

# Joshua Laman

## JWMM LAMAN\_VELASQUEZ(2025) (2).docx



My Files



My Files



Universidad Peruana Union

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::29566:509237790

Fecha de entrega

7 oct 2025, 12:27 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

12 nov 2025, 3:42 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

JWMM LAMAN\_VELASQUEZ(2025) (2).docx

Tamaño del archivo

1.0 MB

18 páginas

5500 palabras

31.423 caracteres

# 8% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

## Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 8 palabras)
- Trabajos entregados

## Fuentes principales

- 8%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Marcas de integridad

### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

## Fuentes principales

- 8% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 0% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

|    |             |                                                                         |     |
|----|-------------|-------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1  | Internet    | repositorio.upeu.edu.pe                                                 | 3%  |
| 2  | Internet    | www.coursehero.com                                                      | <1% |
| 3  | Publicación | CONSULTORIA INTERNACIONAL EN INGENIERIA Y GESTION PARA EL DESARROLLO... | <1% |
| 4  | Internet    | riunet.upv.es                                                           | <1% |
| 5  | Internet    | repositorio.unap.edu.pe                                                 | <1% |
| 6  | Internet    | www.forest-trends.org                                                   | <1% |
| 7  | Internet    | repositorio.unac.edu.pe                                                 | <1% |
| 8  | Internet    | repositorio.ucv.edu.pe                                                  | <1% |
| 9  | Internet    | alicia.concytec.gob.pe                                                  | <1% |
| 10 | Internet    | www.repo.funde.org                                                      | <1% |
| 11 | Internet    | www.cde.ual.es                                                          | <1% |

|    |             |                                                                                 |     |
|----|-------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 12 | Internet    | www.redalyc.org                                                                 | <1% |
| 13 | Publicación | Díaz López, Oliver. "Tecnología de Biorreactores de Membrana Como Tratamient... | <1% |
| 14 | Internet    | issuu.com                                                                       | <1% |
| 15 | Internet    | revistatyc.org.mx                                                               | <1% |
| 16 | Internet    | www.slideshare.net                                                              | <1% |
| 17 | Internet    | archivospresidenciales.archivonacional.cl                                       | <1% |
| 18 | Internet    | hdl.handle.net                                                                  | <1% |
| 19 | Internet    | pucesinews.pucesi.edu.ec                                                        | <1% |
| 20 | Internet    | www.chsegura.es                                                                 | <1% |
| 21 | Internet    | www.climateinvestmentfunds.org                                                  | <1% |
| 22 | Internet    | www.todosobrepesca.com.ar                                                       | <1% |

# Modelamiento con Vensim de la disponibilidad hídrica en la laguna Chuchón, de la cuenca del río Chillón 1980 – 2050

Joshua Daniel Laman Pinedo<sup>1</sup> Jair Sebastian Velásquez Ordoñez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Peruana Unión, Lima, Perú.

## Abstract

La disponibilidad de recursos hídricos en los Andes se ve cada vez más comprometida por el cambio climático. Esto tiene un impacto directo en las cuencas hidrográficas que abastecen a importantes ciudades como Lima. En este contexto, la laguna de Chuchón, en la cuenca del río Chillón, desempeña un papel estratégico como regulador natural de los recursos hídricos. Este estudio busca contribuir a la comprensión de la variabilidad hídrica natural y evaluar los impactos del cambio climático en la disponibilidad hídrica mediante un modelo de sistemas dinámicos implementado en Vensim para el período 1980-2050. Los resultados muestran que la precipitación y la escorrentía aumentarán hasta 2020 y luego disminuirán alrededor de 2050. Esto refleja el impacto del cambio climático en la disminución de los aportes naturales. En contraste, la escorrentía del río Chillón aumentará continuamente durante este período, superando los 46.000 m<sup>3</sup> en 2050, mientras que los aportes directos de la laguna y el acuífero se mantendrán bajos y casi constantes. Sin embargo, la Laguna de Chuchón acumulará agua gradualmente y estabilizará su volumen alrededor de 2035, lo que indica su importante función como reservorio natural. En resumen, si bien la Laguna de Chuchón es un importante factor regulador, la cuenca del río Chillón se encuentra en riesgo debido a la reducción de las precipitaciones y la escorrentía. La protección y la gestión sostenible de la Laguna de Chuchón son esenciales para garantizar la seguridad hídrica en condiciones de cambio climático.

