



**MEMORANDO DE ENTENDIMIENTO
ENTRE
EL PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO
Y
EL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ**


Suscriben el presente Memorando de Entendimiento (en adelante “Memorando”) el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (en adelante “PNUD”), órgano subsidiario de las Naciones Unidas, organización intergubernamental establecida por sus Estados Miembros, que tiene su sede en Nueva York (Estados Unidos de América), y El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, SENAMHI, (en adelante “SENAMHI), con sede en Jirón Cahuide 785, Jesús María, provincia y departamento de Lima. En lo sucesivo el PNUD y el SENAMHI se denominarán individualmente “Parte” y conjuntamente “Partes”;



CONSIDERANDO que el PNUD actúa en muchos aspectos como instrumento operacional de las Naciones Unidas a nivel nacional y trabaja en colaboración con sus socios en numerosos países para promover, entre otros asuntos, el desarrollo sostenible, la erradicación de la pobreza, el progreso de la mujer, la buena gobernanza y el estado de derecho;



CONSIDERANDO que el PNUD, representado por la Oficina en Perú del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, está interesado en reforzar sus actividades en el ámbito del desarrollo en materia de promoción del empleo sostenible, inclusión financiera, empoderamiento comunitario, cohesión social y sostenibilidad ambiental.



CONSIDERANDO que el SENAMHI es un organismo público ejecutor adscrito al Ministerio del Ambiente, que tiene por finalidad planificar, organizar, coordinar, normar, dirigir y supervisar las actividades meteorológicas, hidrológicas y conexas, mediante la investigación científica, la realización de estudios, proyectos y la prestación de servicios en materias de su competencia.


CONSIDERANDO que las Partes comparten misiones similares y desean cooperar en esferas de mutuo interés para aumentar la eficacia de sus actividades en el ámbito del desarrollo;




CONSIDERANDO que el SENAMHI y el PNUD cuentan con interés mutuo en trabajar en temas de hidrología y escenarios climáticos en el Sistema TDPS;

POR ELLO, las Partes desean expresar su intención de cooperar de la siguiente manera:

**Artículo I
Propósito y alcance**



El propósito del presente Memorando es establecer un marco de cooperación y facilitar y fortalecer la colaboración entre las Partes, con carácter no exclusivo, en áreas de interés común.



El PNUD a través del Proyecto “Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en el Sistema Titicaca-Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa, GIRH-TDPS)” busca promover la conservación y el uso sostenible de los recursos hídricos en el sistema transfronterizo Titicaca-

Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa a través de la actualización del Plan Director Global Binacional.

El Proyecto GIRH-TDPS tiene cuatro componentes, siendo el primero de ellos: “Fortalecimiento de las herramientas de gestión binacionales y nacionales del sistema TDPS: preparación del Análisis de Diagnóstico Transfronterizo y actualización del Plan Director Global Binacional del sistema TDPS.

Como parte del primer componente, el Proyecto debe formular el Análisis de Diagnóstico Transfronterizo (TDA) y el Programa de Acción Estratégico (SAP) del Sistema Hídrico TDPS. Para el proceso TDA, se realizarán diecisiete estudios técnicos que generarán información que alimente el proceso.

En el presente contexto, se requiere la realización de los estudios: “Actualización hidroclimática y modelación hidrológica en la vertiente del Lago Titicaca, Perú” y “Elaboración de escenarios climáticos en el Sistema hídrico TDPS”. Los estudios serán realizados bajo supervisión del SENAMHI, para lo cual el PNUD proporcionará los bienes y contratación de consultores requeridos por el SENAMHI y detallados en el plan de trabajo del Anexo 1 del presente documento.

El SENAMHI y el PNUD colaborarán para el desarrollo de los citados estudios, de acuerdo al plan de trabajo de los mismos y harán seguimiento de las actividades y resultados para lograr los objetivos planteados.

Artículo II Áreas de cooperación

Las Partes acuerdan cooperar en las siguientes áreas:

Actualización hidroclimática y modelación hidrológica en la vertiente del Lago Titicaca, Perú.

Elaboración de escenarios climáticos en el Sistema Hídrico Titicaca-Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa.

Artículo III Consultas e intercambio de información

3.1 Las Partes intercambiarán regularmente información y se consultarán mutuamente sobre temas de interés común, que, en su opinión, puedan facilitar su colaboración.

3.2 Las consultas y el intercambio de información y documentos en virtud del presente Memorando se realizarán sin perjuicio de los arreglos que puedan ser necesarios para salvaguardar el carácter confidencial y reservado de algunos documentos e información. Los arreglos mencionados seguirán vigentes después de la rescisión del presente Memorando y de cualquier otro acuerdo suscrito por las Partes dentro del ámbito de esta colaboración.

3.3 Las Partes, con la periodicidad que estimen conveniente, convocarán reuniones para examinar la marcha de las actividades realizadas en virtud del presente Memorando y planificar futuras actividades.

3.4 Cada una de las Partes podrá invitar a la otra a enviar observadores a las reuniones o conferencias organizadas por ellas o bajo sus auspicios, en las que, en opinión de una de las Partes, la otra podría estar interesada en participar. Las invitaciones estarán sujetas a los procedimientos aplicables a tales reuniones o conferencias.

Artículo IV Uso del nombre y del emblema y publicidad

4.1 Ninguna de las Partes utilizará el nombre, el emblema o los distintivos de la otra Parte, ni de ninguna de sus entidades subsidiarias, y/o afiliadas, ni sus abreviaturas, sin la autorización previa y expresa por escrito de la otra Parte en cada caso. En ninguna circunstancia se autorizará a utilizar el nombre o emblema del PNUD, ni su abreviatura, con fines comerciales o de manera que pueda interpretarse que el PNUD respalda los servicios del SENAMHI.

Los costos de las actividades de talleres, consultores y equipos que se realicen en el marco de la colaboración (el proyecto) correrán a cargo del PNUD.

4.2 EL SENAMHI reconoce estar familiarizado con los ideales y objetivos del PNUD y reconoce que su nombre y emblema no podrán asociarse con ninguna causa política o sectaria ni utilizarse de cualquier forma que no sea acorde con el estatuto, la reputación y la neutralidad del PNUD.

4.3 Nada de lo dispuesto en el presente Memorando otorga al SENAMHI el derecho a crear un hiperenlace al sitio web del PNUD. Dicho enlace solo podrá crearse con la autorización escrita del PNUD.

4.4 Las Partes acuerdan reconocer y admitir esta colaboración cuando proceda y, a tal fin, las Partes se consultarán mutuamente sobre la manera y la forma en que se materializará dicho reconocimiento.

Artículo V Duración, rescisión, renovación, modificación

5.1 La cooperación propuesta en virtud del presente Memorando no es exclusiva y tendrá una duración inicial de *un* año a partir de la fecha de entrada en vigor, tal como se define en el Artículo X (“Entrada en vigor”), a menos que cualquiera de las Partes proceda a su rescisión anticipada previa notificación por escrito con dos meses de antelación a la otra Parte. Las Partes podrán acordar prorrogar el presente Memorando por escrito por períodos de un año.

5.2 La rescisión del presente Memorando no afectará a ningún otro acuerdo relacionado con el contenido del mismo que, a menos que se rescinda o expire, continuará regulando la relación existente entre las Partes de conformidad con sus disposiciones.

5.3 El presente Memorando solo podrá modificarse mediante acuerdo mutuo por escrito de las Partes.

Artículo VI Representaciones

EL SENAMHI declara que es un organismo público ejecutor adscrito al Ministerio del Ambiente, que tiene por finalidad planificar, organizar, coordinar, normar, dirigir y supervisar las actividades meteorológicas, hidrológicas y conexas, mediante la investigación científica, la realización de estudios, proyectos y la prestación de servicios en materias de su competencia. El SENAMHI notificará sin demora al PNUD cualquier investigación legal o auditoría fiscal a la que en ocasiones pueda estar sujeta.

Artículo VII Solución de controversias

7.1 Las Partes se esforzarán de buena fe para resolver de manera amistosa cualquier disputa, controversia o reclamación que surja del presente Memorando. Cuando las Partes deseen buscar una solución amistosa a través de la conciliación, ésta se llevará a cabo de conformidad con el Reglamento de Conciliación de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional (CNUDMI) que estuviera vigente, o con arreglo a cualquier otro procedimiento que acuerden las Partes.

