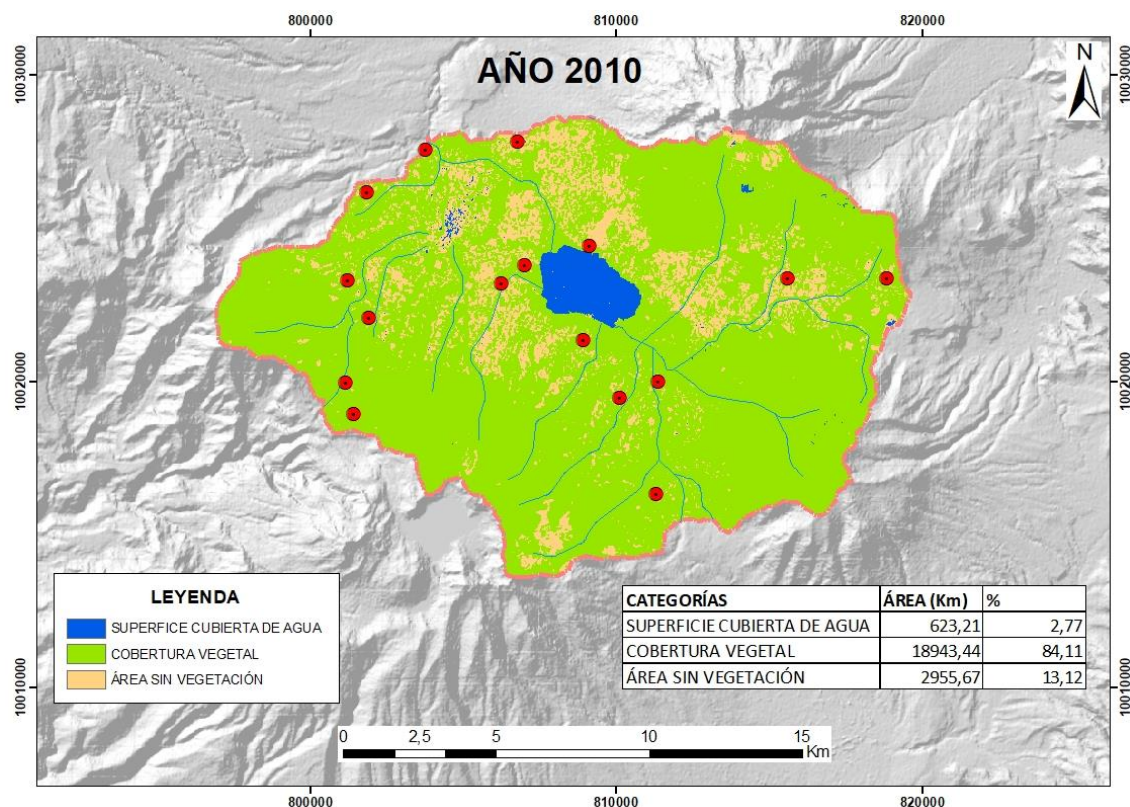


Figura 12. Mapa de sequía año 2010.

Fuente y elaboración propia con base en imágenes landsat 7.

Para el año 2010 la superficie cubierta de agua de la cuenca que abarca el Lago San Pablo fue de 623,21(Km) representando un porcentaje de 2,77 %, la cobertura vegetal fue de 18943,44 (Km) con un porcentaje de 84,11 % y el área sin vegetación para el año 2010 fue de 2955,67 (Km) representando un porcentaje de 13,12 % (ver figura 12).

2.4.3. Mapa de sequía-Año 2020

El año 2020 la superficie cubierta de agua fue de 676,17 (Km) representando 3,002 %, la cobertura vegetal fue de 19241,13 (Km) con un porcentaje de 85,43 % y el área sin vegetación para el año 2020 fue de 2606,02 (Km) representando un porcentaje de 11,57 % (ver figura 13).

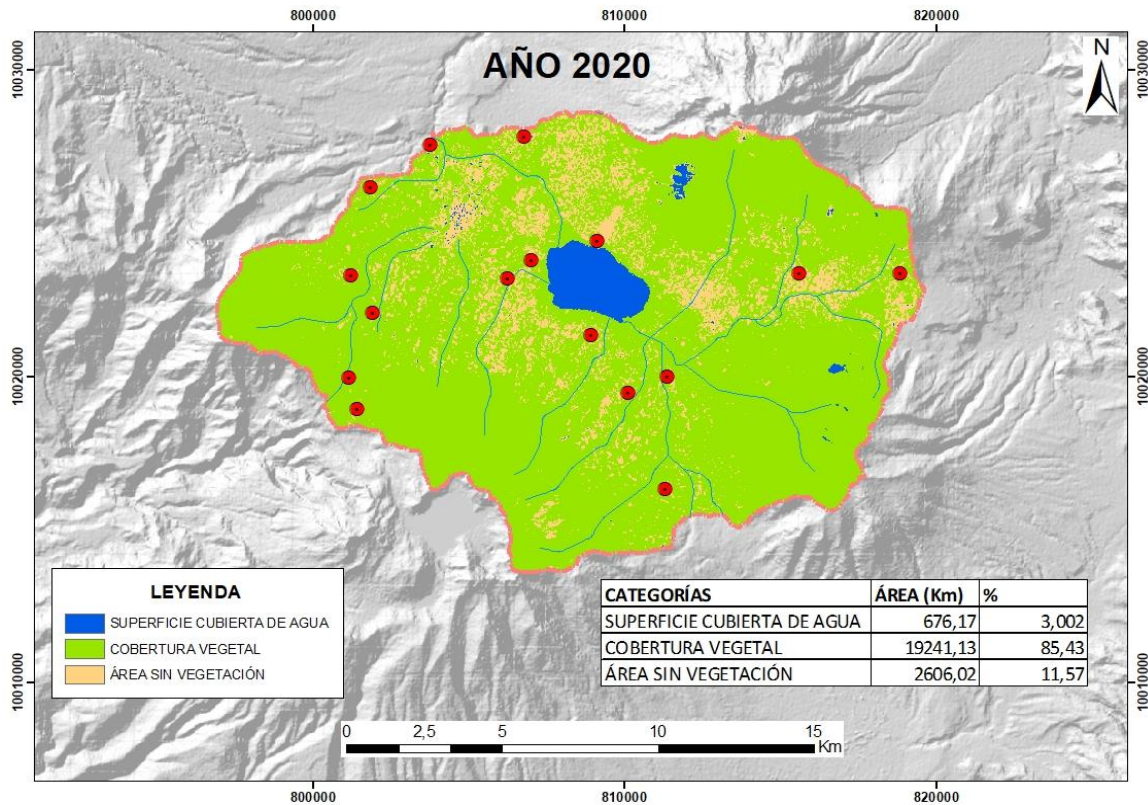


Figura 13. Mapa de sequía año 2020.
Fuente y elaboración propia con base en imágenes landsat 8.

Se representa a continuación una tabla resumen de las categorías presentes en los mapas de sequía además de los porcentajes de cambio para los años en estudio (ver tabla 20).

Tabla 20

Categorías de estudio presentes en los mapas de sequía, años 2000-2010-2020.

CATEGORÍAS	2000		2010		2020	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Superficie Cubierta de Agua	812,25	3,6	623,21	2,77	676,17	3,002
Cobertura Vegetal	19205,02	85,29	18943,44	84,11	19241,13	85,43
Área sin vegetación	2501,28	11,11	2955,67	13,12	2606,02	11,57

Fuente y elaboración propias con base en los mapas de índice de sequía 2000-2020.

La diferencia de la superficie cubierta de agua para los años de estudio entre 2000 y 2010 se redujo en 189,04 ha, este valor representado en porcentaje la reducción fue de 0,83 %. Para el periodo de 2000 a 2020 la diferencia fue de 136,08 ha, y en porcentaje representa una pérdida de 0,598 % para los 20 años de estudio.

La cobertura vegetal para los 10 años de estudio entre 2000 y 2010 se redujo en 261,58 ha, en porcentaje esto está representado en 1,18 %. Los valores del año 2000 al año 2020 existe un aumento De la cobertura vegetal de 36,11 ha, en porcentaje existe un aumento de 0,12 % en los 20 años en estudio.

El área sin vegetación entre los años de 2000 a 2010 aumento 454,39 hectáreas de áreas que no poseen cobertura vegetal en el periodo de tiempo de 10 años, en porcentaje esta área es de 2,01 %, comparando los valores de 2010 a 2020 el área sin cobertura vegetal disminuye a 349,65 hectáreas y definiendo en porcentajes representa el 1,55 %, contrastando los 20 años de estudio de los años 2000 a 2020 existe un aumento del área sin cobertura vegetal en alrededor 104,74 ha, en porcentajes representado el 0,46 %.

La mayoría de comunidades en este sector dependen de la agricultura, en el año 2007 la cuenca del Lago San Pablo fue afectada por la sequía en esos años no existían adecuados sistemas de riego y las secuelas en esa época fueron evidentes con pérdida de producción en especial de maíz que disminuyo alrededor de 1,200 hectáreas en el cantón, de igual forma se vieron afectados los sembríos de frejol, habas, trigo, cebada entre otros estimando que para esa época la cobertura vegetal se perdió en un 40 % de su totalidad. En el mismo año los pastos fueron zonas que ocuparon una superficie de 9,043 hectáreas que de igual forma que fueron afectadas e impedidas en un adecuado desarrollo del follaje para el ganado y con esto disminuyendo la correcta producción de leche (MAG 2004).

Es a partir del año 2010 en donde las zonas cubiertas de agua aumentan su extensión sobre todo el espejo de agua del Lago San Pablo, lamentablemente debido las variaciones climáticas la disminución de temperatura y el aumento de precipitaciones a partir de ese año ha traído diferentes problemáticas a los servicios culturales que brinda el lago, una de las mayores afectaciones ha sido al servicio turístico que brinda, en el año 2014 las precipitaciones ocasionaron que uno de los turismos comunitarios perteneciente a la asociación “La Garza” sufra inundaciones, este problema ha continuado siendo más notorio en el paso de los años, la última inundación en este sector se dio en el año 2022, donde el espejo de agua del lago san pablo se desbordo en este turismo comunitario afectando los servicios culturales que se brinda y disminuyendo la cantidad de turistas que visitan el sector (CBCO 2022).

3. Discutir las potenciales relaciones que existen entre las variaciones climáticas globales y servicios ecosistémicos culturales

El Lago San Pablo es un sitio en donde los valores culturales están presentes desde cualquier punto que uno visite, Imbakucha es el nombre ancestral con el que se le conoce al lago el cual significa “lago de peces”, la historia cuenta que IMBA era un joven guerrero y KUCHA la koya una princesa, un día la pareja por su amor pidió a sus dioses que los convierta en montaña que es el volcán Imbabura y en la laguna Imbakucha para immortalizarse para siempre, esta es una de las varias historias que rodean al Lago San Pablo. Alrededor del Lago San Pablo existe gran variedad de servicios culturales como se ha explicado anteriormente los mismos son afectados por las variaciones climáticas, las cuales al paso de los años causaran efectos en los conocimientos intrínsecos que tiene para ofrecer este sector.

Mediante las encuestas realizadas en donde se conoció la opinión de los pobladores se indago además que significa para ellos el Lago San Pablo, obteniendo los datos representados (ver figura 14), los mismos que posteriormente sirvieron para efectuar el análisis sistemático.

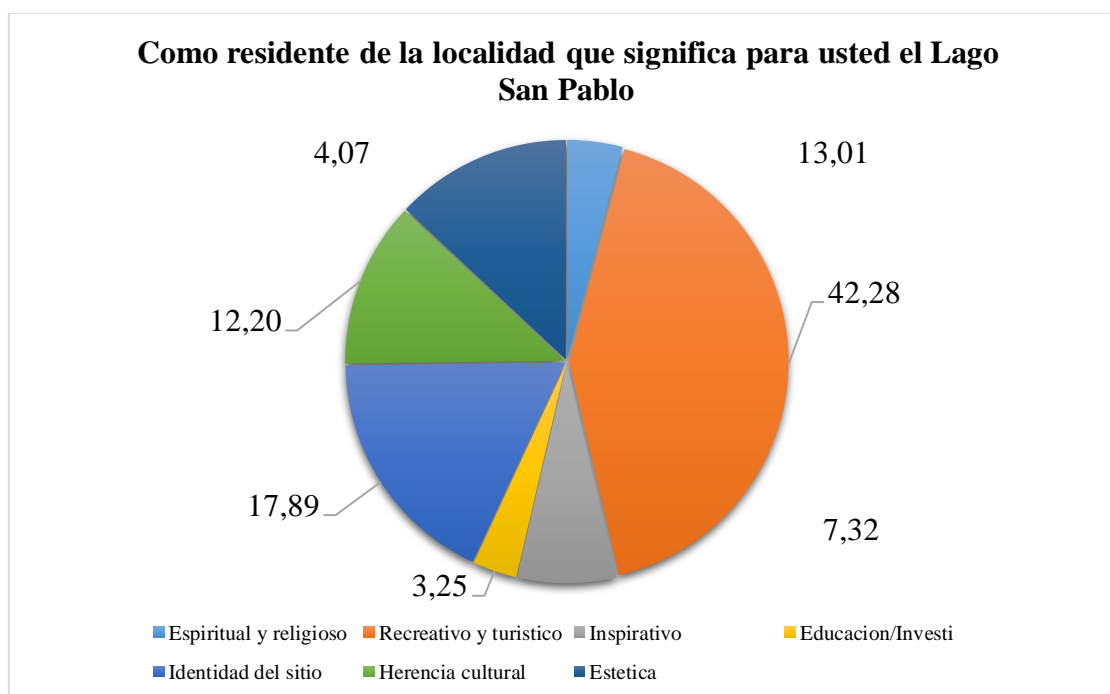


Figura 14. Significancia para los residentes de la localidad el Lago San Pablo. Fuente y elaboración propia con base en INHAMI 2000-2020.

Para las 123 personas encuestadas en las parroquias de influencia del Lago San Pablo el 42,28 % manifestaron que para ellos representa un lugar de turismo y recreación, el 17,89 % menciona que el lago forma parte de la identidad del sitio tanto para el Cantón Otavalo como para la Provincia de Imbabura, el 13,01 % comento que forma parte de la estética del cantón siendo el primer Lago que se observa al ingreso a la provincia, el 12,20 % indica que forma parte de su herencia cultural heredada de generación en generación, el 7,32 % considera que es un lugar inspirativo, el 4,07 % evoca a las creencias espirituales y religiosas que se dan en el lugar, finalmente el 3,25 % señala que el Lago San Pablo significa un lugar que puede ser utilizado como parte de educación e investigación.

De acuerdo a Cevallos (2003) son varios los atractivos que poseen servicios ecosistémicos culturales que están alrededor del Lago San Pablo entre las que se puede nombrar:

Lago San Pablo

Allpas: sendero de ecosistemas

Kalluma: espacio ceremonial festivo del Inti Raymi

Bordado en Angla

Sombrerería en Angla

Comunidades Kichwa Otavalo

Pueblo Mestizo

Por medio de salidas de campo, dialogo con moradores de los sectores alrededor del Lago San Pablo y complementando con información bibliográfica se obtiene las descripciones para estos lugares y los servicios culturales que ofrecen cada uno de ellos:

Lago San Pablo. - El lago San Pablo o Imbakucha perteneciente al Cantón Otavalo Provincia de Imbabura tiene un área de 148,7 km², en donde se puede encontrar e identificar tres zonas

Zona Pantanosa litoral. - predomina los cultivos de totora y presencia de especies acuáticas de alto valor.