## 1 Introducción

El agua cubre cerca del 70% de la superficie terrestre, sin embargo, solo un pequeño porcentaje es apto para el consumo humano (Khokhar & Taran, 2013). De

todo el volumen de agua existente, únicamente el 2.5% es dulce, y una porción significativa de este recurso se encuentra en glaciares, casquetes polares y acuíferos profundos, inaccesibles para el uso cotidiano (AQUAE, 2021). Esto significa que solo una mínima fracción de agua dulce está realmente disponible para satisfacer las necesidades de la población, que incluyen el consumo humano, la agricultura, la industria y la biodiversidad (Rossi et al., 2024). La calidad del agua es igualmente fundamental, ya que gran parte de los cuerpos de agua accesibles están expuestos a la contaminación, que puede volverla inapropiada para el consumo sin un tratamiento adecuado (Denchack, 2023). De esta manera, aunque el agua parece abundante, su disponibilidad real para los seres humanos es limitada, exigiendo una administración sostenible para cubrir las demandas actuales y futuras (Valdés & García, 2018).

La presión sobre los recursos hídricos ha crecido exponencialmente en las últimas décadas. Desde mediados del siglo XX, la demanda de agua se ha multiplicado por seis, en gran parte impulsada por el crecimiento de la población mundial y el desarrollo económico (Martínez Valdés & Villalejo García, 2018). Este aumento ha generado tensiones en numerosas regiones, y se proyecta que para el año 2025, aproximadamente dos tercios de la población mundial podrían enfrentar dificultades para acceder a este recurso básico (Quintero, 2020). En América Latina, la situación es particularmente preocupante: la Organización Mundial de la Salud (OMS) advierte que la sobreexplotación, la contaminación y el cambio climático están contribuyendo a la escasez de agua. Según la ONU, actualmente una de cada tres personas en la región carece de acceso a agua potable, y para el año 2050, muchas personas enfrentarán condiciones de escasez por lo menos una vez al año (ONU, 2021).

El cambio climático ha generado patrones hídricos variables en distintos países de América Latina, llevando a un monitoreo específico en cada contexto. Por ejemplo, en Argentina, las temperaturas han disminuido ligeramente, mientras que las precipitaciones han aumentado durante las últimas seis décadas, lo que ha afectado los recursos hídricos y la producción agrícola (Bárcena et al., 2020). En contraste, Ecuador ha experimentado un aumento en las temperaturas y una reducción en las lluvias, lo cual ha exacerbado los problemas de disponibilidad de agua en algunas áreas. Estos cambios no son exclusivos de estos países; fenómenos similares han sido documentados en Perú, Bolivia, Brasil, Colombia, Uruguay y Venezuela, donde el clima variable afecta la oferta y demanda de agua y la estabilidad de los ecosistemas acuáticos (Pérez-Campomanes & Iannaccone, 2020).

Perú es un país rico en recursos hídricos, con ríos caudalosos como el Amazonas, el Marañón y el Ucayali que abastecen extensas áreas de la Amazonía y los Andes (Gil & Cisneros, 2019). Estudios recientes lo sitúan en el octavo lugar mundial en disponibilidad de agua, representando alrededor del 2% de las reservas de agua dulce del planeta. Sin embargo, a pesar de contar con un promedio anual de 59 mil metros cúbicos de agua por habitante, muchas zonas enfrentan problemas de escasez hídrica (Louzada, 2020). Sin embargo, las precipitaciones en el país son

altamente estacionales, lo cual genera períodos alternantes de sequía e inundaciones. Lima, la capital peruana y una de las mayores ciudades de Sudamérica, enfrenta una crisis crónica de escasez de agua debido a una serie de factores como la rápida urbanización, la contaminación de fuentes hídricas, la deforestación en áreas clave y el impacto del cambio climático. La ciudad depende principalmente de la escorrentía superficial y de la extracción de aguas subterráneas, pero estas fuentes son cada vez menos confiables debido a la disminución de las lluvias en la región y la sobreexplotación de los acuíferos (IDHP, 2009).