7.2 Cualquier disputa, controversia o reclamación entre las Partes que surja del presente Memorando y que no se resuelva de manera amistosa de conformidad con el párrafo anterior se someterá a arbitraje de conformidad con el Reglamento de Arbitraje de la CNUDMI que estuviera vigente. El tribunal arbitral no tendrá la autoridad para otorgar daños punitivos. El laudo arbitral es vinculante para las Partes que se pronuncie como resultado de ese arbitraje a modo de fallo final de cualquier controversia, reclamación o disputa.

Artículo VIII Disposiciones jurídicas relativas a la aplicación

Salvo que se disponga lo contrario en el presente Memorando, (a) el presente Memorando constituye únicamente una expresión de intención y no un documento jurídicamente vinculante; (b) nada de lo dispuesto en virtud del presente se interpretará en el sentido de que crea un compromiso jurídicamente vinculante, ya sea financiero o de otro tipo; (c) nada de lo dispuesto en virtud del presente se interpretará en el sentido de que crea una empresa conjunta y ninguna de las Partes será agente, representante o socio conjunto de la otra Parte; (d) todas las actividades del PNUD previstas en el presente documento están sujetas a la disponibilidad de financiación; (e) se utilizarán todos los fondos recibidos por el PNUD y se llevarán a cabo todas las actividades del PNUD relacionadas con el presente Memorando, de conformidad con los planes de trabajo detallados en el anexo I, acordados entre el PNUD y el SENAMHI, y de conformidad con los reglamentos, normas, políticas y procedimientos aplicables del PNUD; y (f) cada una de las Partes será responsable de sus actos y omisiones en relación con el presente Memorando y su aplicación.

7.2 El SENAMHI, como organismo público ejecutor adscrito al Ministerio del Ambiente tiene todos los poderes, autoridad y capacidad jurídica necesarios para celebrar el presente Memorando y cumplir con sus obligaciones en virtud del presente.

7.3 En caso de haber discrepancia entre cualquier disposición del presente Artículo VIII y una disposición de otra sección del Memorando, prevalecerá el presente Artículo VIII.

Artículo IX Prerrogativas e inmunidades

Ninguna estipulación perteneciente o relativa al presente Memorando se considerará una renuncia, expresa o implícita, a ninguna de las prerrogativas e inmunidades de las Naciones Unidas y de sus órganos subsidiarios.

Artículo X Entrada en vigor

El presente Memorando entrará en vigor en la fecha en la que sea debidamente firmado por ambas Partes.

EN FE DE LO CUAL, los representantes de las Partes, debidamente autorizados, estampan su firma a continuación.


POR EL PNUD:


Edo Stork
Representante Residente Adjunto

Fecha:

09/04/2019

POR EL SENAMHI:


Ken Takahashi Guevara
Presidente Ejecutivo

Fecha:

12/7/2019



ANEXO 1
PLAN DE TRABAJO
DE ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS



Plan de Trabajo

Estudio de “Actualización hidroclimática y modelación hidrológica en la vertiente del Lago Titicaca, Perú” en el marco del Proyecto Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en el Sistema Titicaca – Desaguadero – Poopó – Salar de Coipasa

Proyecto:	“Gestión Integrada De Los Recursos Hídricos En El Sistema Titicaca – Desaguadero-Poopó- Salar De Coipasa (GIRH-TDPS)”.
Servicio:	Desarrollo de Estudio de Actualización hidroclimática y modelación hidrológica en la vertiente del Lago Titicaca - Perú.
Entidad:	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) – Perú.
Plazo de ejecución:	210 días calendario.
Coordinación con:	<ul style="list-style-type: none">- Coordinador Binacional y Especialista en Monitoreo y Evaluación del proyecto GIRH TDPS.- Ministerio del Ambiente como Dirección Nacional de Proyecto.- Oficial de Programa de Sostenibilidad Ambiental del PNUD.

1. Antecedentes generales

El sistema hídrico Lago Titicaca – Río Desaguadero – Lago Poopó - Salar de Coipasa (TDPS), ubicado en el altiplano andino, es un sistema transfronterizo de carácter endorreico, formado por esas cuatro cuencas interconectadas

El TDPS tiene una superficie de 143 900 km², está integrado por catorce (14) unidades hidrográficas y está ubicado entre Bolivia, Chile y Perú. La altitud promedio es de 3 800 m.s.n.m., siendo el punto más alto el nevado Sajama (6 452 m.s.n.m.) y el más bajo el Salar de Coipasa (3 653 m.s.n.m.).

El Lago Titicaca es el mayor cuerpo hídrico del TDPS, recibe las descargas de nueve unidades hidrográficas. El Lago Titicaca a su vez drena en el río Desaguadero, el mismo que en su sector terminal se bifurca, el ramal Este drena en el Lago Uru Uru y de ahí en el Lago Poopó, (cerca de la población de Oruro en Bolivia), y el ramal Oeste drena directamente en el Lago Poopó. Finalmente, el río Lacajahuira nace en el Lago Poopó y drena en el Salar de Coipasa.

Las condiciones naturales son extremas, el clima del área es intenso (baja concentración de oxígeno, alta radiación solar, aridez extrema, muy bajas temperaturas) y hay cuerpos de agua y suelos con alta concentración de sales y minerales. El TDPS contiene hábitats de alto valor para la conservación como los totorales, los bofedales y los tholares, además de especies endémicas como la rana gigante del Titicaca (*Telmatobius culeus*), la boga (*Orestias pentlandii*) y el zampullín del Titicaca (*Rollandia microptera*).

Los recursos hídricos del TDPS son de alto valor para Bolivia y Perú, que desde la década de 1950 han avanzado en desarrollar mecanismos de gestión conjunta. En 1992, ambos países acordaron la creación de la Autoridad Binacional Autónoma del Sistema Hídrico del Lago Titicaca, Río Desaguadero, Lago Poopó, Salar de Coipasa (ALT). Posteriormente, los países establecieron varias instancias de cooperación, como las comisiones técnicas binacionales

para los ríos Maure-Mauri y Suches, y la Comisión Binacional de Alto Nivel para el Lago Titicaca. La ALT es responsable de implementar el Plan Director Global Binacional del Sistema Hídrico TDPS.

Justificación del Proyecto

El Sistema TDPS es una región de gran importancia para ambos países, ya que entre otras características:

- Concentra a una población de más de 3,6 millones de personas; 2,2 millones en Bolivia y 1,4 millones en Perú.
- Alberga las regiones más fértiles y productivas de toda la región altiplánica, así como sus mayores reservas de agua.
- Sus sistemas de vida son responsables de la provisión de importantes servicios ecosistémicos, como dotación de agua, fibras y alimento, regulación climática, purificación de contaminantes, biodiversidad, turismo, prevención de riesgos de desastre, entre otros.
- Resguarda la milenaria historia de las culturas que habitaron sus tierras y navegaron sus aguas.

Los recursos hídricos del Sistema TDPS se constituyen en el motor de las dinámicas demográficas y productivas en la región. Las poblaciones más numerosas y las principales actividades productivas (minería, industria, agricultura, ganadería y acuicultura) se desarrollan en las proximidades de los cuerpos de agua, ya sean lagos, ríos, o acuíferos. La abundancia de agua en la región dio lugar a un crecimiento acelerado y caótico, tanto en Bolivia, como en Perú, que ha dado lugar a un proceso progresivo y sostenido de contaminación y degradación de los sistemas de vida, fundamentalmente de los recursos hídricos del sistema.

En este contexto, el proyecto Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en el Sistema TDPS busca ser un catalizador que contribuya a:

- i. Construir una visión común sobre la base de la GIRH,
- ii. Establecer una planificación común que oriente acciones en los ámbitos binacional, nacional y local, y
- iii. Movilizar e incorporar a los actores clave en la gestión integrada del sistema.

Objetivo del Proyecto

El objetivo del proyecto es promover la conservación y el uso sostenible de los recursos hídricos en el sistema transfronterizo Titicaca – Desaguadero – Poopó – Salar de Coipasa, a través de la actualización del Plan Director Global Binacional. El proyecto se enfoca en catalizar la integración de la GIRH en la gestión del sistema y en acciones para afrontar las presiones sobre la biodiversidad.