Zona litoral baja. - vegetación acuática que esta principalmente sumergida.

Zona pelágica profunda. - es el área que representa mayor volumen de agua del lago donde los productores dominantes son las algas Cevallos (2003).

Allpas: sendero de ecosistemas.- De acuerdo a los comuneros y a la cosmovisión indígena se identifican 6 pisos ecológicos conocidos como Allpakuna que son las tierras, Wampu allpa la zona de pantano y tierras que están ubicadas junto al lago, Ura Allpa la zona de los asentamientos humanos además de cultivos de ciclo, Hawa Allpa zona de

bosque y cultivos dispersos, Sacha Allpa la zona de matorrales y bosque nativo, Uksha Allpa la zona de paramo y pajonal y la Rumi Allpa que es la zona de alta montaña Cevallos (2003).

Kalluma: espacio ceremonial festivo del Inti Raymi. - El Inty Raymi es la fiesta de la cosecha que se celebra en el mes de junio realizándose en toda la región andina, en los alrededores del Lago San Pablo existen diferentes plazas ancestrales que sirven de puntos de concentración para celebrar la festividad estas plazas están ubicadas en los alrededores del Lago San Pablo:

Plaza Kalluma de San Pablo

Plaza Kalluma de Cusin

Plaza Kalluma de Abatag

Plaza Kalluma de Araque

Bordado en Angla. - Los bordados en Angla son elaborados por las mujeres de la comunidad en el cual diseñan paisajes icónicos de la provincia, este atractivo se encuentra ubicado en la parte sur del Lago San Pablo, considerado un lugar de visita para turistas nacionales y extranjeros, la mayoría de los talleres de bordado son conformados por miembros de la familia Cevallos (2003).

Sombrerería en Angla. - El sombrero es una de las prendas de vestir de los indígenas otavaleños que forman parte de su identidad utilizado en ocasiones especiales, festividades familiares y de la comunidad, en las comunidades son escasos los lugares donde existen personas dedicadas a este oficio siendo uno de los valores culturales que deben preservarse para las futuras generaciones Cevallos (2003).

Comunidades Kichwa Otavalo. - Los Kichwas otavalos habitan en 22 comunidades en la parte noreste del Imbakucha, en la población predominan actividades relacionadas con la artesanía, producción textil, producción de fajas, alpargatería, comercio de ropa, esta comunidad utiliza vestimenta que solo existen en este sector en todo el Ecuador Cevallos (2003).

Pueblo Mestizo. - La población mestiza del Lago San Pablo está concentrada en González Suarez, San Pablo, San Rafael, y Eugenio Espejo, las festividades tienen raíces andinas e hispanas y también forman parte de los valores culturales de la cuenca del Imbakucha Cevallos (2003).

Estos atractivos turísticos-culturales identificados en bibliografía y salidas de campo que están ubicados en los alrededores de la cuenca del Lago San Pablo fueron agrupados en cada uno de los 7 servicios culturales para poder identificar sus futuras

amenazas y con esto se logró obtener una relación con el cambio climático, esta revisión sistemática ayudo a identificar como han sido afectados estos lugares en el periodo 2000-2020 para lograr abordar de manera integral considerando además la resiliencia de las comunidades locales frente al cambio climático, además esta revisión está apoyada con varios estudios alrededor del mundo para apoyar a estos resultados (ver tabla 21).

Tabla 21

Discutir las potenciales relaciones que existen entre las variaciones climáticas globales y servicios ecosistémicos culturales.

SERVICIO	LUGARES ALREDEDOR DEL LAGO SAN PABLO QUE CUENTAN CON ESTE SERVICIO	ESTUDIO	AUTOR	AFECTACIÓN AL HUMEDAL	RESULTADOS DE LA POBLACION
ESPIRITUAL Y RELIGIOSO	Kalluma: espacio ceremonial festivo de Inti Raymi	La sequía y los incendios forestales afectan a los alrededores del Lago San Pablo. En el año 2019 se tiene registro del último incendio forestal en la zona alta de San Pablo de lago que en donde se incendió alrededor de 300 hectáreas de pajonales esto debido al incremento de temperatura en esta área.	El Telégrafo 2019	Sequía por falta de lluvias, incendios forestales en las partes altas que sirven como reservas de agua del lago.	El 4,07 % de la población encuestada menciona que la importancia del lago san pablo es de carácter espiritual y religioso.

RECREATIVO Y TURISTICO	Lago San Pablo y los alrededores de los ecoturismos	Inundación en Parque Acuático. En el año 2022 es uno de las últimas inundaciones registradas en los alrededores del Lago San Pablo esto afecta a gran parte de los turismos comunitarios que se encuentran alrededor además de los lugares utilizados para ceremonias y eventos culturales.	CBCO, 2022	Lluvias intensas que en los últimos años han ocasionado inundaciones en turismos comunitarios alrededor del lago.	42,28 % de la población menciona que para ellos el lago san pablo posee un significado recreativo y turístico.
INSPIRATIVO	Lago San Pablo y Kallumas	La sequía y los incendios forestales afectan a los alrededores del Lago San Pablo. En el año 2019 se tiene registro del último incendio forestal en la zona alta de San Pablo de lago que en donde se incendió	El Telégrafo 2019	Sequía por falta de lluvias, incendios forestales en las partes altas que sirven como reservas de agua del lago.	7,32 % de la población menciona que el significado que tiene el lago para ellos es inspirativo

		alrededor de 300 hectáreas de pajonales esto debido al incremento de temperatura en esta área.			
EDUCATIVO/INVESTIGACIÓN	Allpas, senderos de ecosistema y Lago San Pablo	La sequía y los incendios forestales afectan a los alrededores del Lago San Pablo. En el año 2019 se tiene registro del último incendio forestal en la zona alta de San Pablo de lago que en donde se incendió alrededor de 300 hectáreas de pajonales esto debido al incremento de temperatura en esta área.	El Telégrafo 2019 CBCO, 2022	Sequía por falta de lluvias, incendios forestales en las partes altas que sirven como reservas de agua del lago. Lluvias intensas que en los últimos años han ocasionado inundaciones en turismos comunitarios alrededor del lago.	3,25 % de la población supo manifestar que el lago san pablo lo consideran para educación e investigación

IDENTIDAD DEL SITIO	Bordado Sombrerería en Angla	en	Angla	La sequía y los incendios forestales afectan a los alrededores del Lago San Pablo. En el año 2019 se tiene registro del último incendio forestal en la zona alta de San Pablo de lago que en donde se incendió alrededor de 300 hectáreas de pajonales esto debido al incremento de temperatura en esta área.	El Telégrafo 2019	Sequía por falta de lluvias, incendios forestales en las partes altas que sirven como reservas de agua del lago.	17,89 % de la población consideran al lago san pablo como parte de la identidad del sitio tanto para el cantón Otavalo, como para la provincia de Imbabura
HERENCIA CULTURAL	Lago San Pablo, conocimiento ancestral de la comunidad kichwa otavalo			La sequía y los incendios forestales afectan a los alrededores del Lago San Pablo. En el año 2019 se tiene registro del último incendio forestal en la zona alta de San Pablo de lago que en donde se	El Telégrafo 2019	Sequía por falta de lluvias, incendios forestales en las partes altas que sirven como reservas de agua del lago.	12,20 % de la población menciona que el Lago San Pablo forma parte de la herencia cultural para otavaleños e imbabureños.

					incendió alrededor de 300 hectáreas de pajonales esto debido al incremento de temperatura en esta área.
ESTÉTICA	Lago San Pablo Kalluma: espacio ceremonial festivo de Inti Raymi	Inundación en Parque Acuático. En el año 2022 es uno de las últimas inundaciones registradas en los alrededores del Lago San Pablo esto afecto a gran parte de los turismos comunitarios que se encuentran alrededor además de los lugares utilizados para ceremonias y eventos culturales.	El Telégrafo 2019	Sequía por falta de lluvias, incendios forestales en las partes altas que sirven como reservas de agua del lago.	El 13,01 % de la población menciona que el lago san pablo es considerado como parte de la estética

Fuente y elaboración propias con base a partir de las encuestas realizadas en octubre, 2022.

Tabla 22

Afectaciones de las variaciones climáticas en otros humedales alrededor del mundo.

AUTOR	AÑO	LUGAR	ESTUDIO	MUESTRA	AFECTACIÓN AL HUMEDAL	RESULTADOS
Borja, Camacho y Florín	2012	España	Lagos y humedales en la evaluación de los ecosistemas del milenio en España	0	La causa de pérdida de servicios ecosistémicos culturales en este estudio refleja que el cambio climático se encuentra en un nivel medio alto de afectación a los servicios	En el estudio se identifica que para los pobladores el servicio de educación ambiental, actividades recreativas, ecoturismo, paisaje y disfrute estético se encuentran en un nivel alto con tendencia a mejora del servicio, el valor espiritual y el conocimiento científico se considera con un valor medio alto, el conocimiento ecológico local es de un nivel bajo con tendencia a empeorar y la identidad cultural y sentido de pertenencia se considera extremadamente bajo.
Gómez, K	2020	Bogotá, Localidad Engativá	Evaluación del impacto ambiental sobre los servicios ecosistémicos culturales en el humedal Santa María del Lago.	364	En el estudio se identificaron el nivel de protección ambiental que se da a cada uno de los servicios ecosistémicos culturales, en donde los servicios espirituales y religiosos, estética y recreación y turismo tienen baja protección ambiental, mientras que servicios como educación, y medicinal poseen un nivel de protección medio	Las personas encuestadas identificaron que los servicios culturales más importantes para ellos son los que forman parte de educación, investigación y medicina que brinda el humedal, mientras que los otros servicios consideran de baja protección

Betancur et al.	2017	Aguas subterráneas, humedales y servicios ecosistémicos en Colombia Biota Colombiana	Varios humedales de Colombia.	La afectación al humedal se da por las actividades de explotación intensiva pesquera y la difusión de áreas agrícolas además de los cambios de la temperatura y precipitación que están relacionadas al cambio climático.	En este estudio los servicios ecosistémicos culturales que se afectan son el turismo y recreación, además de la educación que brinda el humedal que poseen una tendencia a mejorar mientras que los de identidad cultural y sentido de pertenencia para los pobladores del sector poseen una tendencia a mantenerse estables.
------------------------	------	--	-------------------------------	---	---

Fuente y elaboración propias con base en (Borja, Camacho y Florín, 2012) (Gómez 2020) y (Betancurt et al. 2017)

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Los 7 servicios ecosistémicos culturales fueron caracterización y priorizados de acuerdo a las 123 personas encuestadas determinándose que el 74 % considera al turismo y recreación como el mayor servicio cultural que brinda el Lago San Pablo por ser un lugar de descanso y relajación seguido del 61 % en identidad del sitio, 59 % de herencia cultural, 57 % educación e investigación, 55 % inspirativo, 52% estético y el 40 % el servicio espiritual y religioso.

El 32 % de las personas encuestadas menciona que la temperatura alrededor del Lago San Pablo aumento, el 38 % considera que las precipitaciones en los últimos años han incrementado y consideran que esto se debe al efecto por el cambio climático los cuales están afectan de manera negativa este ecosistema.

En base a los datos de precipitación y temperatura para los 20 años de estudio se identifica que entre los años 2000 hasta el 2013 la temperatura fue estable bordeando los 14 °C y es a partir del año 2014 que la temperatura disminuye y se encontró entre 12 °C y 13 °C, con respecto a las precipitaciones hasta el año 2014 se encontraron en una escala entre 500 mm hasta 800 mm, a partir del año 2015 existe un alza dese los 1000 mm que se ha mantenido hasta el año 2020, siendo la tendencia en el periodo de tiempo estudiado, una mayor cantidad de precipitaciones con disminución en la temperatura.

Aplicando la prueba estadística tendencia de Mann-Kendall se obtiene que tanto en temperatura como precipitación el nivel de significancia alfa fue de 0.05 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa de la investigación la cual indica que ha existido una variabilidad interanual entre los 20 años estudiados.

Con la desviación estándar obtenida para la temperatura con un valor de 0,73 al 95 % de confianza, se obtiene que las temperaturas relativamente han sido constantes entre sí, por el contrario, la desviación estándar de la precipitación con 271,21 al 95 % de confianza, se obtiene que en el periodo de estudio se han encontrado en constante variabilidad. La prueba ANOVA y los valores F resultante y F critico señalo que la variabilidad interanual estudiada si es un factor que afectó y afectará progresivamente a los SEC del Lago San Pablo.

De acuerdo a los análisis de cambios efectuados y evidenciados en los mapas de sequía la superficie de agua en el año 2000 fue de 812,25 ha en el año 2010 fue de 623,21 ha y para el año 2020 fue de 676,17 ha demostrado que las precipitaciones entre los años 2000 y 2010 disminuyeron mientras que en el periodo de 2010 a 2020 la superficie del agua incremento 0,232 %.

La cobertura vegetal fue de 19205,02 ha en el año 2000, para el año 2010 fue de 18943,44 ha evidenciándose una reducción de la misma, para el año 2020 la cobertura vegetal aumento a 19241,13 ha, siendo el año 2020 donde más cobertura vegetal existió en el área de estudio.

El área sin cobertura vegetal para el año 2000 fue de 2501.28 ha, para el año 2010 esta área fue de 2955,67 ha y en el año 2020 el área sin vegetación fue de 2606,02 ha se evidencia que entre el periodo 2000 y 2010 existió un aumento del área sin vegetación en 2.01% mientras que entre el periodo de 2010 a 2020 el área sin vegetación disminuyo en 1,55 %.

Se identificaron 7 atractivos turísticos alrededor del lago San Pablo los cuales son: espejo de agua de lago San Pablo, Allpas, Kalluma, Bordado en Angla, Sombrerería en Angla, Comunidades Kichwa Otavalo, Pueblo Mestizo cada uno de ellos consta con servicios ecosistémicos culturales beneficiando a la población.

El 42,28 % manifiesta que para ellos el Lago San Pablo simboliza un lugar de recreación y turismo, el 17,89 % menciona que significa identidad del sitio, el 13,01 % valora más la estética del lago, el 12,20 % la herencia cultural, el 7,32 % como algo inspirativo, el 4,07 % espiritual y religioso, finalmente el 3,25 % como educación e inspiración.

El análisis sistemático identifico que son varios los efectos del cambio climático en los servicios ecosistémicos culturales, con respecto al turismo y recreación en las variaciones de precipitación y temperatura en los últimos años afectan las actividades de navegación y recreación, la herencia cultural de igual forma estará afectada en caso de inundaciones más frecuentes o sequias ya que los lugares ceremoniales se verán afectados a su vez de los eventos realizados en los alrededores. Escénica estos cambios pueden llegar a alterar el paisaje y la forma en como se le conoce en la actualidad y su belleza natural.

Recomendaciones

Realizar la caracterización de los servicios ecosistémicos culturales a nivel de comunidades que se encuentren en influencia directa del Lago San Pablo para conocer su importancia a través del tiempo.

Efectuar análisis de temperatura y precipitación además de cartografía en periodos más cortos de 5 años para conocer las variaciones y aplicar estrategias futuras de conservación.

Ejecutar programas y proyectos de educación y conciencia ambiental en donde el cambio climático sea el punto principal dando a conocer los efectos que el cambio climático tiene hacia los lagos altoandinos de la provincia de Imbabura, conforme los efectos se vayan evidenciando se pueda adoptar practica sostenibles para que las variaciones y las afectaciones que tenga el clima no sean tan severas.