En un contexto de cambio climático, donde los patrones de precipitación y temperatura están en constante evolución, comprender cómo estos cambios afectarán la disponibilidad hídrica en la región es esencial para tomar medidas adaptativas (ROTOPLAS, 2024). Además, la evaluación de la disponibilidad hídrica en un horizonte temporal extenso permite una planificación a largo plazo para garantizar que las decisiones actuales sean compatibles con las necesidades futuras de la cuenca del río Chillón y sus usuarios, tanto humanos como ambientales (OCDE, 2021).

La gestión adecuada del agua es esencial para el desarrollo humano y económico, especialmente en un contexto de cambio climático (Hanguk, 2019). La cuenca del río Chillón, en Perú, destaca como un área crucial para la seguridad hídrica de la ciudad de Lima, y la presa Chuchón, ubicada en esta cuenca, desempeña un papel vital en la regulación del caudal y el abastecimiento de agua potable (INGEMMET, 2021a). Sin embargo, la disponibilidad hídrica en esta presa se ve amenazada por factores como la variabilidad climática y la creciente demanda de agua. Por lo tanto, es fundamental evaluar su disponibilidad futura para garantizar una gestión sostenible del recurso en la región (ANA, 2019).

De acuerdo con la presente investigación no solo aborda la gestión del agua para satisfacer las demandas humanas, como el consumo, la agricultura y la industria, sino también la conservación del medio ambiente acuático. Al equilibrar las necesidades humanas con la preservación del ecosistema, se pueden promover beneficios sociales y económicos a largo plazo, como la seguridad alimentaria, la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas (BCM, 2022). Por lo tanto, la evaluación de la disponibilidad hídrica en la presa Chuchón proporciona una base sólida para desarrollar estrategias de gestión del agua que sean resilientes frente a los desafíos presentes y futuros, y que promuevan el bienestar general de la región.

Este artículo tiene como finalidad contribuir a la comprensión de la variabilidad natural del recurso hídrico y evaluar los efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua mediante un modelo dinámico de sistemas, utilizando Vensim para el modelamiento de la laguna Chuchón, en la cuenca del río Chillón, en un espacio temporal de 70 años (1980–2050). Los resultados de esta investigación proporcionarán información clave para la toma de decisiones en la gestión del agua y servirán de respaldo para la formulación de políticas de adaptación al cambio climático en el sector hídrico.

## 120 2 Materiales y Métodos

### 121 2.1 Lugar de Estudios

122 El área de estudio se centró en la microcuenca de la laguna Chuchón, ubi-  
 123 cada en la cabecera de la cuenca del río Chillón, en la región Lima, Perú. Esta la-  
 124 guna es un cuerpo de agua altoandino que actúa como un regulador natural del  
 125 flujo hídrico, contribuyendo significativamente al caudal del río Chillón, especial-  
 126 mente durante la estación seca. Las coordenadas geográficas aproximadas de la  
 127 laguna Chuchón son -11.65° de latitud y -76.43° de longitud, a una altitud superior  
 128 a los 4,500 m.s.n.m. La elección de este punto específico se debe a su papel crítico  
 129 como almacenamiento y fuente de agua en la parte alta de la cuenca.