El proyecto invertirá estratégicamente recursos GEF en cuatro componentes para:

- 1) Desarrollar y actualizar herramientas de gestión:
 - a. Un proceso participativo para producir un diagnóstico transfronterizo integrado (TDA) de la situación del TDPS.
 - b. Un plan director actualizado acordado por ambos países,
- 2) Generar aprendizajes prácticos para la gestión de los recursos del TDPS mediante once intervenciones piloto.

- 3) Consolidar un programa de monitoreo integral del TDPS que sea accesible a técnicos y actores clave.
- 4) Construir capital humano y capital social por medio de acciones de comunicación educativa ambiental y participación y articulación ciudadana en apoyo a la GIRH.

2. **Ámbito**

El ámbito del proyecto sería la vertiente hidrográfica del Lago Titicaca en lo que corresponde al Perú incluido todas sus subcuencas.

3. **Objetivos**

El presente estudio se encuentra enmarcado en el componente 1 del proyecto GIRH TDPS, específicamente forma parte de los estudios complementarios al Análisis de Diagnostico Transfronterizo (ADT).

3.1 **Objetivo general**

El objetivo del presente estudio es actualizar la información hidroclimática y el modelamiento hidrológico de la vertiente del Lago Titicaca, Perú, para el período 1981-2016.

3.2 **Objetivos específicos**

- 3.2.1. Generar la base de datos de precipitación por subcuencas, a nivel diario y mensual.
- 3.2.2. Elaborar la base de datos de temperatura (máxima y mínima) por subcuencas, a nivel diario y mensual.
- 3.2.3. Generar la base de datos de evapotranspiración por subcuencas, a nivel diario y mensual.
- 3.2.4. Elaborar el potencial hídrico por subcuencas.
- 3.2.5. Elaborar la base de datos de oferta hídrica por subcuencas (expresado en m/s, y millones de m³), a nivel diario y mensual).
- 3.2.6. Elaborar mapas climáticos de precipitación, temperatura máxima, temperatura mínima, evapotranspiración y caudal que abarque toda el área de estudio.

4. **Actividades**

Las actividades a implementarse incluyen:

- 4.1. Planificación y organización.
- 4.2. Trabajo de campo
- 4.3. Análisis y sistematización de información
 - a. Recopilación y Análisis de los Datos
 - b. Caracterización morfométrica de cuencas
 - c. Construcción, calibración y validación del modelo
 - d. Caracterización de las variables del balance hídrico
 - e. Análisis de resultados
 - f. Elaboración del Informe Final

Descripción de actividades:

4.1. **Planificación y organización**

Esta etapa comprende la elaboración del plan de trabajo para el desarrollo de las actividades de campo y el trabajo de gabinete a realizar para el cumplimiento de los objetivos del estudio, el cual deberá incluir las coordinaciones requeridas con las instituciones peruanas (ANA, PELT, ALT, PRORRIDRE, entre otros).

El plan de trabajo incluirá los objetivos del estudio, descripción general de la zona de estudio, recursos hídricos en la zona de estudio, las actividades a desarrollar, personal responsable de la actividad y un cronograma con los plazos por cada actividad planteada.

4.2. Trabajo de campo

El trabajo de campo incluirá una (1) visita a algunas de las subcuencas de la Vertiente del Lago Titicaca, para el reconocimiento en campo de las características físicas de las subcuencas. Asimismo, se realizará el acompañamiento al trabajo de aforo que realiza la Dirección Zonal de Puno del SENAMHI (DZ 13) en 02 estaciones hidrométricas de la zona de estudio. La comisión tendrá una duración de 4 días, incluidos los traslados a la zona. El trabajo de campo en la zona de estudio se realizará en coordinación con la DZ13.

4.3. Análisis y sistematización de información

La actualización hidroclimática de las subcuencas de la vertiente del Lago Titicaca se efectuará en base al producto PISCO (Peruvian Interpolated data of SENAMHI's Climatological and hydrological Observations) del SENAMHI-Perú obteniendo con esta base los productos climáticos (precipitación, temperaturas y evapotranspiración), adicionalmente para las variables hidrológicas (escurrimiento-caudales), esta información será proporcionada por SENAMHI Perú, se propone la aplicación del modelo hidrológico SWAT. El producto PISCO combina información observada de la red de estaciones meteorológicas del SENAMHI con información del producto CHIRP modificado.

El modelo hidrológico SWAT (Soil and Water Assessment Tool), tiene la capacidad de simular el balance de agua de manera espacialmente distribuida considerando tipo de suelo, uso de suelo, topografía y clima. Este modelo ha ganado la aceptación internacional como una herramienta robusta de modelización interdisciplinaria de cuencas. SENAMHI utiliza como base este modelo por ser robusto para entender los procesos hidrológicos a detalle y la experiencia en su utilización muestra buenos resultados para Perú.

En SWAT, una cuenca se divide en sub-cuencas utilizando el DEM, que a su vez se subdividen en HRUs (unidades de respuesta hidrológica y su término en inglés Hydrological Response Units) con características homogéneas de tipo de suelo, uso del suelo y pendiente. Los HRUs son la base para el cálculo del balance de agua. En este caso para poder contar con información de tipo de suelo homogénea y compatible para la consolidación de los resultados y modelos tanto de Bolivia (WEAP) como en Perú (SWAT), se utilizarán fuentes de datos internacionales con clasificación de suelos armonizada, como se muestra en la Tabla 1.

Inicialmente, se evaluará el desempeño del modelo hidrológico SWAT en la simulación de descargas diarias y mensuales tanto en la etapa de calibración y validación del modelo. Luego, el balance hídrico de los principales componentes del proceso hidrológico será llevado a cabo en base al modelo hidrológico calibrado.

El estudio se desarrollará teniendo en cuenta las siguientes componentes:

a. Recopilación y análisis de los datos

Se seleccionará la información hidro-meteorológica del producto PISCO, disponible a nivel nacional, para la zona de estudio. Asimismo, se realizará la recopilación y control de calidad de la información hidrológica que será utilizada en el proceso de calibración y validación del modelo. Los datos se adecuarán al formato de ingreso al modelo SWAT y el periodo de análisis considerado será de 1981-2015.

PISCO (Peruvian Interpolation data of SENAMHI's Climatological and Hydrological Observations) son datos grillados climatológicos de precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima que comprenden el período 1981-2015. Para la construcción de esta data grillada primeramente se ha realizado el control de calidad riguroso y robusto de las estaciones climatológicas siguiendo las normas de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), las climatologías de estas variables serán mapeadas en el ámbito de estudio.

Asimismo, se realizará el tratamiento y evaluación de la información compilada, incluyendo el análisis de las variables hidroclimatológicas, caracterización del sistema en términos de: red de monitoreo, variables climatológicas como **precipitación¹, temperatura, humedad relativa, evaporación (de manera puntual con las estaciones disponibles en la zona de estudio), evapotranspiración (estimado con el método de Hargreaves) y caudales²**, plasmadas en cuadros, gráficas y láminas correspondientes a nivel anual y climatológico mensual.)

Por otro lado, se recopilará información del modelo digital de elevación (DEM), información de tipo de suelos y uso actual de suelos del ámbito de estudio, de diversas fuentes de información, las cuales se detallan en la Tabla 1.

Tabla N°1. Fuente de información de los datos de ingreso al modelo

Dato	Descripción/Resolución	Fuente
DEM	DEM del producto Shuttle Radar Topography Mission (SRTM v4.1) a 90 m	CGIAR-CSI: Consortium for Spatial Information of the Consultative Group of International Agricultural Research (http://srtm.csi.cgiar.org/)
Uso de Suelo	Clasificación de uso de suelo para el periodo 2008-2012 (300 m)	ESA CCI-LC: European Space Agency and Climate Change Initiative-Land Cover Project (http://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/)
Tipo de suelo	Tipo de Suelos (1:5 000 000)	FAO-1995 (2003) http://www.waterbase.org/download_data.html

b. Caracterización morfométrica

Se delimitarán las unidades hidrográficas más relevantes para el análisis y caracterización de los parámetros físicos de las cuencas, perfiles de ríos, mapa de pendientes. La información deberá ser reclasificada para ser presentada en formato grid/raster/shape para el uso de la misma en cualquier gestor de información geográfica (SIG). El sistema de coordenadas a utilizar será el WGS84.