En futuros estudios se recomienda utilizar datos de precipitaciones y temperaturas máximas extremas y mínimas extremas en un periodo mucho más amplio de alrededor de 60 años para conocer como ha sido la variabilidad climática y conocer los riesgos futuros de los SEC, ecosistemas y como se verá afectada la población.

Lista de referencias

- Adger Neil, Nigel Arnell, y Emma Tompkins. 2005. "Successful adaptation to climate change across scales". *Global Environmental Change* 15: 77–86. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.12.005>
- Aldana-Domínguez, Juanita, ed. 2014. *Biodiversidad Caribe y Servicios Ecosistémicos*. Barranquilla: Universidad del Norte.
- Amaya Acuña, Fabiola Giovana. 2014. "Medidas de adaptación a impactos del cambio climático ante la vulnerabilidad hídrica en Jalisco". Tesis de pregrado, Universidad de Guadalajara-México.
- Arellano Sonia, Dayané Arroyo, Edwin Carrión, y Carlos Merizalde. 2019. "Geoparques mundiales de la UNESCO y su importancia en el desarrollo sostenible de las comunidades. Estudio de caso: Geoparque Imbabura". *Siembra* 6 (1): 93-108.
- Bahamóndez Provoste, Camila Fernanda. 2021. "Cambio climático y su efecto sobre los cuerpos de agua de Chile Central: variación interanual superficial de los lagos andinos (32° S-36° S) entre 1984 y 2020". Tesis pregrado, Universidad de Chile. 2021. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/188022/cambio-climatico-y-su-efecto-sobre-los-cuerpos-de-agua.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bahri Tarub, Cassandra De Young, Kevern Cochrane, y Doris Soto. 2012. "Consecuencias del cambio climático para la pesca y la acuicultura: visión de conjunto del estado actual de los conocimientos científicos. FAO.
- Balvanera Patricia, Alicia Castillo, Elena Lazos, Karina Caballero, Sandra Quijas, Adriana Florez, Claudia Galicia, Lucia Martínez, Adriana Saldaña, Mabel Sánchez, Manuel Maas, Patricia Ávila, Yessica Martínez, Luis-Miguel Galindo, y José Sarukhán. 2011. "Marcos conceptuales interdisciplinarios para el estudio de los servicios ecosistémicos en América Latina". *El valor ecológico, social y económico de los servicios ecosistémicos. Conceptos, herramientas y estudio de casos*.
- Barrow, Edmund, y Neema Pathak. 2005. "Conserving "unprotected" protected areas—communities can and do conserve landscapes of all sorts". *The Protected Landscape Approach: Linking Nature, Culture and Community*. J. Brown, J. N. Mitchell y M. Beresford (eds.). IUCN: The World Conservation Union, Reino Unido. pp. 65-80

- Bejarano, Carlos, Henry Vilatuña, y José Rosales. 2001. "Plan de Manejo Integral de la Cuenca del Imbakucha (Lago San Pablo)" *Centro de estudios pluriculturales*. 122.
- Betancur-Vargas, Teresita, Daniel García-Giraldo, Angelica Vélez-Duque, Angelica Gómez, Carlos Flores-Ayala, Jorge Patiño, Juan Ortiz-Tamayo. 2017. "Aguas subterráneas, humedales y servicios ecosistémicos en Colombia". *Biota Colombiana* 18 (1): 1-28. <https://doi.org/10.21068/c2017.v18n01a1>
- Borja, César, Antonio Camacho, y Máximo Florín-Beltrán. 2011. "Lagos y humedales de interior". *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio de España*. 1.
- Borja-Barrera, César, Antonio Camacho-González, y Máximo Florín-Beltrán. 2012 "Lagos y humedales en la evaluación de los ecosistemas del milenio en España." *Ambienta: La revista del Ministerio de Medio Ambiente* 98: 82-90.
- Boyd, James, y Spencer Banzhaf. 2007. "What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units". *Ecological Economics* 63 (2-3): 616-626. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.01.002>
- Bradley, Raymond, Frank Keimig, y Henry Díaz. 2004. "Projected temperature changes along the American cordillera and the planned GCOS network". *Geophysical Research Letters* 31(16): doi:10.1029/2004GL020229.
- Bradley, Raymond, Mathias Vuille, Henry Díaz, y Walter Vergara. 2006. "Threats to water supplies in the tropical Andes" *Science* 312 (5781):1755-1756. doi: 10.1126/ciencia.1128087
- Caho-Rodríguez, Carlos- Andrés, y Ellie Anne López-Barrera. 2017. "Determination of the water quality index for the wester section of the Torca-Guaymaral wetland using UWQI and CWQI methodologies". *Producción+Limpia* 12(2): 35-49 <https://doi.org/10.22507/pml.v12n2a3> .
- Camacho, Valdéz-Vera y Arturo Ruiz. 2012. "Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos". *Revista BioCiencias* 1(4): 3-15. <http://dspace.uan.mx:8080/jspui/handle/123456789/1721>
- Campaña Leda Eulalia y Carlota Naranjo. 1989. "Estudio de las aguas del lago San Pablo y su deterioro por la falta de Educación Agrícola". Tesis de pregrado-Pontificia Universidad Católica, Sede Ecuador.
- Caro, Clara, y Torres, Marco. 2015. "Servicios ecosistémicos como soporte para la gestión de sistemas socioecológicos: aplicación en agroecosistemas". *Orinoquia*. 19 (2): 237-252.

- Carpenter, Stephen, Caraco, N, Correll, D, Howarth, R, Sharpley, A, y Smith, V. 1998. "Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen". *Ecological applications* 8(3): 559-568. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(1998\)008\[0559:NPOSWW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(1998)008[0559:NPOSWW]2.0.CO;2)
- Casallas Jorge. 2005. "Limnological Investigations in Lake San Pablo, a high mountain lake in Ecuador". Tesis Doctoral-Universidad Técnica de Berlín. <https://api-depositonnce.tu-berlin.de/server/api/core/bitstreams/e826914e-9f11-4da8-abd4-85c73a9ed262/content>
- Castrillon, Diego, Elva Lince, Fernando Rodríguez, Jairo Artunduaga, Juan Llano, y Juan Salazar. 2018. "Globalización y diversidad cultural". En: Jairo Vladimir Llano Franco. *Globalización, diversidad cultural y transformación en América Latina*. Bogotá: Editorial Ibáñez y Universidad Libre de Colombia.
- Cevallos, M. 2003. "Inventarios de Atractivos turísticos en la cuenca del Lago San Pablo-Imbakucha.
- Chancos Pillaca, Jorge. "Retrosceso Glaciar e Impacto Ambiental en los Montes Andinos del Perú." *Lima: Facultad de Humanidades de la UNE* (1998).
- Cochrane, Kevern, Cassandra Young, Doris Soto, y Tarub Bahri. 2012. "Consecuencias del cambio climático para la pesca y la acuicultura: visión de conjunto del estado actual de los conocimientos científicos". *FAO Documento Técnico de Pesca y Acuicultura*.
- Constanza, Robert. 1997. "El valor de los servicios ecosistémicos del mundo y el capital natural". *Nature*, 387: 253 – 260. <http://dx.doi.org/10.1038/387253a0>
- Cooper Nigel, Emily Brady, Helen Steen, y Rosalind Bryce. 2016. "An esthetic and spiritual values of ecosystems: Recognising the ontological and axiological plurality of cultural ecosystem 'services'". *Ecosystem services*. 21: 218–229. doi: 10.1016/j.ecoser.2016.07.014
- Costanza, Robert. 2008. "Ecosystem services: multiple classification systems are needed". *Biological Conservation*. 141 : 350–352. doi:10.1016/j.biocon.2007.12.020
- Cotacachi Cesar. 2002. "Etnoecología de Imbakucha". Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador- Sede Ibarra.
- Cuerpo de Bomberos del Cantón Otavalo. "Inundación en el Parque Acuático", Cuerpo de Bomberos del Cantón Otavalo, 09 de junio de 2022.
- Daily, Gretchen Cara. 1997. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Washington, DC: Island Press, 392.

- De Groot Rudolf, Mateo Wilson, y Roelof Boumans. 2002. "A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services". *Ecological Economics* 41: 393–408. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7)
- Díez- Ballester Ferran. 1996. "Meteorología y salud. La relación entre la temperatura ambiental y la mortalidad." *Rev Esp Salud Pública* 70 (3): 251-259.
- El Telégrafo. "La sequía y los incendios afectan a la cascada de Peguche", *El Telégrafo*, 12 de septiembre de 2019. Redacción general.
- FAO. 2015. "Atlas de cobertura del suelo de Uruguay. Cobertura de suelo y cambios 2000 – 2011. Land Cover Classification System". Montevideo, UY. 52 p. <https://www.fao.org/publications/card/es/c/cbb29559-dd92-47db-ad32-baf339e51253>
- Fisher Brendan, Kerry Turner, y Paul Morling. 2009. "Defining and classifying ecosystem services for decision making". *Ecological Economics* 68: 643-653. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.09.014>
- Franco-Vidal, Lorena, Juliana Delgado, y Germán Andrade. 2013. "Factores de la vulnerabilidad de los humedales altoandinos de Colombia al cambio climático global". *Cuadernos de geografía: revista colombiana de geografía* 22 (1): 69-85. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v22n2.37018>
- Freeman III, Myrick. 2010. "*The wealth of nature: Valuing ecosystem services. Proceedings EEPSEA. Impact Conference*". Vietnam.
- Galarraga Elvira, Oscar Zevallos, Pedro Toledo, Carlos Criollo, N Robelly, y Joaquín Ruales. 1992. "Estudio para la recuperación y protección de la Zona Turística de los Lagos de la Provincia de Imbabura con fines de Equilibrio y Promoción Turística Proyecto de Recuperación del lago San Pablo". Republica del Ecuador-Ministerio de Relaciones Exteriores Report.
- García- Lozano, Luisa, y Jairo Llano-Franco. 2018. Jurisprudencia constitucional y los derechos culturales de las comunidades étnicas en Colombia. En Jairo Vladimir Llano Franco y Nicole Ve-lasco Cano (Coordinadores). *Globalización Hegemónica y alternativas locales de justicia por las comunidades étnicas*. Bogotá: Editorial Ibáñez y Universidad Libre de Colombia.
- Gill Susannah, Handley John, Adrian Ennos, y Stephan Pauleit. 2007. "Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure". *Built Environment*. 33 (1): 115-133. doi: 10.2148/benv.33.1.115.

- Gobierno Provincial de Imbabura. 2015. "Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia de Imbabura 2015-2025". <https://imbabura.gob.ec/phocadownload/K-Planes-programas/PDOT/PDOT%20IMBABURA%202015-2035.pdf>
- Gómez Molina, Karol Natalia. 2020. "Evaluación del impacto ambiental sobre los servicios ecosistémicos culturales en el humedal Santa María del Lago.". Tesis de pregrado. Universidad Nacional Abierta y a Distancia -UNAD. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/38807/kngomez.pdf?sequence=3>
- Gómez, José Antonio y Sergio Camilo Ortega. 2007. "Biocomercio sostenible, biodiversidad y desarrollo en Colombia". *Fondo Biocomercio*. Bogotá.
- Gunket, Gunter. 2000. "Limnology of an Equatorial High Mountain Lake in Ecuador, Lago San Pablo". *Limnologica*. 30 (2): 113-120. [https://doi.org/10.1016/S0075-9511\(00\)80005-5](https://doi.org/10.1016/S0075-9511(00)80005-5)
- Gunkel, Günter. 2003 "Limnología de un Lago Tropical de Alta Montaña, en Ecuador: Características de los sedimentos y tasa de sedimentación." *Revista de Biología Tropical* 51.2 381-390.
- Hall Minard L. 1997: *El volcanismo en el Ecuador*. Facultad de Geología. Escuela Politécnica Nacional: Quito.
- Hamin, Elisabeth, y Nicole Gurrán. 2009. "Forma urbana y cambio climático: equilibrio entre adaptación y mitigación en EE. UU. y Australia". *Hábitat Internacional* 33 (3): 238-245. doi:10.1016/j.habitatint.2008.10.005
- Hansen, Karen Tranberg. 2004. "El mundo vestido: perspectivas antropológicas sobre la vestimenta, la moda y la cultura". *Año. Rev. Antropol.* 33: 369-392. <https://doi.org/10.1146/annurev.anthro.33.070203.143805>
- Hayhoe, Katharine, Cameron Wake, Thomas Huntington, Luo Lifeng, Mark Schwartz, Justin Sheffield, Eric Madera, Bruce Anderson, James Bradbury, Arte DeGaetano, Tara Troya, y David Wolfe. 2007. "Past and future changes in climate and hydrological indicators in the US Northeast". *Climate Dynamics* 28: 381–407. <https://doi.org/10.1007/s00382-006-0187-8>
- Instituto Geográfico Militar del Ecuador. (2013). Geoportal IGM. <https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. 2010. "Censo Poblacional del 2010-Parroquia González Suárez". <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>

- IPCC. 2007. Summary for Policymakers In: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change . UK.
- IPCC. 2013. Annex III: Glossary. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- Josse, Carmen, Francisco Cuesta, Gonzalo Navarro, Victor Barrena, Edersson Cabrera, Eulogio Chacon-Moreno, Wanderley Ferrerira, Manuel Peralvo, y Saito Tovar. 2009. "Ecosistemas de los Andes del norte y centro. Bolivia, Colombia, Ecuador, Peru y Venezuela". Lima: secretaria general de la Comunidad Andina, Programa Regional Ecobona-Intercooperation, condesan proyecto paramo andino, programa bioandes, ecociencia, natureserve, iavh, Itaynalm, icae-ula, cdc-unalm, and rumbol srl. (No. 577.098612 E19).
- Koinig, Karin Schmidt, Wögrath, Sabine Roland Sommaruga, Richard Tessadri, y Roland Psenner. 1998. "El cambio climático como causa principal de los cambios de pH en un lago de alta montaña". *Contaminación del agua, el aire y el suelo* 104(1-2): 167-180
- Leiva-Palomino, Martha-Liliana, Cesar Augusto Victoria Arce, Martha Cecilia Guzmán Vinasco, Sandra Patricia Montenegro Gómez, Victor Fabian Forero Ausique, Christian Felipe Valderrama López, y Silvia Eugenia Barrera Berdugo. 2019. "Capítulo 14. Los servicios ecosistémicos culturales". *Libros Universidad Nacional Abierta ya Distancia*, 235-250.
- León, Elvia, Vicente Vásquez, y María Doménica Valderrama. 2021 "Cambios en patrones de precipitación y temperatura en el Ecuador: Regiones sierra y oriente." *Dilemas contemporáneos: Educación, política y valores* 8. (SPE2). <https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i.2608>.
- López Ayala Zayana Carolina. 2012. "Zonificación ecológica del Lago San Pablo en función de los patrones de distribución espacial y temporal de la avifauna acuática". Tesis pregrado, Universidad Técnica del Norte, Ibarra. 45-56-73. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2091/3/03%20RNR%20156%20TESIS.pdf>