130 La laguna chuchón se encuentra ubicada en la población campesina de San  
 131 Felipe de Cullhuay, aproximadamente a 44 km de Canta (Gautier, 2020). Ubicada a  
 132 una altitud de 4424 m.s.n.m., sus coordenadas se encuentran entre 11°22'10" de  
 133 latitud sur y 76°26'23" a la latitud norte, forma parte integral de la cuenca hi-  
 134 drográfica del río Chillón (Varas & Valcuende, 2021). Las cuencas de los ríos Rímac,  
 135 Lurín y Chillón albergan una variada flora y fauna, adaptada a las diferentes condi-  
 136 ciones climáticas y altitudes de cada región (GAP, 2024). En la cuenca del Chillón, la  
 137 flora incluye árboles como el aliso y la fauna cuenta con especies como el zorro  
 138 costeño, el gallinazo de cabeza roja y la boa de arena (Vilcapoma & Beltrán, 2018).  
 139 Hidrológicamente, Lima se encuentra sobre estas tres cuencas, con el Rímac, que  
 140 nace del nevado UCO y cubre 3,583 km<sup>2</sup>, el Lurín desde el nevado Surococha, cu-  
 141 briendo 1,698 km<sup>2</sup>, y el Chillón, que se origina en la laguna Chonta y abarca 2,444  
 142 km<sup>2</sup> (Espinoza et al., 2020; INGEMMET, 2021b). Las precipitaciones y características  
 143 hidrológicas varían significativamente entre ellas, siendo cruciales para la gestión  
 144 de los recursos hídricos de la región (SENAMHI, 2021). El Instituto Nacional de Es-  
 145 tadística e Informática (INEI) mediante el último censo realizado en el 2017 señala  
 146 que la Ciudad de Lima Metropolitana cuenta con 8 574 974 habitantes, en el que  
 147 se evidenció una tasa de crecimiento promedio de 1.2% respecto al censo 2007

148 **(Tabla 1) (Figura 1).**

149 **Tabla 1:** Población de la Lima Metropolitana por Cuencas Hidrográficas

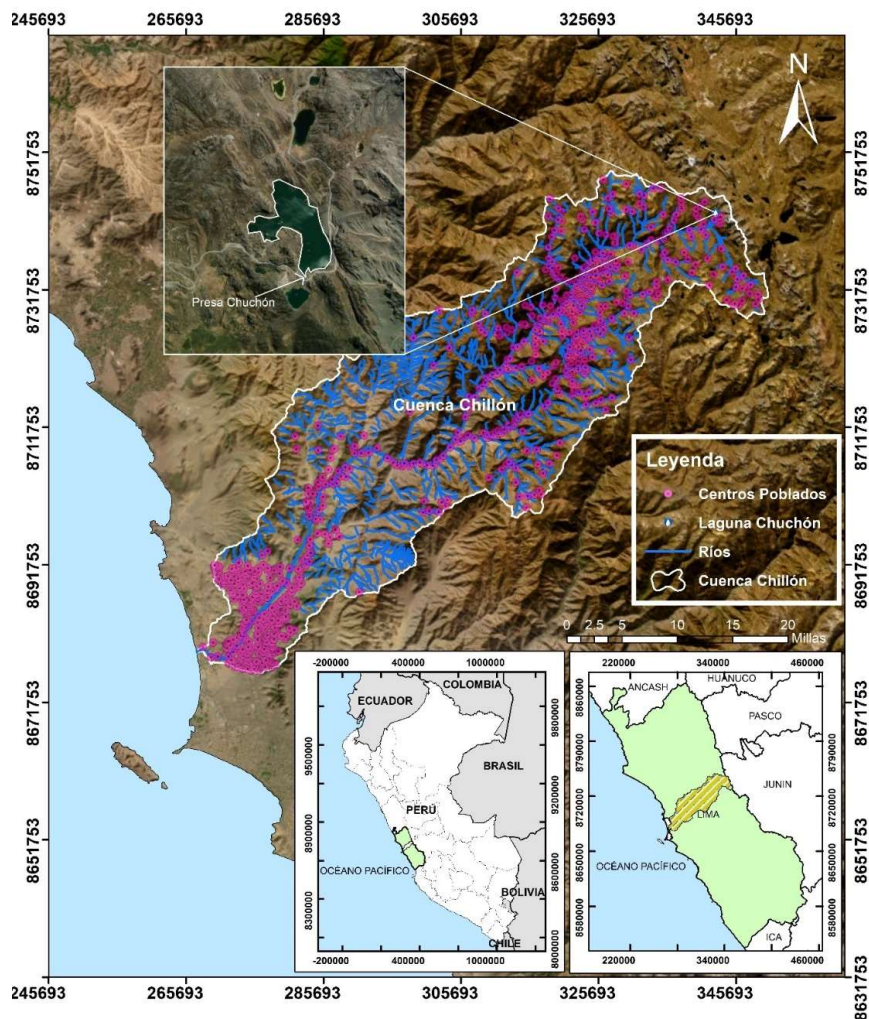
| Cuenca      | Distritos              | Población | Total     |
|-------------|------------------------|-----------|-----------|
| Río Chillón | Canta                  | 2 280     | 3 454 926 |
|             | Santa Rosa de Quives   | 27 863    |           |
|             | Carabayllo             | 333 045   |           |
|             | Comas                  | 520 450   |           |
|             | Puente Piedra          | 329 675   |           |
|             | San Martín de Porres   | 654 083   |           |
|             | Ventanilla             | 397 026   |           |
|             | Callao                 | 1 190 504 |           |
| Río Rímac   | Lima                   | 268 352   | 2 388 931 |
|             | San Juan de Lurigancho | 1 038 795 |           |