Los productos asociados a esta actividad son: parámetros hidrogeomorfológicos, diagramas fluviales, perfiles de ríos, mapas de pendientes a nivel de subcuencas priorizadas, área, perímetro, longitud de cauce principal, pendiente media, factor de forma, índice de compacidad) y de relieve (relieve del cauce, altitud media, rectángulo equivalente).³

c. Construcción, calibración y validación del modelo

Con la información depurada y tratada, considerando la escala espaciotemporal definida previamente, ensamblar un modelo de simulación hidrológica que represente, el sistema de cuencas en el territorio de Perú del TDPS (SWAT). Considerar la definición de las unidades de respuesta hidrológica (HRU), a partir de la red hidrométrica existente,

¹ Incluirá precipitación areal, régimen anual y variabilidad espacial.

² Análisis de tratamiento de la información proveniente de la red de monitoreo hidrométrico en el sistema (análisis de consistencia, persistencia y curvas de duración)

³ Se deberá presentar una caracterización geomorfológica e hidrológica a nivel de cuencas, mínimamente en parámetros de forma (área, perímetro, longitud de cauce principal, pendiente media, factor de forma, índice de compacidad) y de relieve (relieve del cauce, altitud media, rectángulo equivalente)

fuentes de agua, usos o demandas, y otras que sean relevantes para la aplicación⁴ del modelo a posterior.

La calibración de los parámetros del modelo y validación del modelo. Será evaluado en base a estadísticos como la medida de eficiencia de Nash-Sutcliffe (NSE), el porcentaje de bias (PBIAS) y el error medio absoluto (MAE), como mínimo.

d. Caracterización de las variables del balance hídrico

La Precipitación, Evapotranspiración y Escorrentía a escala de cuenca y subcuencas serán descritas en este trabajo.

Los productos que serán elaborados en esta actividad son:

- Creación de una base de datos georeferenciada de la información hidrometeorológica de los resultados de forma similar a los estándares mencionado para los datos hidroclimáticos y de caracterización del sistema de cuencas descrita en la sección **b** del presente documento.
- Generación de mapas de Precipitación mensual y anual (en mm y millones de m³).
- Generación de mapas de Evapotranspiración Real mensual y anual (en mm y millones de m³).
- Generación de mapas de Escorrentía mensual y anual (en mm, m³/s y millones de m³).

e. Análisis de resultados

Se realizará el análisis e interpretación de los resultados a nivel de subcuencas, comparando las diferencias en la oferta hídrica entre las subcuencas. Se analizará a diferentes niveles de persistencia hidrológica, empleado la función de distribución probabilística apropiada, a persistencias del 25%, 50%, 75%, y el 95% en el tiempo y las que sean necesarias para establecer la variabilidad de los recursos.

5. Requerimientos de equipamiento y software

Equipamiento

02 laptops

Software

Para el desarrollo del estudio se utilizarán los siguientes softwares libres:

- R Studio
- R Statistics
- QGIS
- SWAT Editor

6. Productos esperados

6.1 Plan de Trabajo

Se entregará el plan de trabajo impreso y en un medio magnético, a los 20 días de iniciado el servicio.

6.2 Informe de Campo

⁴ Modelación en su componente superficial

Se entregará un informe impreso y en un medio magnético que incluya la información recolectada en campo, así como las fotografías de la visita y los detalles de la misma. Se entregará en un plazo de 20 días después del trabajo de campo.

6.3 Informe Final

El producto final a entregar será un documento sistematizado que incluya una descripción detallada del ámbito de estudio, la metodología desarrollada y los principales resultados serán:

- Base de datos de precipitación por subcuencas, a nivel diario y mensual.
- Base de datos de Temperatura (máxima y mínima) por subcuencas, a nivel diario y mensual
- Base de datos de Evapotranspiración por subcuencas, a nivel diario y mensual
- Potencial Hídrico por subcuencas (expresado en las unidades mencionadas en la sección “d”)
- Base de datos de oferta hídrica por subcuencas (expresado en m³/s y millones de m³), a nivel diario y mensual
- Mapas climáticos de Precipitación, Temperatura máxima, Temperatura mínima, Evapotranspiración y caudal que abarque toda el área de estudio.

El informe final se entregará al término del plazo del servicio y tendrá un plazo de 15 días para el levantamiento de observaciones.

7. Duración y cronograma de actividades

Se propone ejecutar el trabajo en un período de 7 meses (210 días calendario). El cronograma de ejecución propuesto se detalla en la Tabla N° 2.

Tabla N° 2. Cronograma de ejecución de estudio hidrológico

Actividad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7
Elaboración del plan de trabajo							
Trabajo de campo							
Análisis y sistematización de información							
Recopilación y Análisis de los Datos							
Caracterización morfométrica de cuencas							
Construcción, calibración y validación del modelo							
Caracterización de las variables del balance hídrico							
Análisis de resultados							
Elaboración del Informe Final							

8. Lugar de trabajo

El estudio se desarrollará desde la ciudad de Lima, considerando la visita de campo a la vertiente del lago Titicaca, lado peruano. La coordinación operativa se realizará con la Unidad Binacional de Coordinación del Proyecto (UBCP) y la Dirección Nacional del Proyecto (DNP).

9. Coordinación y supervisión

La coordinación del presente servicio estará a cargo del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. La supervisión del servicio estará a cargo del Coordinador Binacional del Proyecto GIRH – TDPS y de la Dirección Nacional del Proyecto (MINAM).

Los productos entregados deberán ser aprobados por la Unidad Binacional de Coordinación del Proyecto, la Dirección Nacional del Proyecto y PNUD.

10. Recursos Humanos Mínimos Requeridos.

Tabla 3. Recursos humanos requeridos

Nº	Descripción	Nº de Profesionales
1	Especialista en modelamiento hidrológico	1
2	Especialista en Hidrología	1
3	Especialista en Sistemas de Información Geográfica	1

11. Perfiles profesionales mínimos requeridos

Se requerirá contratar a los siguientes profesionales:

10.1. Especialista en modelamiento hidrológico

- **Formación académica:** Ingeniero Agrícola o Ingeniero Mecánico de Fluidos o Ingeniero Ambiental, con grado académico de Magister en Gestión de Cuencas Hidrográficas o gestión de recursos hídricos.
- **Conocimientos específicos mínimos requeridos:**
 - Lenguaje de Programación (R, Matlab o Python).
 - Sistemas de Información Geográfica a nivel de programación
 - Modelamiento Hidrológico
 - Modelamiento Hidrológico con SWAT
 - Estadística
- **Experiencia laboral específica:**
 - 5 años de experiencia general
 - 3 años de experiencia específica relacionada a recursos hídricos o temas ambientales, en el sector público y/o privado.

10.2. Especialista en Hidrología

- **Formación académica:** Ingeniero Agrícola o Ingeniero Mecánico de Fluidos o Ingeniero Ambiental titulado, con estudios de maestría en recursos hídricos o similares.
- **Conocimientos específicos mínimos requeridos:**
 - Lenguaje de Programación (R, Matlab o Python).
 - Sistemas de Información Geográfica
 - Modelamiento Hidrológico
 - Hidrometría y sedimentos

- **Experiencia laboral específica:**
 - 3 años de experiencia general
 - 1 año de experiencia específica relacionada a hidrometría y/o sedimentos

10.3. Especialista en Sistemas de Información Geográfica

- **Formación académica:** Ingeniero Geógrafo o Geógrafo, titulado, con estudios de Maestría en Gestión de Cuencas Hidrográficas o afines.
- **Conocimientos específicos requeridos:**
 - Software de Sistemas de Información Geográfica (QGis o ArcGIS)
 - Control de Calidad de Datos Climáticos.
 - Publicación de reportes en formato de libro o revista geográfica, atlas o similar.
 - Conocimientos básicos de Hidrología o Modelamiento Hidrológico.
- **Experiencia laboral específica:**
 - 3 años de experiencia general
 - 2 años de experiencia específica en sistemas de información geográfica, elaboración de mapas o en hidrología en el sector público y/o privado.