- Mallarach, Josep y Thymio Papayannis. 2007. "Protected areas and spirituality: Proceedings of the first workshop of the Delos Initiative, IUCN". International Union for Conservation of Nature. IUCN World Commission on Protected Areas (WCPA), Working Group on Cultural and Spiritual Values of Protected Areas. <https://policycommons.net/artifacts/1376692/protected-areas-and-spirituality/1990957/>
- Marengo, Jose, Soares Wagner, Celeste Saulo, y Matilde Nicolini. 2004. "Climatology of the Low Jey east of the Andes as derived from the NCEP-NCAR reanalyses: characteristics and temporal variability". *Journal of Climate* 17 (12):2261-2280. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2004\)017<2261:COTLJE>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2004)017<2261:COTLJE>2.0.CO;2).
- Margalef, Ramon. 1983. *Limnología*. Barcelona: Omega, 1009.
- Martínez, Rodney, Peter M Jørgensen, Holm Tiessen. 2012. "*Cambio climático y biodiversidad en los Andes tropicales*". MacArthur Foundation.
- Martínez-Mena, Mayra Guadalupe. 2017. "Detección de cambios en reservorios acuíferos basados en el índice espectral de sequía". Tesis doctoral, Universidad Politecnica de Madrid. <https://oa.upm.es/45195/>
- Milcu, Andra, Jan Hanspach, David Abson, y Jorn Fischer. 2013. "Servicios ecosistémicos culturales: revisión de la literatura y perspectivas de futuras investigaciones". *Ecología y Sociedad* 18, (3): 44. doi: 10.5751/ES-05790-180344.
- Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being. 2003. "A Framework for Assessment". Washington, DC: Island Press. 49-70.
- Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being. 2005. "Biodiversity Synthesis". Washington, DC: World Resources Institute.82.
- Minaverry, Clara. 2021. "Bosques nativos, servicios ecosistémicos culturales y cambio climático: interrelaciones en el ámbito legal Argentino-Chileno". *Papeles del Centro de Investigaciones, Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, UNL*. 11 (22): 155-173. <https://doi.org/10.14409/p.v11i22.10367>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. Sequía causa estragos en agricultura y ganadería La Hora (2004). <https://www.lahora.com.ec/secciones/sequ-a-causa-estragos-en-agricultura-y-ganader-a/>
- Ministerio de Turismo, 2008, Visitas al cantón Otavalo https://www.academia.edu/4771235/Turismo_en_el_Ecuador_2008

- Moya, Bárbaro, Ana Hernández, Héctor Elizalde-Borrell. 2005. "Los humedales ante el cambio climático". *Investigaciones Geográficas* 37:127-132.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17612746005>
- Myers, Norman, Russell Mittermeier, Cristina Mittermeier, Gustavo Da Fonseca, y Jennifer Kent. 2000. "Biodiversity hotspots for conservation priorities". *Nature* 403: 853-58.
<https://doi.org/10.1038/35002501>.
- Oñate-Valdivieso, Fernando, y Joaquin Bosque Sendra. 2001. "Study of climate trends and generating regional climate change scenarios in a binational river basin in South America". *Estudios Geográficos*: 147-172. <http://dx.doi.org/10.3989/estgeogr.201107>
- Palomino, Martha, Cesa Victoria, Martha Vinasco, Sandra Montenegro, Víctor Forero, Christian Valderrama, y Silvia Barrera. 2019. "Servicios Ecosistémicos: Un enfoque introductorio con experiencias del occidente colombiano". *Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente*. Bogotá: Sello Editorial UNAD.
- Pinto Nogales, Isabel Catalina. 2015. Dinámica de uso del suelo en los últimos veinte años y la variabilidad climática en la cuenca del Lago San Pablo habitada por las comunidades Kayambis. Tesis pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador-Quito.
<http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/12136>
- Quiroz-Castelán, Héctor, Lorena Mora-Zuñiga, Isela Molina-Astudillo, y Judith García-Rodríguez. 2004. "Variación de los organismos fitoplactónicos y la calidad del agua en el lago de Chapala, Jalisco, México". *Acta Universitaria* 14(1): 47-58.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41614105>
- Realpe Sandoval, Flor Mayra. 2015. "Perfil del turista que ocupa la planta hotelera del cantón Otavalo, Provincia de Imbabura, para diseñar un boletín informativo del visitante". Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte, Ibarra.
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/5447/1/02%20TUR%20003%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Salas de León, David-Alberto. 2015. "Coeficiente de difusión térmica en un lago monomictico cálido tropical". *Tendencias de Investigación* 33.
- Sánchez, Enrique. 2003. "Saberes locales y uso de la biodiversidad en Colombia. Presentación en el evento: Los grupos étnicos y las comunidades locales en Colombia". *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*.

- Sarmiento, Fausto, Cesar Cotacachi, y Lee Carter. 2008. "El sagrado Imbakucha: intangibles en la conservación de los paisajes culturales del Ecuador". *Valores de los paisajes terrestres y marinos protegidos*. 125-144.
- Simon, Tracie A, Anton Seimon, Peter Daszak, Stepha Halloy, Lisa Schloegel, Cesar Aguilar, Sowell Preston, Alex Hyatt, Bronwen Konecky, y Jhon. Simmons. 2007. "Upward range extension of Andean anurans and chytridiomycosis to extreme elevations in response to tropical deglaciation." *Global Change Biology* 13 (1): 288-299. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01278>.
- Sepulchre, Pierre, LC Sloan, Michael Snyder, y Jérôme Fiechter, 2009. Impactos del levantamiento andino en el sistema de la corriente de Humboldt: un estudio de sensibilidad del modelo climático. *Paleoceanografía*, 24 (4).
- Terry, Daniel, Andreas Muhar, Arne Arnberger, Olivier Aznar Olivier, James Boyd, Kai M.A Chan, Roberto Costanza, Thomas Elmqvist, Courtney Flint, Paul Gobster, Adrienne Gret-Regamey, Reeca Lave, Susanne Muhar, Marianne Penker, Robert Ribe, Thomas Schauppenlehner, Thomas Sikor, Ihor Soloviy, Marja Spierenburg, Karolina Taczanowska, Jordán Tam, Dunk Andreas Von Der. 2012. "Contributions of cultural services to the ecosystem services agenda". *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 109 (23): 8812-8819. doi: 10.1073/pnas.1114773109.
- Turc, Bruno. "Paleo-Lagos Andinos". Ambiente Andino Amazónico frente al cambio climático. 11 de Agosto de 2021. <https://andes-amazonia.ird.fr/clima-actual-y-pasado/paleo-lagos-andinos/>
- Turisec. Unos 3000 turistas por fin de semana disfrutaron del lago San Pablo; allí opera un emprendimiento comunitario. *Turismo en Ecuador*. 12 de Abril de 2022. <https://www.turisec.com/unos-3-000-turistas-por-fin-de-semana-disfrutan-del-lago-san-pablo-alli-opera-un-emprendimiento-comunitario/>
- Turner Kerry, y Stavros Georgiou. 2012 "*Valuing Ecosystem Services: The Case of multi-functional wetlands*". London: Cromwell Press. 240.
- U.S. Environmental Protection Agency. 2004. Ecological benefits assessment strategic plan. Washington. DC: SAB Review Draft.
- Valencia-Rojas, Mónica Patricia, y Apolinar-Figueroa Casas. 2015. "Vulnerabilidad de humedales altoandinos ante procesos de cambio: tendencias del análisis." *Revista Ingenierías Universidad de Medellín* 14 (26): 29-42.

- Valverde, Sebastián, Clara Minaverri, y Gabriel Stecher. 2021. “Examining the “Forest Law” in Los Lagos, Argentina through the lens of Mapuche organisations”. *Journal of Intercultural Studies*, 42 (2): 160-176. <https://doi.org/10.1080/07256868.2021.1883570>
- Vásquez, Carolina, Ariza-Andrea, y Gladys Pinilla. 2006. Descripción del estado trófico de diez humedales del altiplano cundiboyacense. *Universitas Scientiarum* 11(2): 61-75.
- Vetter, Marcos. 2010. Modelización del balance de energía en lagos mediante el modelo climático regional REMO en el contexto de un cambio climático. AEMET.
- Westman, Walter. 1997.” How much are nature’s services worth?”. *Science Nature’s Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems* 392 (197): 960–964.
- Wojtan, Krzysztof y Joanna Galas. 1994. “Acidification of small mountain lakes in the High Tatra Mountins, Poland”. *Limnology of Mountain Lakes*: 179-182.
- Zavala, Jorge, y Rosario Romero. 2007. “Cambio climático ¿Qué sigue?”. *¿Cómo ves?* 109: 10-17.

Anexos

Anexo 1: Modelo aplicado en la encuesta

Universidad Andina Simón Bolívar

Área de Ambiente y Sustentabilidad

Maestría de Investigación en Cambio Climático Sustentabilidad y Desarrollo

Tema general: Encuesta para conocer los servicios ecosistémicos culturales del Lago San Pablo, Cantón Otavalo, Provincia de Imbabura.

Objetivo: Caracterización de los servicios ecosistémicos culturales que provee la cuenca del Lago San Pablo, evolución, importancia y priorización para la población local en el periodo 2000-2020.

1.- Género: Masculino: Femenino: Otro:

2.- Lugar de Residencia:

Provincia:

Cantón:

Parroquia:

3.-Edad:

4.-Nivel de Educación: Ninguno Primaria Secundaria Universitario Posgrado

5.- A qué se dedica

Ej: Empleado Público, Empleado Privado, estudiante, etc.

6.- ¿Cuál es la principal actividad que usted realiza en la zona (Lago San Pablo)?

Espiritual y religioso	Educativo/Investigación	Estética
Recreativo y Turístico	Identidad del sitio	
Inspirativo	Herencia Cultural	

Espiritual y religioso. – Significado: La naturaleza y la vida salvaje siempre han tenido un papel en las culturas ancestrales, albergando buenos y malos espíritus, el ecosistema puede brindar espiritualidad y valores religiosos a los componentes del sistema.

Recreativo y turístico. - Ejemplo: Caminatas, deportes, paseos a caballo, gastronomía, fotografía.

Inspirativo. – Significado: Los animales, las plantas y los ecosistemas han sido fuente de inspiración de gran parte de nuestra arte, cultura y diseño.

Educativo/Investigación. - Significado: Varios de estos ecosistemas también sirven cada vez más como fuente de generación de nuevos conocimientos para la ciencia e investigación.

Identidad del sitio. – Significado: El patrimonio natural es parte del patrimonio cultural de muchas sociedades. Por tanto, estas otorgan gran valor al mantenimiento de paisajes históricamente importantes («paisajes culturales») o especies culturalmente significativa.

Herencia cultural. - Significado: El arraigo que muchas personas sienten a un determinado lugar, en muchas ocasiones es debido al entorno, a la naturaleza, a ciertos aspectos de los ecosistemas que lo rodean.

Estética. - Significado: La estética de los ecosistemas hace que se consiga dar unidad, forma, carácter y que brinde varias sensaciones de alegría, paz, tranquilidad a los usuarios.

7.- ¿Porque está motivado a realizar la anterior actividad?

Una o más de una

Descanso	Diversión	Mejora de la salud
Mejorar estado físico	Estudio/Investigación	Económica
Tradición/ Cultura	Conocer el territorio	Ninguna

8.- ¿Cuántas veces realiza la actividad mencionada en la zona?

Todos los días Fines de semana Una vez en la semana Una vez al mes

9.- Usted considera que la temperatura en la zona correspondiente al Lago San Pablo en el paso de los años:

Aumento Disminuyó Esta igual No sabe

10.- Usted considera que las lluvias en la zona correspondiente al Lago San Pablo:

Aumentaron Disminuyeron Esta igual No sabe

11.- Usted considera que el cambio climático afecta a la actividad que usted realiza en el Lago San Pablo:

Positivamente Negativamente No afecta No sabe

12.- Usted considera que el servicio espiritual y religioso que brinda el Lago San Pablo es:

Muy Importante Importante Moderadamente Importante
De poca importancia Sin importancia

13.- Usted considera que el turismo y recreación que brinda el Lago San Pablo son:

Muy Importante Importante Moderadamente Importante
De poca importancia Sin importancia

14.- Usted considera que el servicio inspirativo que brinda el Lago San Pablo es:

Muy Importante Importante Moderadamente Importante
De poca importancia Sin importancia

15.- Usted considera que el servicio educativo (investigación) que brinda el Lago San Pablo es:

Muy Importante Importante Moderadamente Importante
De poca importancia Sin importancia

16.- Usted considera que la identidad del sitio que brinda el Lago San Pablo es:

Muy Importante Importante Moderadamente Importante
De poca importancia Sin importancia

17.- Usted considera que la herencia cultural que brinda el Lago San Pablo para las futuras generaciones es:

Muy Importante Importante Moderadamente Importante
De poca importancia Sin importancia

18.- Usted considera que el servicio estético que brinda el Lago San Pablo es:

Muy Importante Importante Moderadamente Importante
De poca importancia Sin importancia

19.- ¿Usted piensa que con el cambio climático (aumento o disminución de temperatura), de los mencionados servicios culturales que brinda el Lago San Pablo se verán afectados?

De manera positiva De manera negativa No se afecta No sabe

20.- ¿Usted piensa que con el cambio climático (aumento o disminución de lluvias), de los mencionados servicios culturales que brinda el Lago San Pablo se verán afectados?

De manera positiva De manera negativa No se afecta No sabe

21.- Como residente de la localidad que significa para usted el Lago San Pablo.

Muchas Gracias por su colaboración.

Anexo 2: Desglose de resultados de encuesta aplicada

Género de los encuestados por parroquias

Parroquia	Sexo	
	HOMBRE	MUJER
González Suárez	2	4
San Pablo	7	8
San Rafael	3	3
Eugenio Espejo	3	5
Peguche	1	4
San Luis	13	18
El Jordán	24	28
Total	53	70

Fuente: Encuestas realizadas en el mes de octubre, 2022

Elaboración propia

Edad de los encuestados.

Edad	Comunidad
17-27 años	52
28-28 años	38
39-49 años	17
50-60 años	14
61-71 años	1
72-82 años	1
Total	123

Fuente: Encuestas realizadas en el mes de octubre, 2022

Elaboración propia

Nivel de instrucción

Instrucción	Comunidad	Porcentaje
Universidad	66	54
Bachillerato	45	37
Posgrado	7	6
Primaria	5	4
Total	123	100

Fuente: Encuestas realizadas en el mes de octubre, 2022
Elaboración propia

Ocupación

Ocupación	Comunidad	Porcentaje
Empleado publico	26	21
Estudiante	26	21
Ama de casa	21	17
Empleado privado	21	17
Docente	5	4
Comerciante	4	3
Independiente	4	3
Desempleado	2	2
Jubilado	2	2
Arquitecto	1	1
Artesano	1	1
Ayudante de cocina	1	1
Chofer	1	1
Cosmetóloga	1	1
Costurera	1	1
Diseño Gráfico	1	1
Fisioterapeuta	1	1
Ingeniero Forestal	1	1
Jornalero	1	1
No menciona	1	1
Psicóloga clínica	1	1
Total	123	100

Fuente: Encuestas realizadas en el mes de octubre, 2022
Elaboración propia

Principal actividad de los encuestados en el Lago San Pablo

Actividad	Comunidad	Porcentaje
Recreativo y turístico	99	80
Herencia cultural	7	6
Identidad del sitio	7	6
Inspirativo	5	4
Educativo/Investigación	2	2
Espiritual y religioso	2	2
Estético	1	1
Total	123	100

Fuente: Encuestas realizadas en el mes de octubre, 2022
Elaboración propia

Motivación de los encuestados para realizar actividades en el Lago San Pablo

Motivación para realizar la actividad	Comunidad	Porcentaje
Descanso	47	38 %
Diversión	33	27 %
Mejora la salud y estado físico	20	16 %
Tradición/Cultura	10	8 %
Estudios/Investigación	5	4 %
Conocer el territorio	5	4 %
Economía	2	2 %
Ninguna	1	1 %
Total	123	100 %

Fuente: Encuestas realizadas en el mes de octubre, 2022
Elaboración propia

Frecuencia de visita de los encuestados al Lago San Pablo.