18

|           |                        |         |           |
|-----------|------------------------|---------|-----------|
|           | El agustino            | 198 862 |           |
|           | Lurigancho Chosica     | 240 814 |           |
|           | Ate                    | 599 196 |           |
| Rio Lurín | Chaclacayo             | 42 912  |           |
|           | Villa el Salvador      | 393 254 | 3 735 103 |
|           | Lurín                  | 89 195  |           |
|           | Pachacámac             | 110 071 |           |
|           | San Juan de Miraflores | 355 219 |           |

150



1

151 Figura 1: Ubicación del lugar de estudio  
 152 Fuente: Elaborado por los autores de la investigación

## 153 2.2 Metodología

154 La investigación siguió un enfoque de modelado dinámico de sistemas, que  
 155 constó de las siguientes fases: 1) Recolección y análisis de datos históricos, 2) Con-  
 156 ceptualización del sistema, 3) Construcción y validación del modelo en Vensim, 4)  
 157 Simulación de escenarios, y 5) Análisis de resultados. El modelado dinámico de  
 158 sistemas (System Dynamics, SD) es una metodología para comprender, simular y  
 159 predecir el comportamiento de sistemas complejos a lo largo del tiempo. Fue in-  
 160 troducida por Jay W. Forrester en el MIT en la década de 1960 (Quispe, 2019). Se  
 161 basa en representar retroalimentaciones (feedback loops), acumulaciones (stocks)  
 162 y flujos (flows). Permite analizar cómo las interacciones no lineales entre variables  
 163 generan patrones dinámicos como crecimiento, colapso, oscilaciones o estabilidad  
 164 (Elizondo-Noriega et al., 2019). Aplica en Modelado con Vensim en operaciones  
 165 dinámicas. Según, (Zúñiga et al., 2023) el diseño metodológico aplicado es del tipo  
 166 Investigación Experimental y diseño cuantitativa-correlacional, tuvo como finali-  
 167 dad conocer la relación o grado de asociación que existe entre dos o más varia-  
 168 bles, proporcionando conclusiones que serán fundamentales para la gestión  
 169 sostenible del recurso hídrico en la cuenca del río Chillón y áreas circundantes.