12. Propiedad intelectual

El material producido bajo los términos del presente proyecto, tales como escritos, gráficos, medios magnéticos, programas de computación y demás documentación generada por el ejecutor del proyecto pasará a propiedad del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) Perú, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Ministerio del Medio Ambiente de Perú y sus gobiernos respectivos, los que tendrán los derechos exclusivos para publicar o difundir los documentos que se originen en este proyecto de diagnóstico, previo acuerdo.

13. Presupuesto estimado

Para la elaboración del estudio, se ha previsto esencialmente la contratación de especialistas y equipamiento, según el detalle que se muestra en la Tabla N° 3.

Tabla N° 3. Propuesta referencial de presupuesto total (*)							
Estudio "Actualización hidroclimática y modelación hidrológica en la vertiente del Lago Titicaca, Perú"							
Item	Descripcion	Und.	Cant.	Mes	CU Mensual (USD)	Parcial (UDS)	Sub Total (USD)
1	Coordinador						17 150,00
1.1	Especialista en modelamiento hidrológico	Und.	1	7	2 450,00	17 150,00	

2	Especialistas						23 530,00
2.1	Especialista en Hidrología	Und.	1	7	1 810,00	12 670,00	
2.2	Especialista en Sistemas de Información Geográfica	Und.	1	6	1 810,00	10 860,00	
3	Logística						7 680,00
3.1	Computadora i7 (8th Generation Core™ i7 procesador (8MB Cache, up to 4.0 GHz), memoria 16GB, DDR4 a 2400 MHz, disco duro solido 256 GB, tarjeta de video NVIDIA®GeForce®MX150 with 4GB GDDR5 graphics memory, pantalla 14"/15")	Und.	2	1	3 840,00	7 680,00	
4	Viáticos y pasajes						2 100,00
4.1	Viáticos	Glb	3	1	400,00	1 200,00	
4.2	Pasajes	Und.	3	1	250,00	750,00	
4.3	Transporte local	Glb	1	1	150,00	150,00	
	TOTAL						50 460,00

(*) Aprobado por SENAMHI - Perú

Estudio de: Elaboración de escenarios climáticos en el Sistema Hídrico Titicaca-Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa, en el marco del proyecto Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en el Sistema TDPS

Plan de Trabajo

Proyecto:	“Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en el Sistema Titicaca – Desaguadero-Poopó- Salar De Coipasa (GIRH-TDPS)”.
Servicio:	Elaboración de escenarios climáticos en el Sistema hídrico del Lago Titicaca, Río Desaguadero, Lago Poopó y Salar de Coipasa, en el marco del proyecto Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en el Sistema TDPS.
Entidad:	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) – Perú.
Lugar del estudio:	Lima (Instalaciones del SENAMHI) y Puno
Plazo de ejecución:	El presente estudio prevé 240 días calendario.
Coordinación con:	<ul style="list-style-type: none"> - Coordinador Binacional y Especialista en Monitoreo y Evaluación del proyecto GIRH-TDPS. - Ministerio del Ambiente como Dirección Nacional de Proyecto - Oficial de Programa de Sostenibilidad Ambiental del PNUD.

1. Antecedentes generales

El sistema hídrico Lago Titicaca – Río Desaguadero – Lago Poopó - Salar de Coipasa (TDPS), ubicado en el altiplano andino, es un sistema transfronterizo de carácter endorreico, formado por esas cuatro cuencas interconectadas

El TDPS tiene una superficie de 143 900 km², está integrado por catorce (14) unidades hidrográficas y está ubicado entre Bolivia, Chile y Perú. La altitud promedio es de 3 800 m s.n.m., siendo el punto más alto el nevado Sajama (6 452 m s.n.m.) y el más bajo el Salar de Coipasa (3 653 m s.n.m.).

El Lago Titicaca es el mayor cuerpo hídrico del TDPS, recibe las descargas de nueve unidades hidrográficas. El Lago Titicaca a su vez drena en el río Desaguadero, el mismo que en su sector terminal se bifurca, el ramal Este drena en el Lago Uru Uru y de ahí en el Lago Poopó, (cerca de la población de Oruro en Bolivia), y el ramal Oeste drena directamente en el Lago Poopó. Finalmente, el río Lacajahuira nace en el Lago Poopó y drena en el Salar de Coipasa.

Las condiciones naturales son extremas, el clima del área es intenso (baja concentración de oxígeno, alta radiación solar, aridez extrema, muy bajas temperaturas) y hay cuerpos de agua y suelos con alta concentración de sales y minerales. El TDPS contiene hábitats de alto valor para la conservación como los totorales, los bofedales y los tholares, además de especies endémicas como la rana gigante del Titicaca (*Telmatobius culeus*), la boga (*Orestias pentlandii*) y el zampullín del Titicaca (*Rollandia microptera*).

Los recursos hídricos del TDPS son de alto valor para Bolivia y Perú, que desde la década de 1950 han avanzado en desarrollar mecanismos de gestión conjunta. En 1992, ambos países

acordaron la creación de la Autoridad Binacional Autónoma del Sistema Hídrico del Lago Titicaca, Río Desaguadero, Lago Poopó, Salar de Coipasa (ALT). Posteriormente, los países establecieron varias instancias de cooperación, como las comisiones técnicas binacionales para los ríos Maure-Mauri y Suches, y la Comisión Binacional de Alto Nivel para el Lago Titicaca. La ALT es responsable de implementar el Plan Director Global Binacional del Sistema Hídrico TDPS.

Justificación del Proyecto

El Sistema TDPS es una región de gran importancia para ambos países, ya que entre otras características:

- Concentra a una población de más de 3,6 millones de personas; 2,2 millones en Bolivia y 1,4 millones en Perú.
- Alberga las regiones más fértiles y productivas de toda la región altiplánica, así como sus mayores reservas de agua.
- Sus sistemas de vida son responsables de la provisión de importantes servicios ecosistémicos, como dotación de agua, fibras y alimento, regulación climática, purificación de contaminantes, biodiversidad, turismo, prevención de riesgos de desastre, entre otros.
- Resguarda la milenaria historia de las culturas que habitaron sus tierras y navegaron sus aguas.

Los recursos hídricos del Sistema TDPS se constituyen en el motor de las dinámicas demográficas y productivas en la región. Las poblaciones más numerosas y las principales actividades productivas (minería, industria, agricultura, ganadería y acuicultura) se desarrollan en las proximidades de los cuerpos de agua, ya sean lagos, ríos, o acuíferos. La abundancia de agua en la región dio lugar a un crecimiento acelerado y caótico, tanto en Bolivia, como en Perú, que ha dado lugar a un proceso progresivo y sostenido de contaminación y degradación de los sistemas de vida, fundamentalmente de los recursos hídricos del sistema.

En este contexto, el proyecto Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en el Sistema TDPS busca ser un catalizador que contribuya a:

- iv. Construir una visión común sobre la base de la GIRH,
- v. Establecer una planificación común que oriente acciones en los ámbitos binacional, nacional y local, y
- vi. Movilizar e incorporar a los actores clave en la gestión integrada del sistema.

Objetivo del proyecto

El objetivo del proyecto es promover la conservación y el uso sostenible de los recursos hídricos en el sistema transfronterizo Titicaca – Desaguadero – Poopó – Salar de Coipasa, a través de la actualización del Plan Director Global Binacional. El proyecto se enfoca en catalizar la integración de la GIRH en la gestión del sistema y en acciones para afrontar las presiones sobre la biodiversidad.

El proyecto invertirá estratégicamente recursos GEF en cuatro componentes para:

- 5) Desarrollar y actualizar herramientas de gestión:

- a. Un proceso participativo para producir un diagnóstico transfronterizo integrado (TDA) de la situación del TDPS.
 - b. Un plan director actualizado acordado por ambos países,
- 6) Generar aprendizajes prácticos para la gestión de los recursos del TDPS mediante once intervenciones piloto.
 - 7) Consolidar un programa de monitoreo integral del TDPS que sea accesible a técnicos y actores clave.
 - 8) Construir capital humano y capital social por medio de acciones de comunicación educativa ambiental y participación y articulación ciudadana en apoyo a la GIRH.