Frecuencia	Comunidad	Porcentaje
Una vez al mes	85	69 %
Fines de semana	25	20 %
Una vez en la semana	11	9 %
Todos los días	2	2 %
Total	123	100 %

Fuente: Encuestas realizadas en el mes de octubre, 2022
Elaboración propia

Temperatura en base a los encuestados en el Lago San Pablo.

Temperatura	Comunidad	Porcentaje
Aumento	40	33 %
No sabe	34	28 %
Esta igual	26	21 %
Disminuyo	23	19 %
Total	123	100 %

Fuente: Encuestas realizadas en el mes de octubre, 2022
Elaboración propia

Precipitación en base a los encuestados en el Lago San Pablo.

Precipitación	Comunidad	Porcentaje
Aumentaron	47	38 %
Disminuyeron	28	23 %
No sabe	26	21 %
Esta igual	22	18 %
Total	123	100 %

Fuente: Encuestas realizadas en el mes de octubre, 2022
Elaboración propia

Afectación del cambio climático en el Lago San Pablo de acuerdo a los encuestados.

Afectación	Comunidad	Porcentaje
Negativamente	59	48
Positivamente	32	26
No sabe	18	15
No afecta	14	11
Total	123	100

Fuente: Encuestas realizadas en el mes de octubre, 2022
Elaboración propia

Afectación del cambio climático en el Lago San Pablo de acuerdo a los encuestados.

Servicio espiritual	Comunidad	Porcentaje
Muy importante	49	40 %
Importante	42	34 %
Moderadamente importante	20	16 %
De poca importancia	10	8 %
Sin importancia	2	2 %
Total	123	100 %

Fuente: Encuestas realizadas en el mes de octubre, 2022
Elaboración propia

Afectación del cambio climático en el Lago San Pablo de acuerdo a los encuestados.

Turismo y recreación	Comunidad	Porcentaje
Muy importante	91	74 %
Importante	27	22 %
Moderadamente importante	4	3 %
De poca importancia	1	1 %
Sin importancia	0	0 %
Total	123	100 %

Fuente: Encuestas realizadas en el mes de octubre, 2022
Elaboración propia

Servicio de turismo y recreación de los encuestados hacia el Lago San Pablo.

Inspirativo	Comunidad	Porcentaje
Muy importante	68	55 %
Importante	39	32 %
Moderadamente importante	13	11 %
De poca importancia	3	2 %
Total	123	100 %

Fuente: Encuestas realizadas en el mes de octubre, 2022
Elaboración propia

Servicio de educación e investigación de los encuestados hacia el Lago San Pablo.

Educación e investigación	Comunidad	Porcentaje
Muy importante	70	57 %
Importante	38	31 %
Moderadamente importante	13	11 %
De poca importancia	1	1 %
Sin importancia	1	1 %
Total	123	100 %

Fuente: Encuestas realizadas en el mes de octubre, 2022
Elaboración propia

Servicio de identidad del sitio investigación de los encuestados hacia el Lago San Pablo.

Identidad del sitio	Comunidad	Porcentaje
Muy importante	75	61 %
Importante	41	33 %
Moderadamente importante	7	6 %
Sin importancia	0	0 %
Total	123	100 %

Fuente: Encuestas realizadas en el mes de octubre, 2022
Elaboración propia

Servicio de identidad del sitio investigación de los encuestados hacia el Lago San Pablo.

Herencia cultural	Comunidad	Porcentaje
Muy importante	73	59 %
Importante	42	34 %
Moderadamente importante	7	6 %
De poca importancia	1	1 %
Total	123	100 %

Fuente: Encuestas realizadas en el mes de octubre, 2022
Elaboración propia

Servicio de identidad del sitio investigación de los encuestados hacia el Lago San Pablo.

Estético	Comunidad	Porcentaje
Muy importante	64	52 %
Importante	48	39 %
Moderadamente importante	10	8 %
De poca importancia	1	1 %
Total	123	100 %

Fuente: Encuestas realizadas en el mes de octubre, 2022
Elaboración propia

Aumento y disminución de temperatura en el Lago San Pablo

Aumento y disminución de temperatura	Comunidad	Porcentaje
De manera negativa	80	65 %
De manera positiva	18	15 %
No sabe	17	14 %
No se afecta	8	7 %
Total	123	100 %

Fuente: Encuestas realizadas en el mes de octubre, 2022
Elaboración propia

Aumento y disminución de precipitaciones en el Lago San Pablo

Aumento y disminución de precipitación	Comunidad	Porcentaje
De manera negativa	83	67
No sabe	20	16
De manera positiva	14	11
No se afectan	6	5
Total	123	100

Fuente: Encuestas realizadas en el mes de octubre, 2022
Elaboración propia

Anexo 3: Promedios y climogramas desglosados anuales periodos 2000-2020

Tabla 23
Promedio mensual de temperatura y precipitación año 2000

mes	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)
Enero	13.8	116.1
Febrero	13.7	128.9
Marzo	14.1	168.2
Abril	14.4	171.9
Mayo	14.1	215.5
Junio	14.3	76.2
Julio	14.0	23.4
Agosto	14.2	7.8
Septiembre	13.9	57.3
Octubre	14.8	46.3
Noviembre	14.6	42.4
Diciembre	14,8	59,1

Fuente y elaboración propias con base en INHAMI 2000-2020.

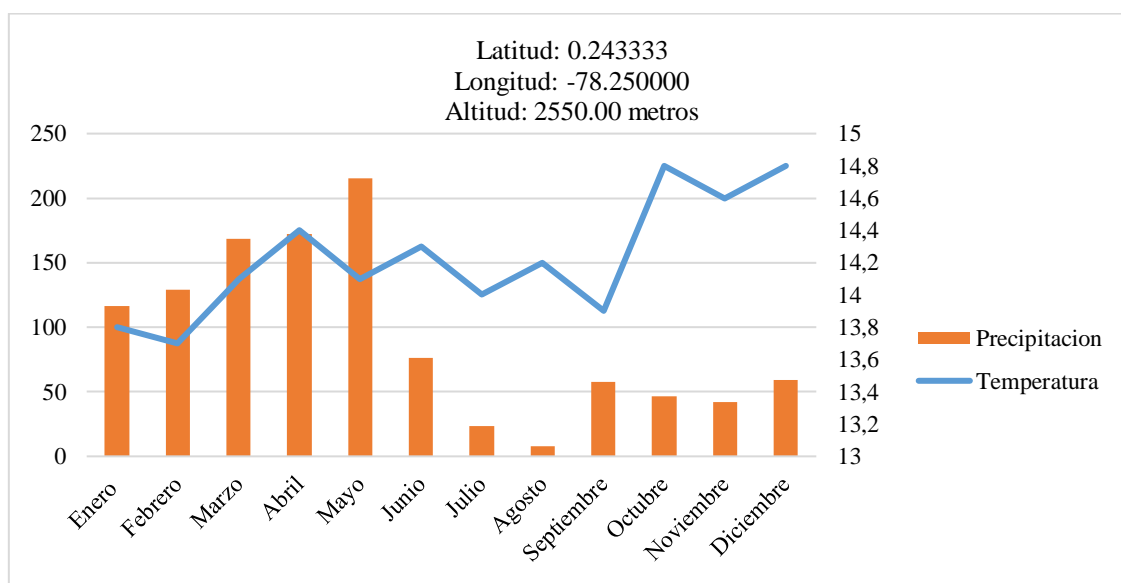


Figura 15. Climograma Año 2000.

Fuente y elaboración propia con base en INHAMI 2000-2020.

Tabla 24
Promedio mensual de temperatura y precipitación año 2001

mes	Temperatura	Precipitación
Enero	13.7	72.7

Febrero	14.5	66.9
Marzo	14.3	149.3
Abril	14.7	16.2
Mayo	14.7	91.7
Junio	14.5	6.4
Julio	s/n	s/n
Agosto	14.5	0
Septiembre	14.5	91.1
Octubre	s/n	s/n
Noviembre	s/n	s/n
Diciembre	15.4	38.9

Fuente y elaboración propias con base en INHAMI 2000-2020.

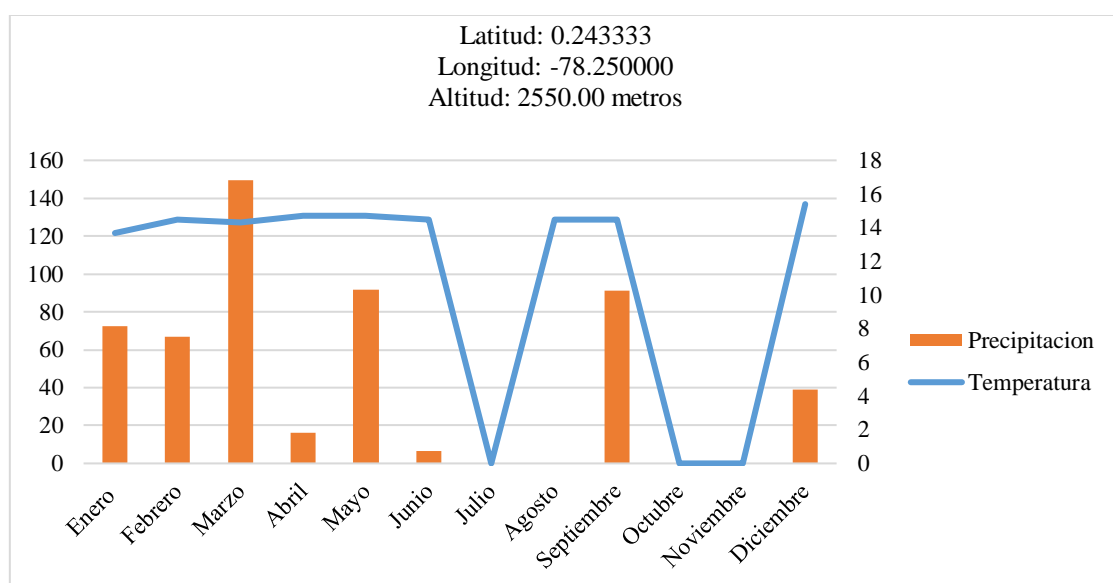


Figura 16. Climograma Año 2001.

Fuente y elaboración propia con base en INHAMI 2000-2020.

Promedio mensual de temperatura y precipitación año 2002

mes	Temperatura	Precipitación
Enero	15.1	43.7
Febrero	14.9	34.9
Marzo	14.9	54.6
Abril	14.8	148.4
Mayo	15.1	39
Junio	14.4	51.8
Julio	14.9	2.7
Agosto	14.8	3.4
Septiembre	15	29.3
Octubre	14.9	163.6

Noviembre	14.8	83.9
Diciembre	15.1	95

Fuente y elaboración propias con base en INHAMI 2000-2020.

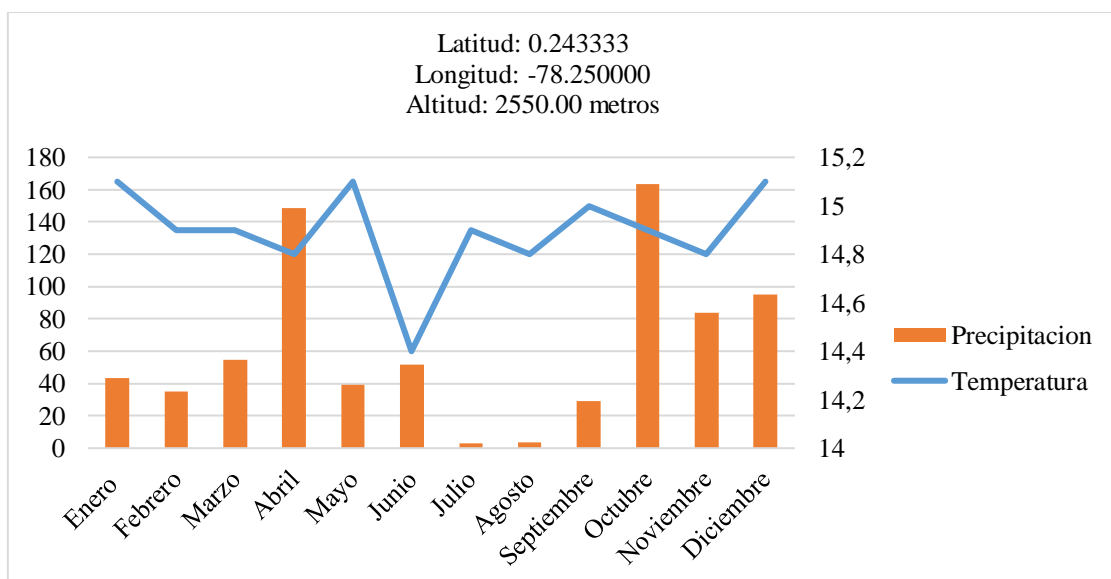


Figura 17. Climograma Año 2002.

Fuente y elaboración propia con base en INHAMI 2000-2020.

Tabla 25
Promedio mensual de temperatura y precipitación año 2003

mes	Temperatura	Precipitación
Enero	15.1	10.1
Febrero	15.4	68.8
Marzo	14.8	47.3
Abril	15	174.6
Mayo	15.1	31.7
Junio	14.5	38.2
Julio	14.5	34.8
Agosto	14.9	0.2
Septiembre	14.9	51.2
Octubre	15.5	98.7
Noviembre	15.4	150
Diciembre	14.9	65.4

Fuente y elaboración propias con base en INHAMI 2000-2020.

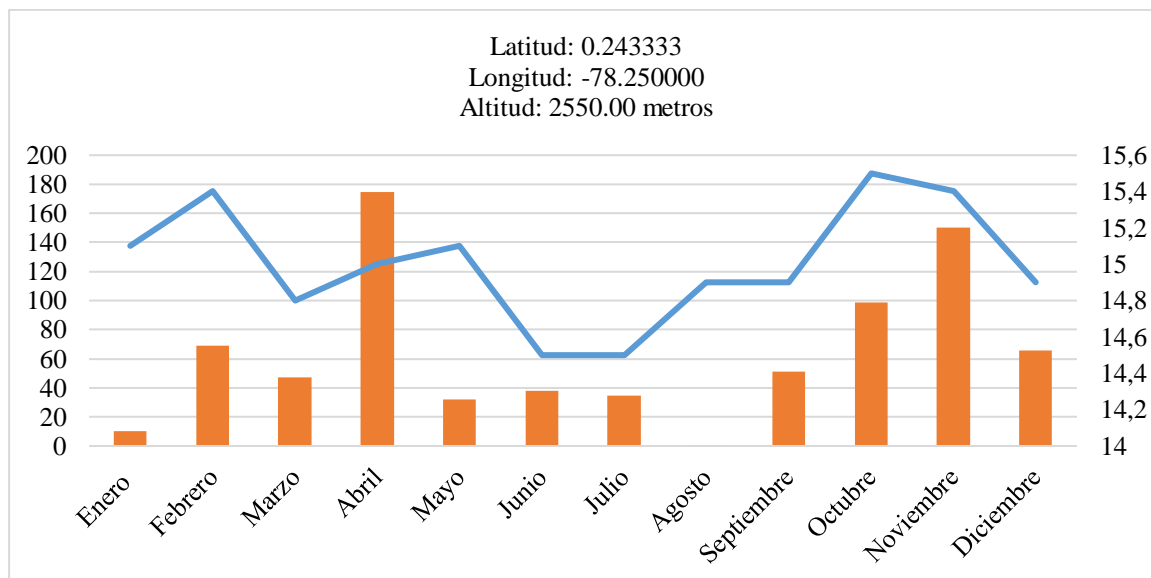


Figura 18. Climograma Año 2003.

Fuente y elaboración propia con base en INHAMI 2000-2020.