### 170 2.3 Técnica de Recolección de Datos

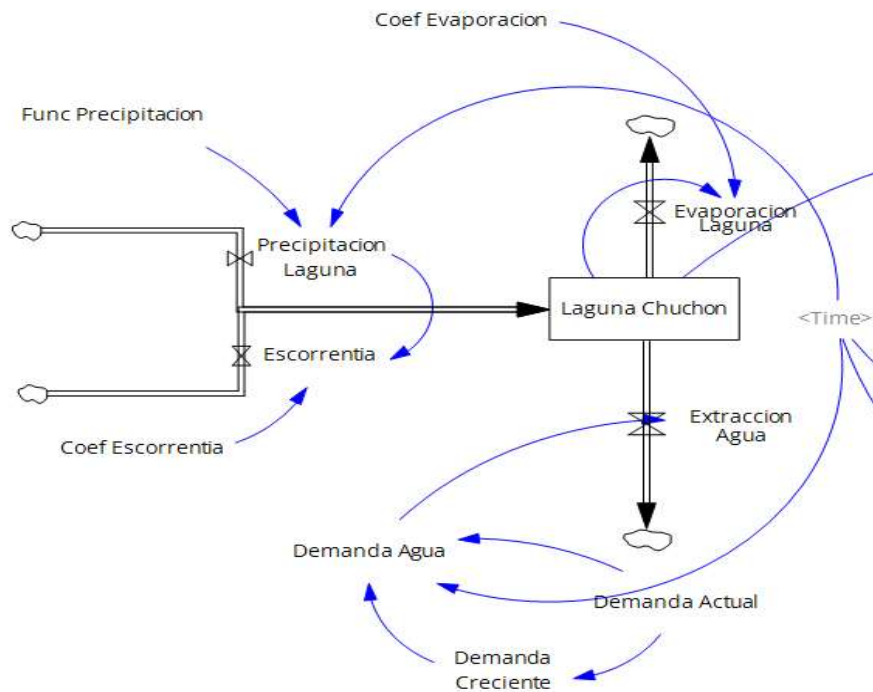
171 Se solicitó una base de datos de la estación hidrológica Pariacancha a la Au-  
 172 toridad Nacional del Agua (ANA) que corresponde a la parte alta de Canta, laguna  
 173 Chuchon. Con toda esta información, se realizó comparación estadística que per-  
 174 mitirá analizar las tendencias y variaciones en los datos hidrológicos y meteoro-  
 175 lógicos. Por último, se utilizó el software Vensim para simular el crecimiento del  
 176 caudal de la laguna en base a datos de precipitación mensual promedio de 20  
 177 años (VENSIM, 2024). La simulación se ejecutó en intervalos de un mes durante  
 178 240 meses, acumulando el volumen de agua mes a mes para observar la variación  
 179 a lo largo del tiempo.

### 16 180 2.4 Técnicas Estadísticas

181 Para el análisis de los datos de promedios mensuales obtenidos a lo largo de  
 182 240 meses, se comenzó aplicando una prueba de normalidad. En paralelo, se real-  
 183 izó una prueba de homogeneidad de varianzas, para determinar si las varianzas de  
 184 los promedios mensuales son homogéneas a lo largo del tiempo. En relación con  
 185 las pruebas de normalidad y homogeneidad, los datos cumplieron con ambos  
 186 supuestos y se procedió con una prueba paramétrica, para evaluar si existen  
 187 diferencias significativas entre los diferentes períodos analizados. Este enfoque  
 188 garantizó la robustez del análisis y la adecuada interpretación de las tendencias y  
 189 variaciones en los promedios mensuales a lo largo de los 240 meses.

### 1 190 2.5 Construcción de Modelo Dinámico de Sistemas

191 Se construyó un modelo Dinámico de Sistemas con en el software VEMSIM  
 192 PLE 10.3.2, tomando como variables principales a la escorrentía y precipitación de  
 193 la laguna Chuchón desde 1980 hasta el 2024, la proyección de esta hacia el 2050,  
 194 la cantidad de agua que abastece la alguna hacia el rio y la población adyacente,  
 195 entre otros.



196 Figura 2: Diagrama dinámico de sistemas para estimar el abastecimiento de  
 197 la laguna

198 En la **Figura 2** se observa la primera sección del modelo dinámico de siste-  
 199 mas, el cual representa el balance hídrico de la Laguna Chuchón. La entrada princi-  
 200 pal está conformada por la variable *Precipitación Laguna*, la cual depende de la  
 201 *Función de precipitación* y se incrementa proporcionalmente al *Coeficiente de Es-*  
 202 *correntía*, que transforma el agua de lluvia en aporte superficial. Por otro lado, se  
 203 encuentra la variable *Demanda de Agua*, que crece de manera progresiva con el  
 204 tiempo y está representada mediante la variable “*Demanda Creciente*”, la cual in-  
 205 crementa el valor de la *Demanda Actual*.

206 Las pérdidas de agua de la laguna se representan mediante la variable  
 207 Evaporación Laguna, que depende del Coeficiente de Evaporación, y mediante la  
 208 Extracción de Agua, la cual responde a la Demanda Actual. De esta manera, la vari-  
 209 able Laguna Chuchón refleja el estado del volumen de agua en función del bal-  
 210 ance entre las entradas (precipitación y escorrentía) y las salidas (evaporación y  
 211 extracción).