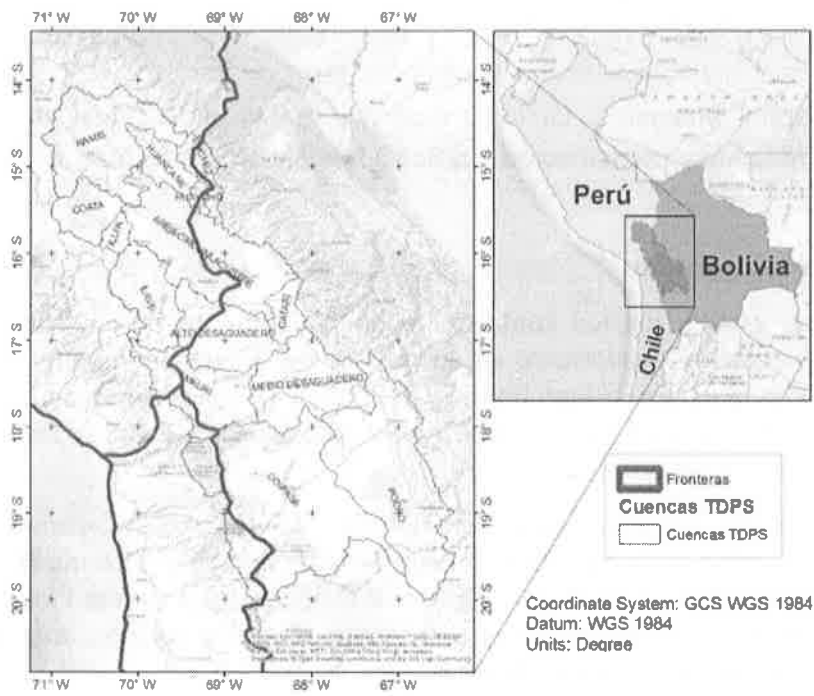
2. Contexto y área de estudio

El TDPS es un sistema hídrico conformado por el conjunto de cuencas y subcuencas hidrográficas de carácter endorreico de la meseta del Collao comprendido por el lago Titicaca, el río Desaguadero, el lago Poopó y el Salar de Coipasa. Abarca los departamentos de Puno y Tacna del sur del Perú, La Paz, Oruro y Potosí del occidente de Bolivia y la región de Arica y Parinocota del norte de Chile.

Hasta 1988 no existía una denominación para todo este conjunto endorreico, es a partir de ese año, con la creación de la Autoridad Binacional Autónoma del Sistema Hídrico del Lago Titicaca, río Desaguadero, lago Poopó y Salar de Coipasa (ALT), entre Perú y Bolivia, que recibe este nombre. Esta autoridad se creó para el ordenamiento, manejo, control y protección en la gestión del agua en la zona.

El sistema TDPS tiene una superficie de 143 900 km² de superficie en donde la mayor altura se alcanza en el nevado Sajama (6 542 m s.n.m.), mientras que la altura mínima corresponde al salar de Coipasa (3 653 m s.n.m.). En la figura 1 se presenta la ubicación del sistema TDPS.

Figura 1. Ubicación del Sistema Titicaca – Desaguadero – Poopó – Salar de Coipasa.

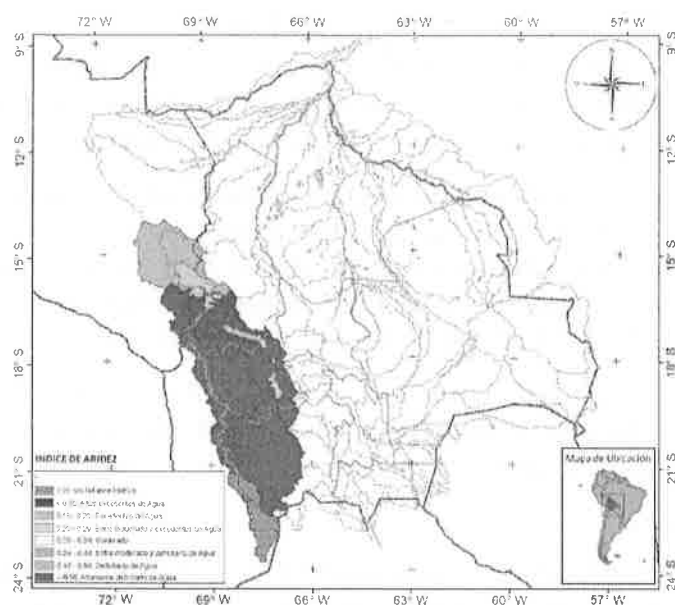


El enfoque actual para la evaluación de riesgos en los sistemas de vida presentes en el área circundante a la cordillera de los Andes, tanto en Bolivia como en Perú, debe considerar amenazas ya establecidas, tanto para el mediano como el largo plazo, en relación a cambios en el clima. En este sentido, los trabajos en la temática de cuantificación de los cambios en el régimen climático de la región son altamente necesarios, más aun, considerando la presente condición de déficit hídrico en esta zona en específico.

Según el estudio de Balance Hídrico de Bolivia, para esta zona transfronteriza, se ha establecido que el índice de aridez (IDEAM, 2013⁵), para la zona endorreica de los lagos Titicaca y Poopó, es altamente deficitario en las zonas al sur del lago Titicaca, área que eventualmente es la receptora del potencial hídrico neto del sistema aportante a los dos lagos.

⁵ IDEAM, 2013. Lineamientos Conceptuales y Metodológicos para la Evaluación Regional del Agua. Bogotá D.C.

Figura 2. Índice de Aridez para la región de las Cuencas Hidrográficas transfronterizas.



(Fuente: MMAyA, 2017)

Entender cómo el cambio climático afectará al Sistema TDPS en las próximas décadas, es un estudio crítico en la planificación a mediano y largo plazo. Con el mismo se podrá establecer umbrales y parámetros específicos para los cambios en la disponibilidad hídrica, una vez que los mismos sean utilizados en el contexto de un balance hídrico.

3. Objetivos

El presente estudio se encuentra enmarcado en el componente 1 del proyecto GIRH-TDPS, específicamente forma parte de los estudios complementarios al Análisis de Diagnóstico Transfronterizo (ADT).

3.1. Objetivo general

El objetivo del presente estudio es desarrollar un análisis de los impactos de la variabilidad y cambio climático sobre los recursos hídricos del sistema TDPS (Tanto en territorio de Perú como Bolivia), proporcionando escenarios climáticos de alta resolución espacial, utilizando para este fin una variedad de herramientas de simulación del clima histórico y futuro en el contexto regional del sistema TDPS.

3.2. Objetivos específicos

- 1) Conformar una base de datos sobre modelos de circulación global (MCGs) para el sistema TDPS, como información de entrada para el estudio.
- 2) Evaluar los modelos de circulación general de la base de datos y seleccionar los que se han de utilizar en el estudio.
- 3) Implementar dos metodologías de reducción de escala para construir información desde los MCG seleccionados, al ámbito regional del sistema TDPS.
- 4) Evaluar, analizar, concluir y recomendar sobre los resultados obtenidos del estudio de Escenarios Climáticos para el sistema TDPS.

4. Actividades y productos

Objetivo Específico 1.

- **Producto 1.1.** Un documento resumen que describa la *metadata* de la información compilada en un anexo digital provisto con toda la información en formato de archivo conveniente para almacenamiento (archivos tipo NetCDF “.nc”, o similar).

Actividad 1.1.1. Utilizar los datos de temperatura a 2 m y precipitación de los modelos reportados en el CMIP5 (*Coupled Model Intercomparison Project, phase 5*), proveniente del IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*). Para ello, se formará una base de datos de 16 MCGs en el periodo 1981 - 2065 (Anexo 1), para los experimentos HISTORICAL, RCP 4.5 y RCP 8.5 a resolución temporal diaria.

Actividad 1.1.2. Participar de un Taller presencial de coordinación para compartir las metodologías a desarrollar, tanto para la evaluación de modelos globales como para la reducción de escala, además de construir el primer producto.

Objetivo Específico 2.

- **Producto 2.1.** Un documento consensuado de la evaluación realizada para cada uno de los MCGs seleccionados (scripts de análisis, detalle de IDE6 de desarrollo, y anexos de tablas, gráficas y mapas producidos deben ser anexos al documento en forma digital).