Promedio mensual de temperatura y precipitación año 2004

mes	Temperatura	Precipitación
Enero	15	44.6
Febrero	14.3	19.2
Marzo	15.4	41.3
Abril	15.2	101.1
Mayo	15.1	132
Junio	15	6.4
Julio	14.5	5.3
Agosto	14.7	0.7
Septiembre	14.7	64.2
Octubre	15.5	68.2
Noviembre	15.7	116.7
Diciembre	15.4	60.3

Fuente y elaboración propias con base en INHAMI 2000-2020.

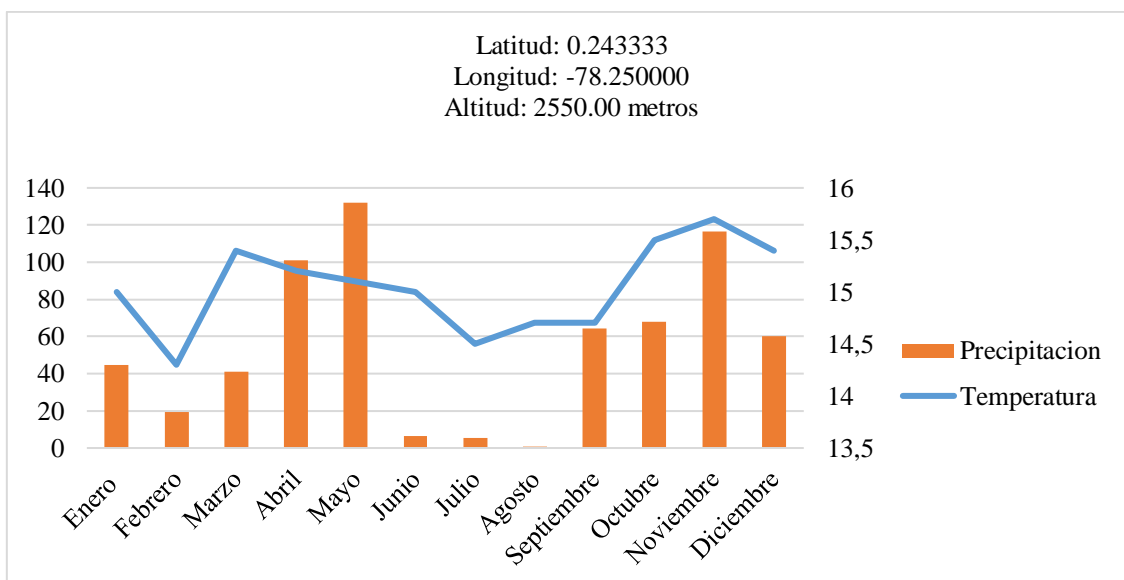


Figura 19. Climograma Año 2004.

Fuente y elaboración propia con base en INHAMI 2000-2020.

Promedio mensual de temperatura y precipitación año 2005

mes	Temperatura	Precipitación
Enero	15.2	32.6
Febrero	15.3	78.7
Marzo	15	95.5
Abril	15.5	71.5
Mayo	15.2	53.9
Junio	15.1	13.3
Julio	14.7	31.7
Agosto	14.8	9.9
Septiembre	15.2	31.5
Octubre	15.3	72.3
Noviembre	15.2	68.4
Diciembre	14.9	94.6

Fuente y elaboración propias con base en INHAMI 2000-2020.

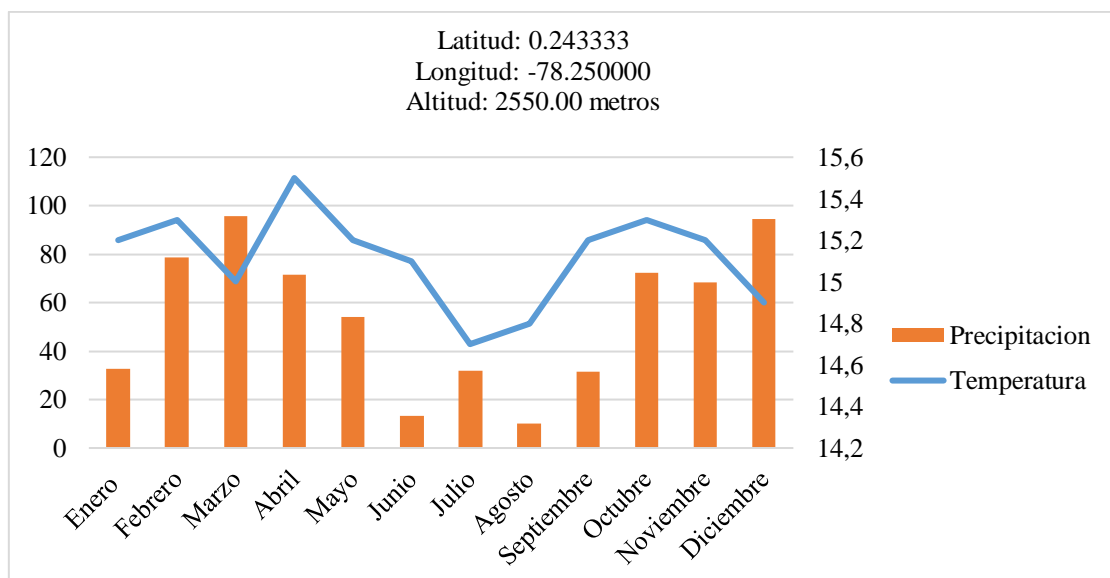


Figura 20. Climograma Año 2005.

Fuente y elaboración propia con base en INHAMI 2000-2020.

Tabla 26
Promedio mensual de temperatura y precipitación año 2006

mes	Temperatura	Precipitación
Enero	14.9	83.7
Febrero	15.4	59.7
Marzo	15.1	223.5
Abril	15.1	187.7
Mayo	15.4	69.8
Junio	14.4	53.00
Julio	14.2	10.8
Agosto	14.5	8.2
Septiembre	14.3	10.3
Octubre	15.4	58.3
Noviembre	15	197.5
Diciembre	15.2	199.6

Fuente y elaboración propias con base en INHAMI 2000-2020.

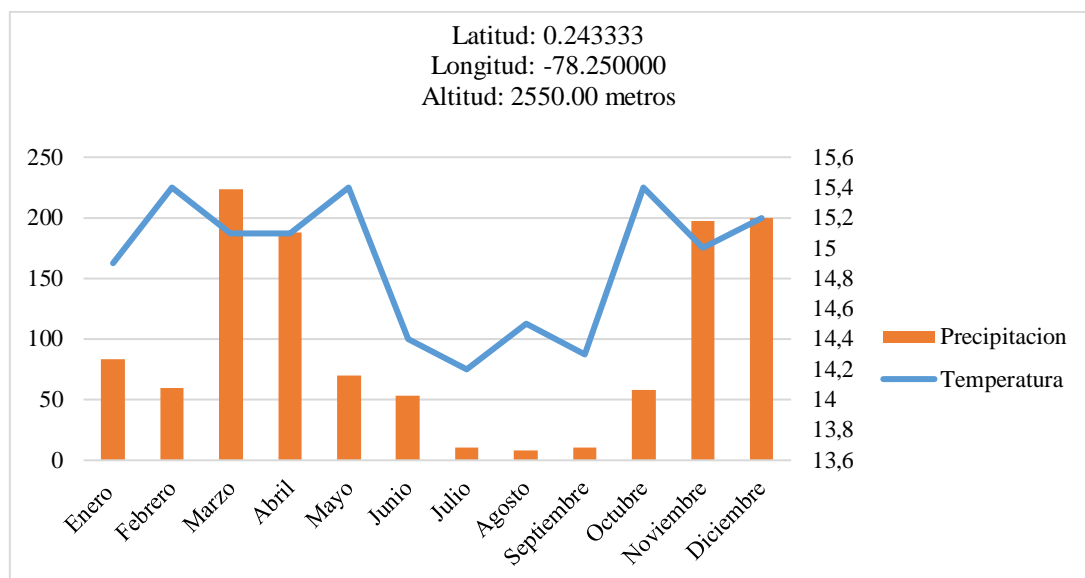


Figura 21. Climograma Año 2006.

Fuente y elaboración propia con base en INHAMI 2000-2020.

Promedio mensual de temperatura y precipitación año 2007		
mes	Temperatura	Precipitación
Enero	14.9	51.5
Febrero	14.2	40.3
Marzo	14.7	169.2
Abril	14.7	195.5
Mayo	14.8	91.6
Junio	14	53.20
Julio	14.1	23.6
Agosto	13.9	39.4
Septiembre	13.8	6.1
Octubre	14.7	122.8
Noviembre	14.6	71.4
Diciembre	14	72.8

Fuente y elaboración propias con base en INHAMI 2000-2020.

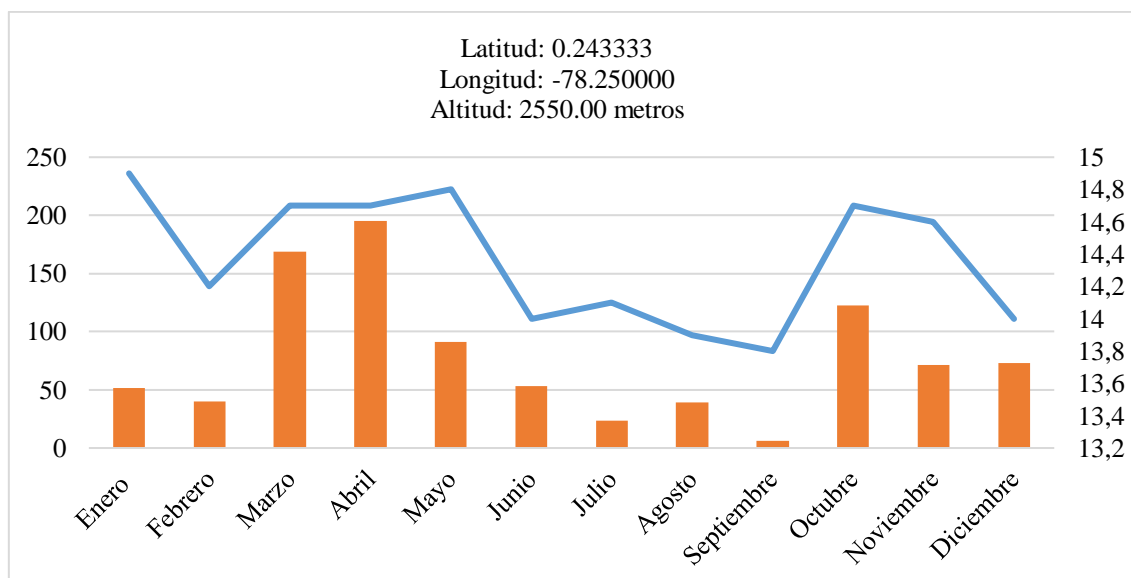


Figura 22. Climograma Año 2007.

Fuente y elaboración propia con base en INHAMI 2000-2020.

Promedio mensual de temperatura y precipitación año 2008

mes	Temperatura	Precipitación
Enero	14.1	124.1
Febrero	13.8	113.3
Marzo	13.9	192.3
Abril	14.1	149.1
Mayo	14.4	170.5
Junio	14.3	88.40
Julio	13.6	7.1
Agosto	14	33.5
Septiembre	14.4	26.6
Octubre	14.4	158.1
Noviembre	14.7	126.9

Fuente y elaboración propias con base en INHAMI 2000-2020.

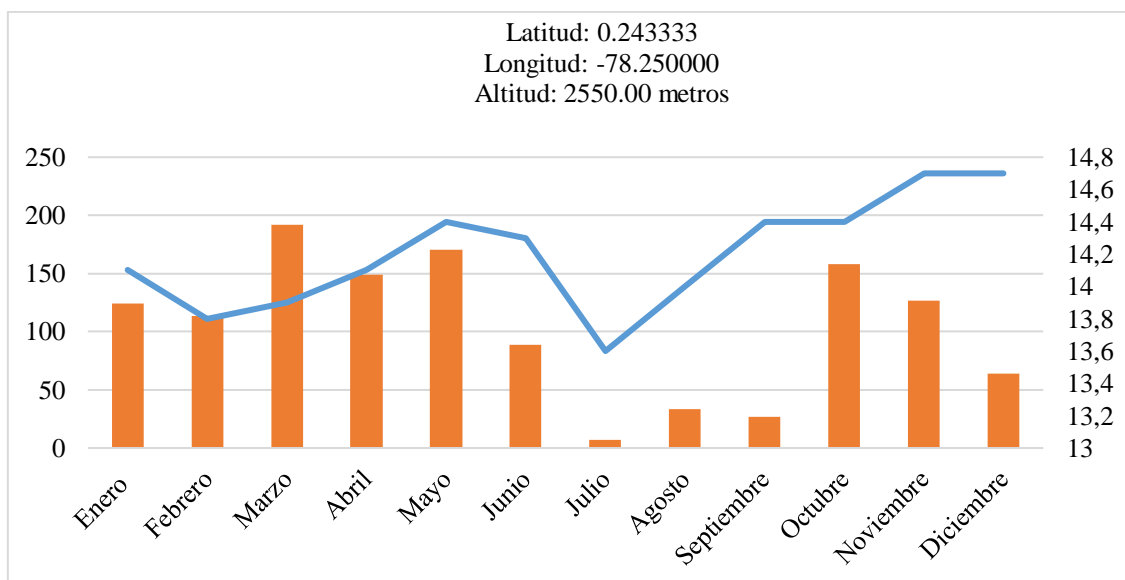


Figura 23. Climograma Año 2008.

Fuente y elaboración propia con base en INHAMI 2000-2020.

Promedio mensual de temperatura y precipitación año 2009		
mes	Temperatura	Precipitación
Enero	14.4	119.6
Febrero	14.3	119.1
Marzo	14.8	173.7
Abril	14.7	91
Mayo	14.6	34.4
Junio	14.5	42.80
Julio	14.7	7.1
Agosto	15	7.9
Septiembre	14.9	17.1
Octubre	15.3	46.3
Noviembre	15.7	69.6
Diciembre	15.4	112.4

Fuente y elaboración propias con base en INHAMI 2000-2020.

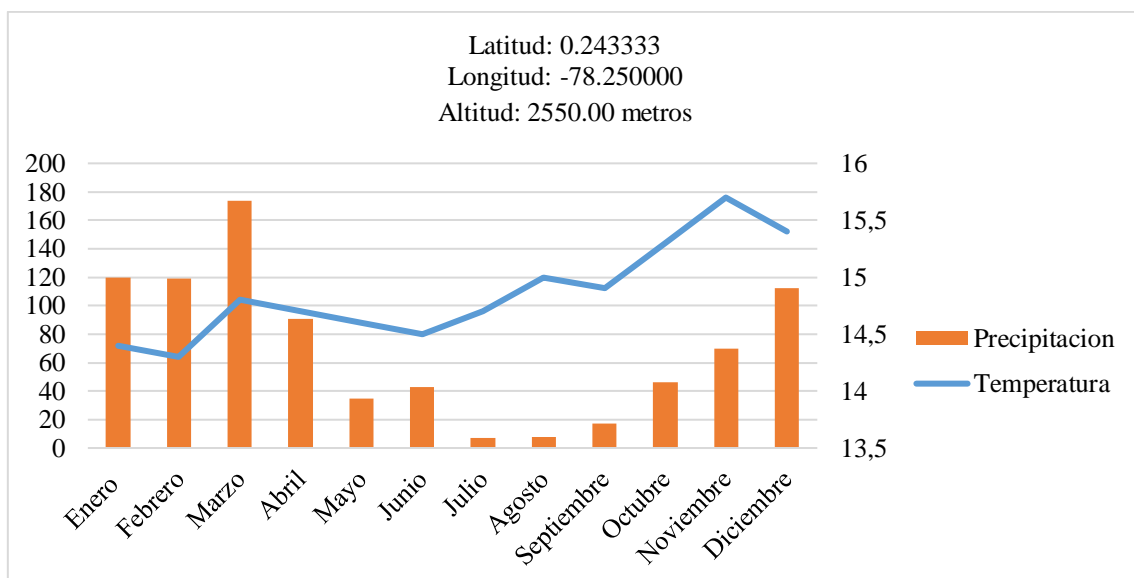


Figura 24. Climograma Año 2009.