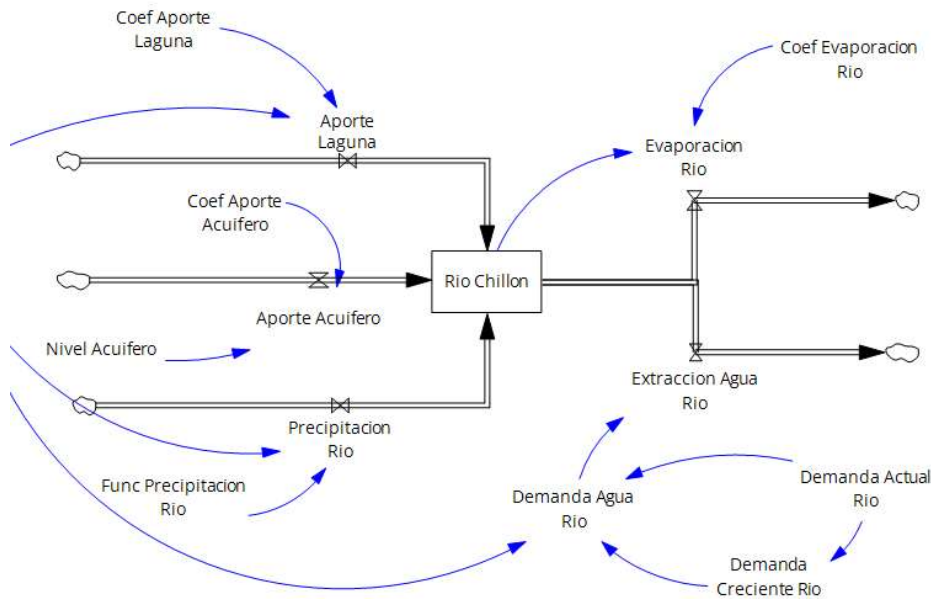


Figura 3: Diagrama dinámico de sistemas para estimar la materia orgánica generada por la población

En la **Figura 3** se presenta la segunda sección del modelo, correspondiente al Río Chillón, el cual recibe aportes de tres rutas principales: la primera ruta está representada por la variable *Aporte Laguna*, dependiente del *Coeficiente de Aporte Laguna*; la segunda ruta corresponde al *Aporte Acuífero*, que se regula por el *Coeficiente de Aporte Acuífero* y el *Nivel Acuífero*; finalmente, la tercera ruta está representada por la variable *Precipitación Río*, que depende directamente de la función de precipitación de la cuenca.

Las pérdidas del río están dadas por la *Evaporación Río*, que depende del *Coeficiente de Evaporación Río*, y por la *Extracción de Agua Río*, la cual responde al comportamiento de la *Demanda Actual Río*, determinada a su vez por el incremento progresivo de la *Demanda Creciente Río*.

De esta manera, el Río Chillón representa un reservorio dinámico que equilibra las entradas de agua superficial y subterránea con las pérdidas por evaporación y demanda.