Actividad 2.1.1. Evaluar la representación de la temperatura y precipitación de los 16 MCGs para el área de estudio, en términos de diferentes atributos de clima a diferentes escalas temporales, según diferentes atributos evaluados³. Los modelos seleccionados serán utilizados en la evaluación del clima futuro.

- **Producto 2.2.** Un documento resumen de la evaluación realizada para cada uno de los escenarios y modelos seleccionados (scripts de análisis, detalle de IDE de desarrollo, y anexos de tablas, gráficas y mapas producidos deben ser anexos al documento en forma digital).

Actividad 2.2.1. Realizar un análisis tendencial entre los datos históricos y los escenarios de emisión reportados; RCP4.5 y RCP8.5 (forzamiento radiativo proyectado en el año 2100 (en W/m²)), en base a los modelos evaluados para las variables temperatura y precipitación.

Objetivo Específico 3.

- **Producto 3.1.** Un reporte de los procedimientos realizados para la reducción de escala mediante el uso de Bias Correction a la regionalización dinámica.

El detalle del contenido del documento deberá ser coordinado y consensuado con ambos comités técnicos (Perú y Bolivia). Los anexos deben ser presentados en la misma medida de requerimiento que en los alcances A1, A2, y A3.

Actividad 3.1.1. Implementar una reducción de escala de los modelos a las condiciones regionales del sistema TDPS con los modelos seleccionados y para los escenarios de emisión RCP 4.5 y RCP 8.5, para un periodo futuro 2036 - 2065, con media a 2050, y un periodo para el análisis de cambios relativo a 1981 -2010. Se deberán utilizar las siguientes metodologías:

⁶ Integrated development environment.

- a) Corrección estadística de los datos de la regionalización dinámica a 16 kilómetros realizada con el modelo Weather Research and Forecasting (WRF) forzado por el modelo global HadGEM2-ES bajo el escenario de emisión RCP 8.5⁷.
- b) Regionalización probabilística bajo el método K-nn bootstrapping (K Nearest Neighbor) aplicado a la información de las estaciones locales de mayor record de información⁸.

Objetivo Especifico 4.

- **Producto 4.1.** Un documento de compilación consensuada de los resultados con los escenarios desarrollados por el MMAyA y SENAMHI que indique los hallazgos, conclusiones y recomendaciones encontradas del análisis de los resultados del proceso reducción de escala al contexto regional del TDPS, así como las conclusiones de los talleres de trabajo de evaluación conjunto organizados para esta etapa conclusiva del estudio.

Actividad 4.1.1. Analizar y evaluar los resultados de la reducción de escala en precipitación y en temperatura, para la información puntual y grillada obtenida de los dos métodos utilizados. Se requerirá mínimamente un análisis de:

- a) Incertidumbre, tanto cuantitativa (Por rangos y usando gráficas) como cualitativa (a través de mapas).
- b) Cambios en épocas y estaciones del ciclo hidrológico local (época húmeda, seca y transiciones), a través de variaciones porcentuales.
- c) Análisis de la tendencia en la envolvente de modelos seleccionados por escenario de emisión (RCP4.5 y RCP8.5), con información agregada a nivel mensual y anual, para el periodo histórico (1981-2016) – adicionando el periodo proyectado (2036 – 2065).

Actividad 4.1.2. Organizar un Taller presencial de coordinación para consensuar los resultados obtenidos en el estudio y elaborar conclusiones para la elaboración del Informe final.

7. Duración y cronograma de ejecución

El presente estudio se realizará en 240 días.

8. Lugar de trabajo

El estudio se desarrollará en Lima y Puno, Perú.

9. Supervisión y Coordinación

La supervisión y coordinación general del proyecto, así como el control de calidad de los productos estarán a cargo de SENAMHI - Perú y MMAyA - Bolivia, con quien la contraparte ejecutora designada al proyecto deberá, establecer un marco de coordinación permanente para

⁷ Datos compuestos grillados deberán también ser considerados. Los datos provistos serán: 1) Datos Grillados de precipitación y temperatura diarios, para el territorio de Perú (Proyecto Pisco, 2016), 2) Datos Grillados de precipitación y temperatura diarios, para el territorio de Bolivia (Balance Hidrológico de Bolivia, 2017), periodo común establecido, 1981 – 2016.

⁸ La fuente de la información climática binacional será provista de la base de datos del proyecto DECADE (periodo 1981 - 2010). Cada país deberá completar los datos hasta el 2016.

la ejecución de la información, metodología, presentación de los Informes correspondientes, y otra información complementaria o adicional requerida por la Supervisión.

10. Compilación de metodologías

La compilación de datos de entrada de los MCGs deberá ser realizada por ambas contrapartes nacionales de la siguiente forma:

1. SENAMHI-Perú proveerá información diaria de los modelos ACCESS1-0, HadGEM2-ES y MPI-ESM-LR, en los escenarios de emisión (4.5 y 8.5). También proveerá la información en formato Grillado de la base de datos Pisco a escala mensual para el área del sistema TDPS para el periodo 1981 – 2016, a resolución espacial de 0.05°.
2. MMAyA-Bolivia proveerá información diaria sobre los modelos: BCCCSM1-1-m, BNU-ESM, CESM1-BGC, CESM1-CAM5, CMCC-CM, CMCC-CMS, GFDL-CM3, GFDL-ESM2G, GFDL-ESM2m, IPSL-CM5A-LR, MIROCESM-CHEM, MIROC-ESM y MIROC5 en los escenarios de emisión (4.5 y 8.5). También proveerá la información en formato grillado del estudio de Balance Hidrológico de Bolivia (2017), resolución temporal diaria y mensual, resolución espacial de 0.05° (equivalente de 5 kilómetros).
3. Ambos países, en coordinación y acuerdo mutuo con sus SENAMHIs, darán visto bueno para compartir, en el marco de este proyecto, la base de datos producida en el proyecto DECADE.

Para la etapa de evaluación de modelos y escenarios, ambos países compartirán las herramientas desarrolladas para el trabajo, para lo cual se organizará un taller⁹ de intercambio de las mismas. (durante el segundo mes de iniciado el estudio).

Los Productos 1.1, 2.1, 2.2 y 3.1 serán desarrollados de forma unilateral, y unidos por la coordinación del proyecto.

En la etapa de reducción de escala, se tiene la siguiente distribución de trabajo:

- 1) El SENAMHI de Perú, construirá escenarios climáticos en base a la reducción de escala dinámica a través del uso del modelo regional WRF en el escenario de emisión RCP 8.5.
- 2) El MMAyA de Bolivia, a través de sus unidades técnicas pertinentes, desarrollará la reducción de escala probabilística tipo K Nearest Neighbor, para los modelos seleccionados y los escenarios de emisión 4.5 y 8.5, en el periodo de proyección mencionado en el alcance A4.

En esta etapa se tendrá un segundo taller de coordinación para intercambiar resultados y elaborar en conjunto las conclusiones para el Informe final.

El Producto 4.1 será desarrollado de manera unilateral, y unido por la coordinación del proyecto, con la particularidad de que una sección específica de análisis, conclusiones y recomendaciones será redactada durante el segundo taller.

⁹ Formato de taller opcional, tipo presencial u tipo video conferencia, bajo coordinación del proyecto en Puno.