Fuente y elaboración propia con base en INHAMI 2000-2020.

Promedio mensual de temperatura y precipitación año 2010

mes	Temperatura	precipitación
Enero	15	7.7
Febrero	15.6	22.2
Marzo	15.4	36.9
Abril	15.8	152.4
Mayo	15.6	170.4
Junio	14.8	57.90
Julio	14.1	78.8
Agosto	13.8	41.8
Septiembre	14.2	74.4
Octubre	14.7	60.3
Noviembre	14.4	204
Diciembre	14.1	80.2

Fuente y elaboración propias con base en INHAMI 2000-2020.

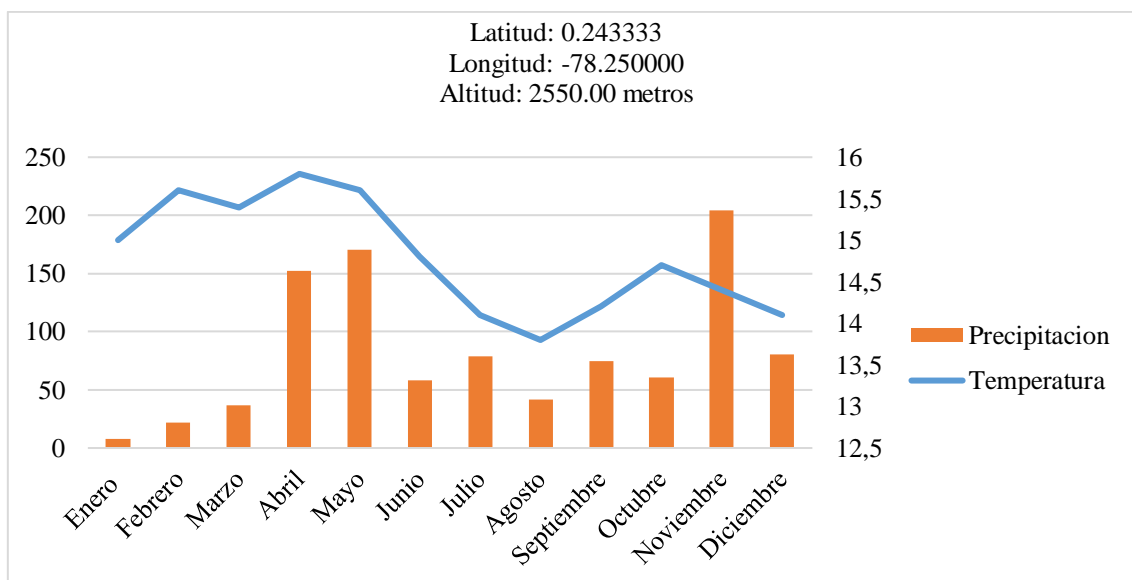


Figura 25. Climograma Año 2010.

Fuente y elaboración propia con base en INHAMI 2000-2020.

Promedio mensual de temperatura y precipitación año 2011

mes	Temperatura	precipitación
Enero	14.2	68.5
Febrero	14.4	197.7
Marzo	14.2	73.9
Abril	14.4	302.1
Mayo	15	72.2
Junio	14.4	40.40
Julio	14	62
Agosto	14.2	46
Septiembre	14.1	69.8
Octubre	14.1	77.6
Noviembre	14.7	62.8
Diciembre	14.4	120.2

Fuente y elaboración propias con base en INHAMI 2000-2020.

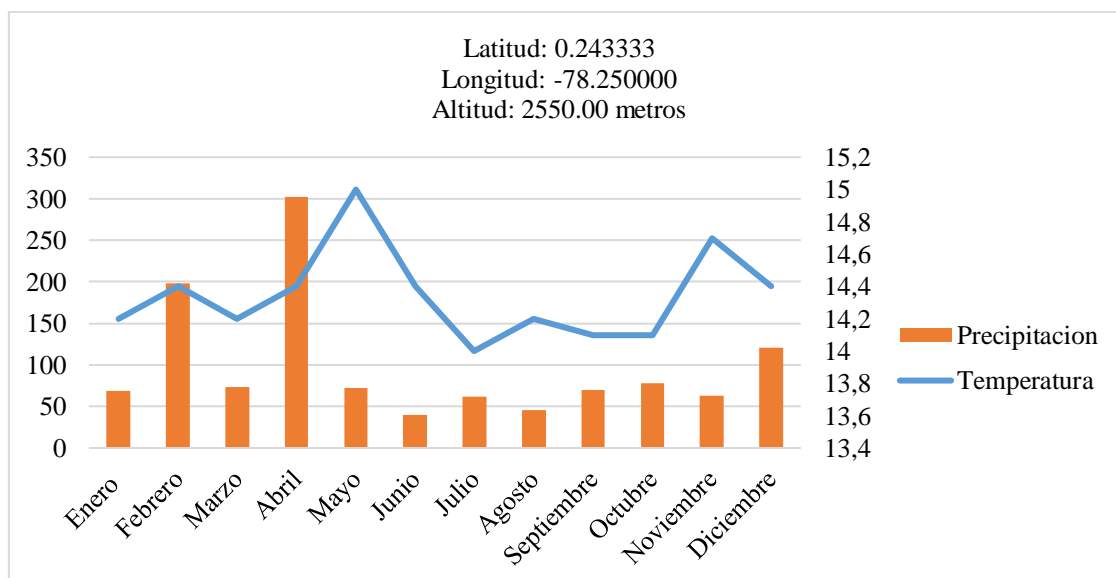


Figura 26. Climograma Año 2011.

Fuente y elaboración propia con base en INHAMI 2000-2020.

Promedio mensual de temperatura y precipitación año 2012

mes	Temperatura	precipitación
Enero	14.2	131.7
Febrero	13.9	77.8
Marzo	14.5	81.2
Abril	14.3	194.5
Mayo	14.2	28.2
Junio	14.3	7.50
Julio	14.8	4.3
Agosto	14.4	4.7
Septiembre	14.9	11.5
Octubre	14.8	79.7
Noviembre	15.2	86.9
Diciembre	14.4	28.5

Fuente y elaboración propias con base en INHAMI 2000-2020.

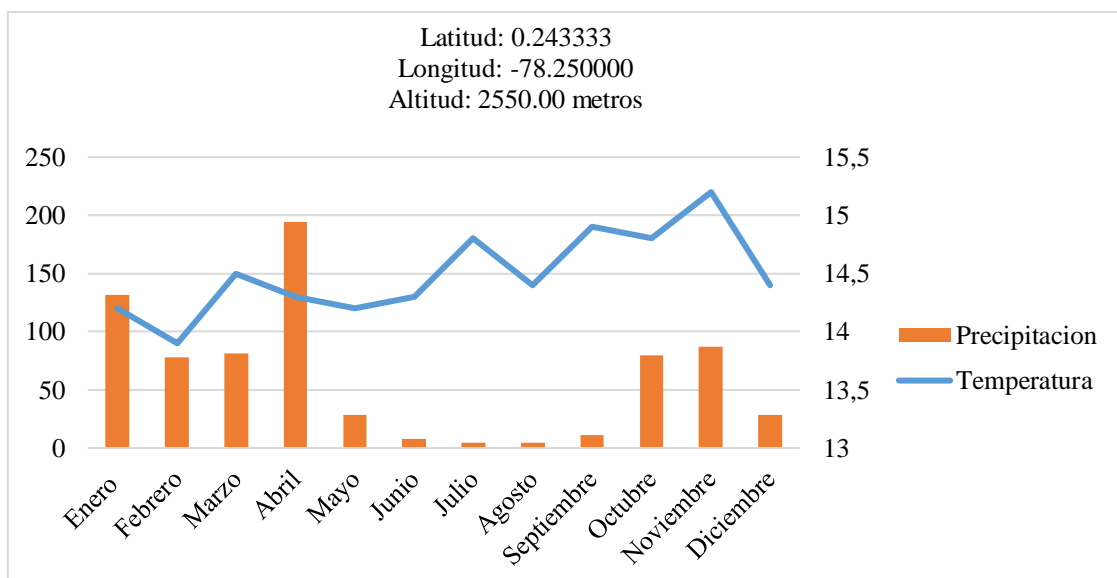


Figura 27. Climograma Año 2012.

Fuente y elaboración propia con base en INHAMI 2000-2020.

Promedio mensual de temperatura y precipitación año 2013

mes	Temperatura	Precipitación
Enero	15.2	45.5
Febrero	14.4	132.3
Marzo	15.1	49.5
Abril	14.7	47.9
Mayo	14.4	145.3
Junio	14.3	3.60
Julio	13.9	10.3
Agosto	14.4	31.2
Septiembre	14.8	28.7
Octubre	14.8	122.1
Noviembre	14.9	88.9
Diciembre	14.9	84.7

Fuente y elaboración propias con base en INHAMI 2000-2020.

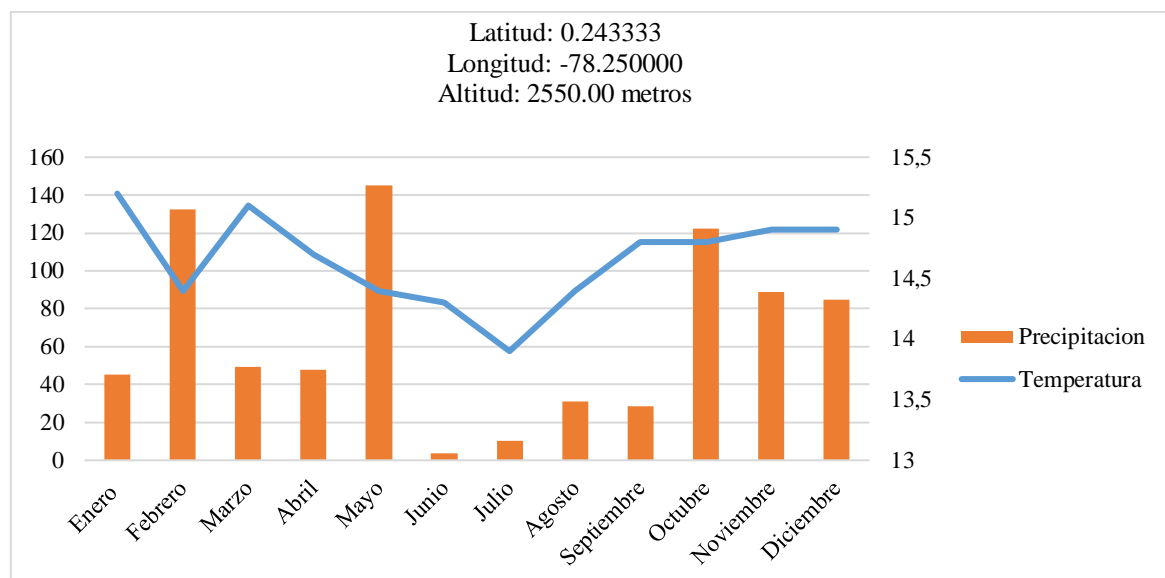


Figura 28. Climograma Año 2013.

Fuente y elaboración propia con base en INHAMI 2000-2020.

Tabla 27
Promedio mensual de temperatura y precipitación año 2014

mes	Temperatura	Precipitación
Enero	14.2	116.02
Febrero	12.73	63.28
Marzo	14.6	116.02
Abril	13.38	26.37
Mayo	12.26	179.3
Junio	11.48	36.91
Julio	12.71	0.0
Agosto	15.06	10.55
Septiembre	15.7	36.91
Octubre	15.73	116.02
Noviembre	14.21	121.19
Diciembre	14.36	42.19

Fuente y elaboración propias con base en INHAMI 2000-2020.

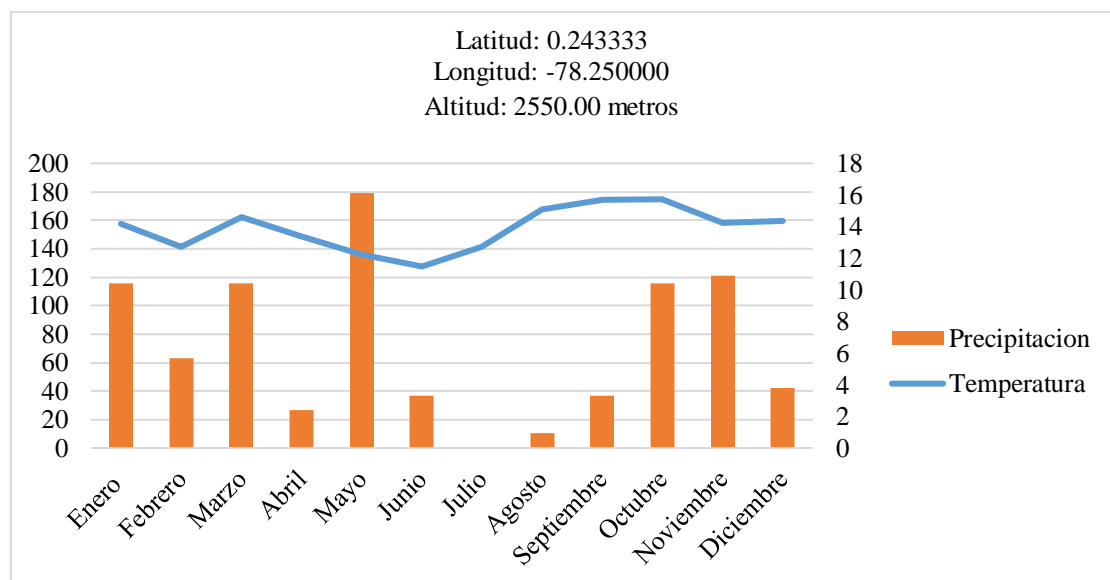


Figura 29. Climograma Año 2014.

Fuente y elaboración propia con base en INHAMI 2000-2020.

Tabla 28
 Promedio mensual de temperatura y precipitación año 2015

	Temperatura	Precipitación
Enero	12.61	121.29
Febrero	12.44	105.47
Marzo	12.22	147.66
Abril	12.21	147.66
Mayo	11.72	105.47
Junio	12.45	68.55
Julio	12.4	79.1
Agosto	12.77	36.91
Septiembre	14.48	26.37
Octubre	13.76	79.1
Noviembre	16.94	163.48
Diciembre	14.05	47.46

Fuente y elaboración propias con base en INHAMI 2000-2020.