11. Cronograma de actividades

Tabla N° 1. Cronograma de actividades de Estudio de Escenarios de Cambio Climático a desarrollar por SENAMHI Perú

"Elaboración de escenarios climáticos en el Sistema hídrico del lago Titicaca, no Desaguadero, lago Poopó y Salar de Coipasa, en el marco del proyecto Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en el Sistema TDPS"

Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32		
MeSES	mes 1				mes 2				mes 3				mes 4				mes 5				mes 6				mes 7				mes 8					
PLAN DE TRABAJO																																		
I. Producto 1.1																																		
Elaboración del plan de trabajo		X	X																															
Base de datos climáticas observada y de modelos del CMIP5		X	X	X																														
Fecha de presentación del 1er entregable: Informe técnico y base de datos				E																														
II. Producto 2.1																																		
Taller de intercambio técnico entre Perú y Bolivia					G																													
Evaluación de los modelos del CMIP5						X	X	X																										
Fecha de presentación del 2do entregable: Informe técnico								F																										
III. Producto 3.2																																		
Tendencias climáticas observadas									X	X	X																							
Tendencias climáticas de los modelos del CMIP5											X	X	X	X																				
Válida de campo 1													S																					
Asesor en meteorología de montaña													A																					
Fecha de presentación del 3er entregable: Informe técnico																						F												
IV. Producto 3.1																																		
Escenarios regionalizados para precipitación															X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Escenarios regionalizados para temperatura mínima															X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Escenarios regionalizados para temperatura máxima															X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Implementación en tuberías de campo atmosférico																							A											
Fecha de presentación del 4to entregable: Informe técnico, mapas, scripts u otros programas																																		
V. Producto 4.1																																		
Análisis de la distribución espacial de los cambios en precipitación, temperatura máxima y mínima regionalizadas																													X	X	X	X		
Análisis de tendencias de la precipitación, temperatura máxima y mínima regionalizadas																														X	X	X		
Válida de campo 2																																		
Taller para consolidar los resultados obtenidos de los escenarios regionalizados																																		
Redacción del informe final																												X	X	X	X	X	X	X

E Fecha de entregables

F Fecha de labores de consolidación

A Fecha de asesorías

S Validación de campo

Periodo del Especialista en Meteorología

Periodo del Especialista en Sistemas de Información Geográfica

12. Propiedad intelectual

El material producido bajo los términos del presente proyecto, tales como escritos, gráficos, medios magnéticos, programas de computación y demás documentación generada por el ejecutor del proyecto pasará a propiedad del Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA) y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) Perú, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Ministerio del Ambiente de Perú, los que tendrán los derechos exclusivos para publicar o difundir los documentos que se originen en este proyecto de diagnóstico, previo acuerdo.

13. Presupuesto

13.1 Para la elaboración de la propuesta económica se ha previsto esencialmente la contratación de personal de apoyo y equipamiento por parte de SENAMHI, según detalle del Cuadro 1.

02

Cuadro 1. Propuesta referencial de presupuesto total (*)

"Elaboración de escenarios climáticos en el Sistema hídrico del lago Titicaca, río Desaguadero, lago Poopó y Salar de Coipasa, en el marco del proyecto Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en el Sistema TDPS"

Item	Descripción	Und.	Cant.	Mes	CU Mensual (USD)	Parcial (UDS)	Sub Total (USD)
1	Profesionales						25,200.00
1.1	Especialista en Meteorología	Und.	1	8,00	2,100.00	16,800.00	
1.2	Especialista en Sistemas de información geográfica	Und.	1	4,00	2,100.00	8,400.00	
2	Logística						13,660.00
2.1	Laptop i7 (Procesador:2,4Gz, Memoria RAM, 12 Gb, Disco duro 1Tb)	Und.	2	1	2,000.00	4,000.00	
2.2	Discos externos de 8Tb	Und.	3	1	220.00	660.00	
2.3	Escritorio	Und.	2	1	150.00	300.00	
2.4	Silla giratoria	Und.	2	1	100.00	200.00	
2.5	Toners para impresora, Hojas A4 y A3 y otros útiles de Oficina	Glb	1	1	2,500.00	2,500.00	
2.6	Edición, corrección de estilo y diagramación (Informe técnico final de SENAMHI)	Glb	1	1	4,500.00	4,500.00	
2.7	Logística para Establecer Compromisos, Actas y Reuniones	Glb	1	1	1,500.00	1,500.00	
3	Talleres de coordinación						1,900.00
3.1	Viáticos (Taller de intercambio de metodologías en Lima) (*)	Glb	1	1	200.00	200.00	
3.2	Pasajes (Taller de intercambio de metodologías en Lima)	Glb	1	1	100.00	100.00	
3.3	Viáticos (Taller de consensuar resultados en La Paz)	Glb	2	1	300.00	600.00	
3.4	Pasajes (Taller de consensuar resultados en La Paz)	Glb	2	1	500.00	1,000.00	
4	Salidas de campo						4,400.00
4.1	Puno	Glb	2	1	2,200.00	4,400.00	
5	Asesoramiento						6,000.00
5.1	Asesor en Meteorología de Montaña	Und.	1	1	3,000.00	3,000.00	
5.2	Asesor en Interacción oceano-atmosférica	Und.	1	1	3,000.00	3,000.00	
	TOTAL						51,160.00

(*) Profesional de la Dirección Zonal de Puno (SENAMHI)

Anexos

Anexo 1. Características de modelos a ser evaluados en el estudio (todos poseen los escenarios de emisión RCP 4.5 Y RCP 8.5)

Centro o grupo de modelización		Modelo	Resolución horizontal [°]
1	CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Australia), and BOM (Bureau of Meteorology, Australia)		
2	Beijing Climate Center, China Meteorological Administration		
3	College of Global Change and Earth System Science, Beijing Normal University	ACCESS1-0	1.25 x 1.875
4	National Science Foundation, Department of Energy, National Center for Atmospheric Research	bcc-csm1-1-m	2.79 x 2.81
5	National Science Foundation, Department of Energy, National Center for Atmospheric Research	BNU-ESM	2.79 x 2.81
6	Centro Euro-Mediterraneo per I Cambiamenti Climatici	CESM1-BGC	0.94 x 1.25
7	Centro Euro-Mediterraneo per I Cambiamenti Climatici	CESM1-CAM5	0.94 x 1.25
8	NOAA Geophysical Fluid Dynamics Laboratory	CMCC-CM	0.75 x 0.75
9	NOAA Geophysical Fluid Dynamics Laboratory	CMCC-CMS	1.875 x 1.875
10	NOAA Geophysical Fluid Dynamics Laboratory	GFDL-CM3	2 x 2.5
11	Met Office Hadley Centre	GFDL-ESM2G	2 x 2.0
12	Institute Pierre-Simon Laplace	GFDL-ESM2M	2 x 2.5
13	Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Atmosphere and Ocean Research Institute (university of tokyo) and National Institute for Environmental Studies	HadGEM2-ES	1.25 x 1.875
14	Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Atmosphere and Ocean Research Institute (university of tokyo) and National Institute for Environmental Studies	IPSL-CM5A-LR	1.9 x 3.75
15	Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Atmosphere and Ocean Research Institute (university of tokyo) and National Institute for Environmental Studies	MIROC5	1.4 x 1.4
16	Max Planck Institute for Meteorology	MIROC-ESM-CHEM	2.79 x 2.81
		MIROC-ESM	2.79 x 2.81
		MPI-ESM-LR	1.86 x 1.87

Anexo 2. Actividades a desarrollar por cada país para el presente estudio.

Objetivo específico	Productos	Actividades	Actividades por cada país	
			Perú	Bolivia
1	1.1. Documento resumen, datos.	1.1.1. Temperatura a 2 m y precipitación de 16 MCGs ¹⁰ en el periodo 1981 - 2065	3 MCGs	13 MCGs
2	2.1. Documento resumen, scripts.	2.1.1. Evaluar la temperatura y precipitación de los 16 MCGs	3 MCGs	13 MCGs
		2.1.2. Taller: metodologías para la evaluación de MCGs y para la reducción de escala.	Sugerencia: En Lima, con 3 participantes como máximo de cada país.	
	2.2. Documento resumen, scripts.	2.2.1. Análisis tendencial de los MCGs para temperatura y precipitación.	3 MCGs	13 MCGs
3	3.1. Documento resumen.	3.1.1. Reducción de escala de los MCGs para el sistema TDPS.	Corrección estadística de la regionalización dinámica con HadGEM2-ES bajo RCP 8.5.	Regionalización probabilística (K-nn bootstrapping), aplicado estaciones de mayor record de información ¹¹
4	4.1. Documento consensuado de los escenarios desarrollados por el MMAyA y SENAMHI	4.1.1. Analizar y evaluar los resultados de la reducción de escala en precipitación y en temperatura		
		4.1.2. Taller: consensuar resultados obtenidos en el estudio.	Sugerencia: En la Paz, con 3 participantes como máximo de cada país.	

¹⁰ Modelos de Circulación General (MCGs).

¹¹ La fuente de la información climática binacional será provista de la base de datos del proyecto DECADE (periodo 1981 - 2010). Cada país deberá completar los datos hasta el año 2016.