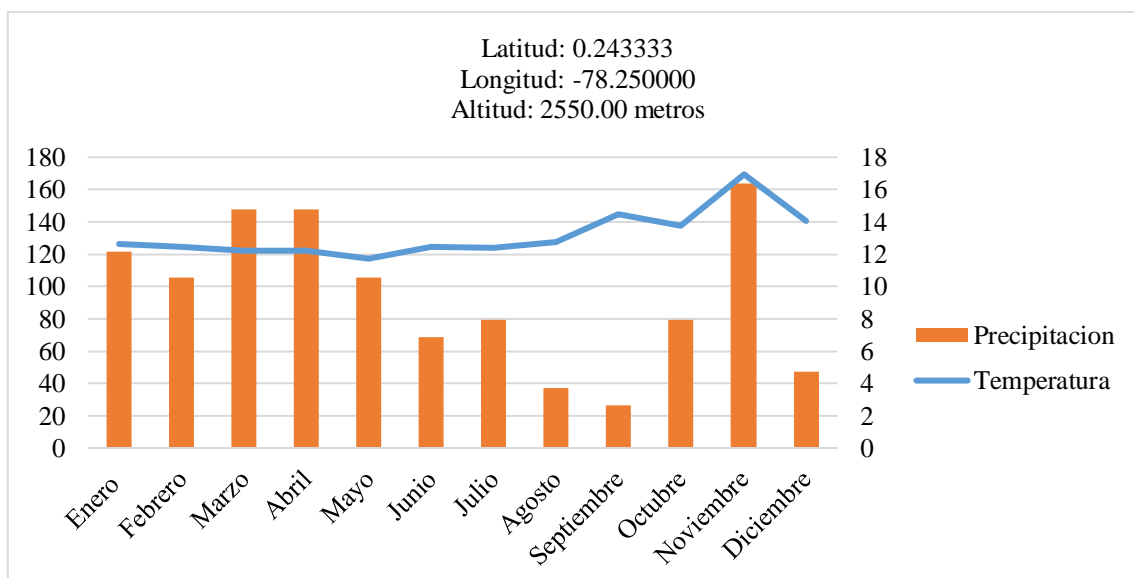


Figura 30. Climograma Año 2015.

Fuente y elaboración propia con base en INHAMI 2000-2020.

Tabla 29
Promedio mensual de temperatura y precipitación año 2016

mes	Temperatura	Precipitación
Enero	14.68	84.38
Febrero	14.3	68.55
Marzo	12.6	152.93
Abril	14.12	163.48
Mayo	11.76	126.56
Junio	12.02	116.02
Julio	12.78	73.83
Agosto	14.84	10.55
Septiembre	14.95	100.2
Octubre	16.12	84.38
Noviembre	13.91	121.29
Diciembre	12.85	126.56

Fuente y elaboración propias con base en INHAMI 2000-2020.

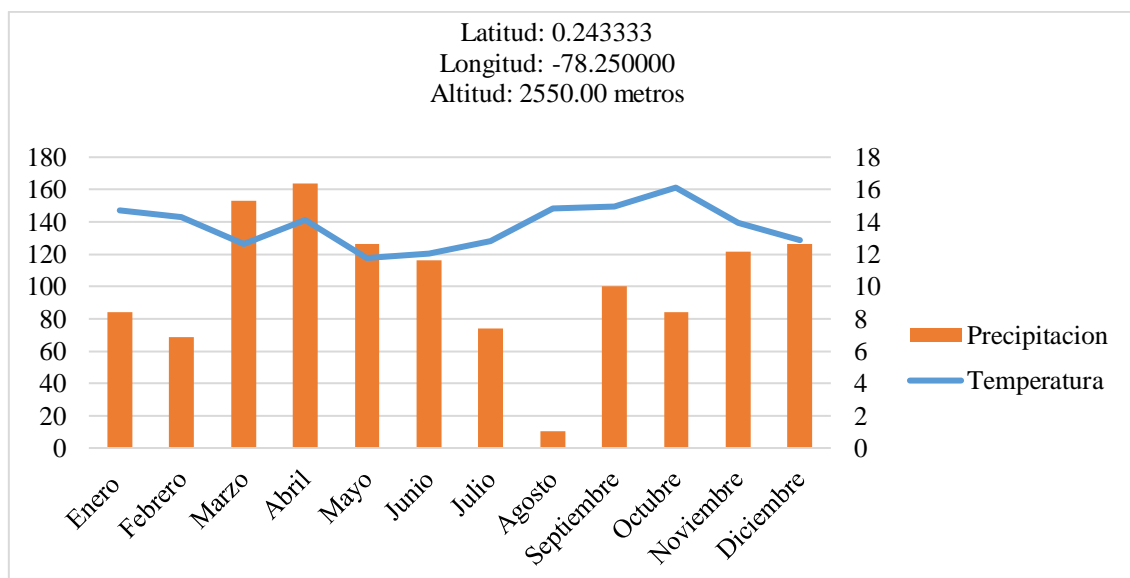


Figura 31. Climograma Año 2016.

Fuente y elaboración propia con base en INHAMI 2000-2020.

Tabla 30
Promedio mensual de temperatura y precipitación año 2017

	Temperatura	Precipitación
Enero	13.45	210.94
Febrero	13.23	121.29
Marzo	11.1	237.3
Abril	11.92	131.84
Mayo	12.03	189.84
Junio	11.67	131.84
Julio	15.45	52.73
Agosto	14.93	73.83
Septiembre	15.7	58.01
Octubre	11.8	94.92
Noviembre	12.85	94.92
Diciembre	13.12	116.02

Fuente y elaboración propias con base en INHAMI 2000-2020.

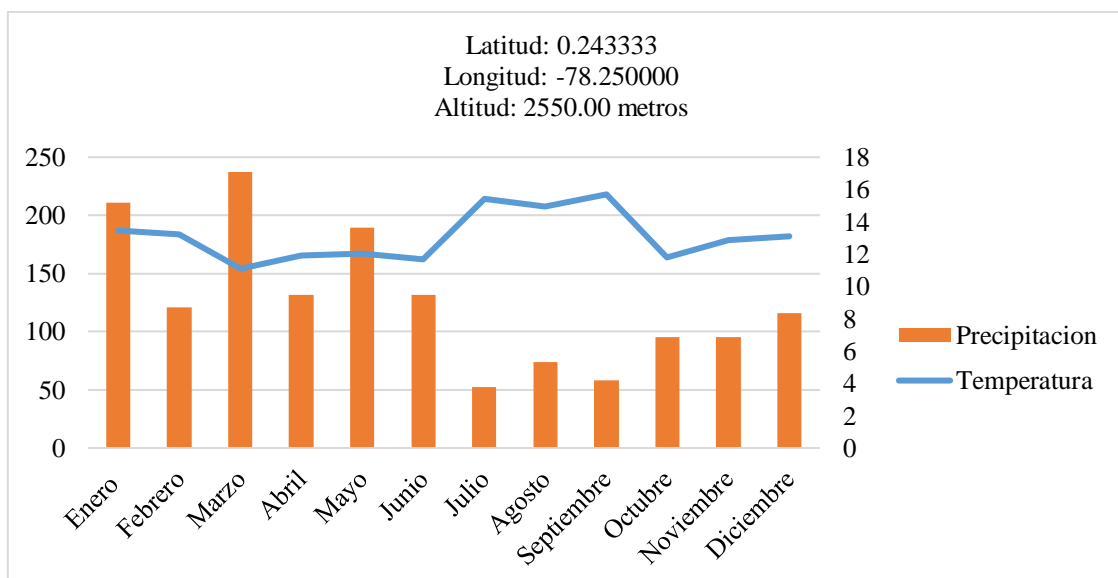


Figura 32. Climograma Año 2017.

Fuente y elaboración propia con base en INHAMI 2000-2020.

Tabla 31
Promedio mensual de temperatura y precipitación año 2018

mes	Temperatura	Precipitación
Enero	13.05	158.2
Febrero	12.45	142.38
Marzo	11.12	137.11
Abril	10.76	152.93
Mayo	12.15	152.93
Junio	12.44	52.73
Julio	12.91	73.83
Agosto	13.15	73.83
Septiembre	15.62	47.46
Octubre	13.34	94.92
Noviembre	12.1	184.57
Diciembre	14.88	63.28

Fuente y elaboración propias con base en INHAMI 2000-2020.

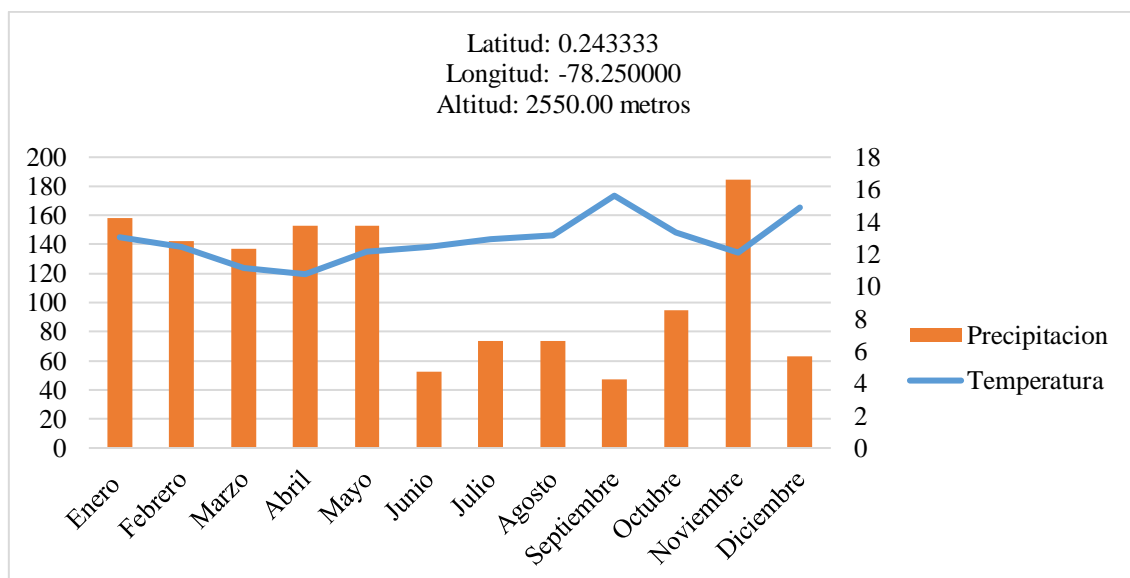


Figura 33. Climograma Año 2018.

Fuente y elaboración propia con base en INHAMI 2000-2020.

Tabla 32
Promedio mensual de temperatura y precipitación año 2019

mes	Temperatura	Precipitación
Enero	13.6	116.02
Febrero	12.04	105.47
Marzo	11.95	110.74
Abril	12.38	174.02
Mayo	13.44	121.29
Junio	13.03	131.84
Julio	13.8	73.83
Agosto	13.64	26.37
Septiembre	14.28	52.73
Octubre	13.3	142.38
Noviembre	13.07	210.94
Diciembre	11.32	137.11

Fuente y elaboración propias con base en INHAMI 2000-2020.

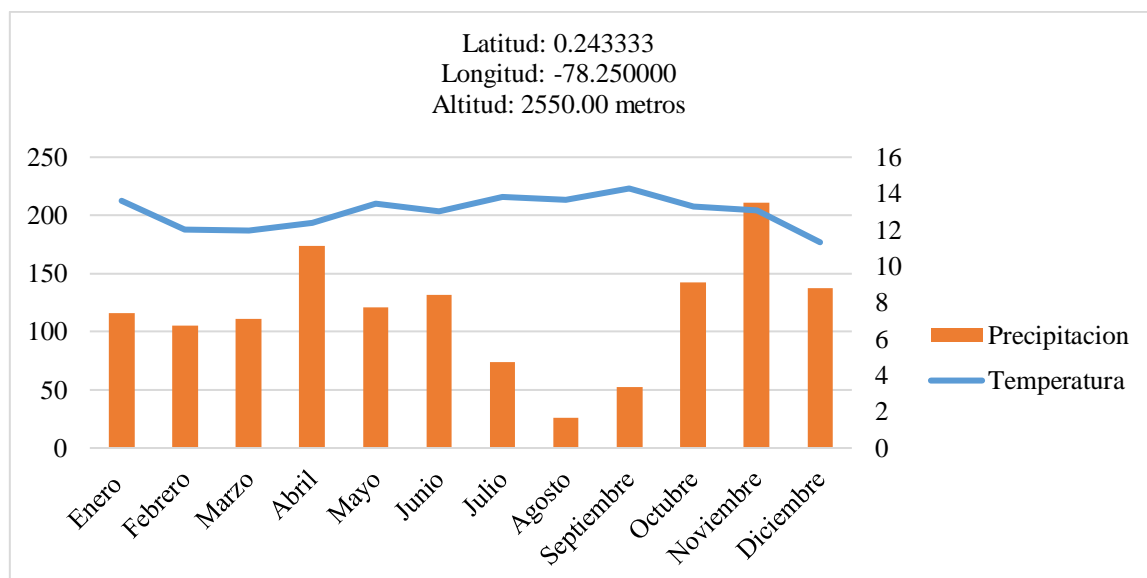


Figura 34. Climograma Año 2019.

Fuente y elaboración propia con base en INHAMI 2000-2020.

Tabla 33
Promedio mensual de temperatura y precipitación año 2020

mes	Temperatura	Precipitación
Enero	15.79	73.83
Febrero	14.24	89.65
Marzo	11.8	73.83
Abril	12.94	100.2
Mayo	12.77	163.48
Junio	12.1	79.10
Julio	13.39	52.73
Agosto	15.14	36.91
Septiembre	14.54	15.82
Octubre	14.14	68.55
Noviembre	16.09	100.2
Diciembre	12.21	163.48

Fuente y elaboración propias con base en INHAMI 2000-2020.

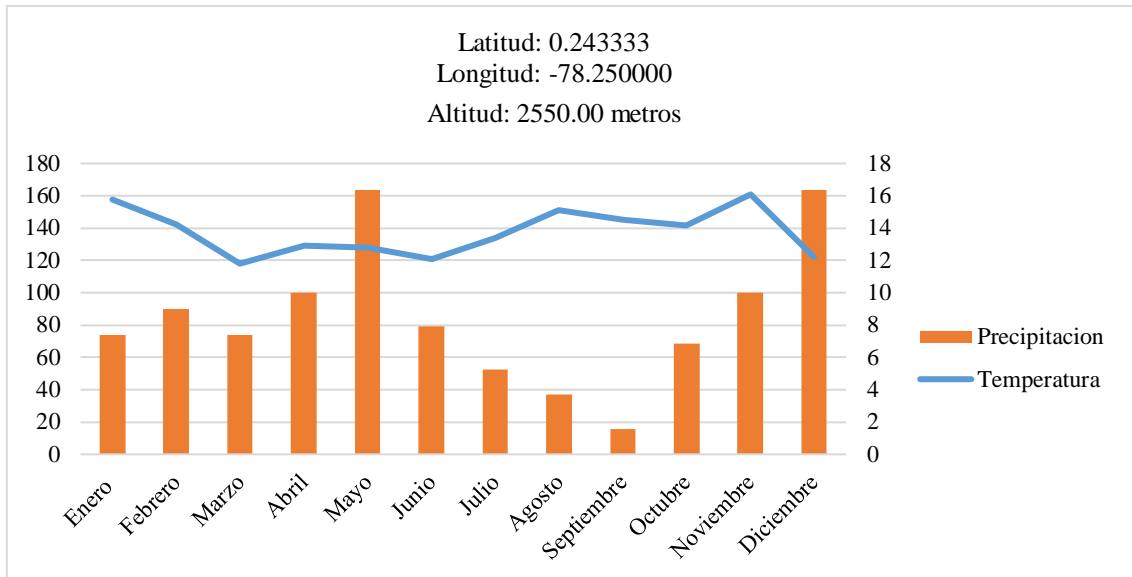


Figura 35. Climograma Año 2020.

Fuente y elaboración propia con base en INHAMI 2000-2020.

Anexo 4: Registro fotográfico



a) Inundaciones registradas en el Parque Acuatices Araque, abril 2023.



b) Espacio ceremonial afectado por precipitaciones, abril 2023.



c) Elevación del nivel del agua del Lago San Pablo, abril 2023.