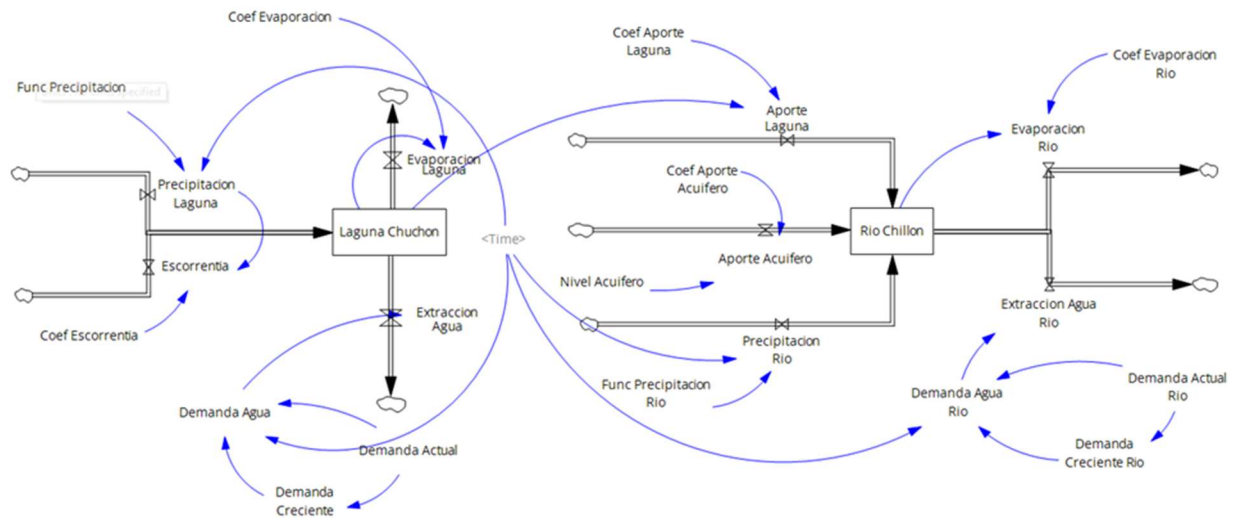


Figura 4: Modelo dinámico de sistemas para estimar población y M.O. vertida a la Bahía interior de Puno

La **Figura 4** presenta una vista general del modelo, en el que se integran las interacciones entre la Laguna Chuchón y el Río Chillón. Se observa que la laguna no solo recibe aportes por *Precipitación* y *Escorrentía*, sino que también transfiere parte de su caudal hacia el río mediante la variable *Aporte Laguna*, modulada por el *Coefficiente de Aporte Laguna*. Asimismo, el río complementa su caudal con los aportes *subterráneos del acuífero* y las *precipitaciones directas* en la cuenca.

En cuanto a las pérdidas, tanto la laguna como el río experimentan procesos de *Evaporación*, regulados por sus respectivos coeficientes y, además, ambos sistemas están sometidos a la presión de la *Extracción de agua* para satisfacer la creciente demanda. La demanda de la laguna y del río se representan mediante las variables *Demanda Creciente* y *Demanda Creciente Río*, que generan la *Demanda Actual* de cada reservorio.

Este modelo general permite evaluar el comportamiento integrado del sistema hídrico de la cuenca, considerando las interacciones entre los diferentes componentes (precipitación, escorrentía, aportes subterráneos y superficiales, evaporación y extracción de agua) para analizar escenarios futuros de disponibilidad hídrica frente al incremento de la demanda.

En la Tabla 2 se presenta el copilado de variables con las respectivas descripción y funciones para una mayor comprensión.

Tabla 2: Datos para el modelo de simulación de la disponibilidad hídrica en la laguna Chuchón y la cuenca del río Chillón

| Variable | Descripción y fuente de información | Valor |
|----------|-------------------------------------|-------|
|----------|-------------------------------------|-------|



|                                 |                                                                                                                                                                                                                     |                            |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Tiempo                          | Unidad temporal para la simulación                                                                                                                                                                                  | Inicial 1980<br>Final 2050 |
| Nivel Inicial                   | Valor inicial de la variable Stock de la laguna para el inicio de la simulación. Fuente: Valor asumido para la modelación.                                                                                          | 100 mm o m3                |
| Nivel Inicial Río               | Valor inicial de la variable Stock del río para el inicio de la simulación. Fuente: Valor asumido para la modelación.                                                                                               | 500 m3/s                   |
| Coefficiente de Escorrentía     | Proporción de la precipitación que se convierte en escorrentía. Fuente: Valor asumido o calibrado para el modelo. Puede basarse en estudios del Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA), actualmente ANA. | 0.3                        |
| Coefficiente de Evaporación     | Proporción de agua que se evapora de la laguna por unidad de tiempo. Fuente: Valor asumido o calibrado para el modelo.                                                                                              | 0.02                       |
| Demanda Actual                  | Extracción de agua actual desde la laguna. Fuente: Datos promedio de la demanda de agua en la cuenca, posiblemente proporcionados por la ANA.                                                                       | 10 m3/s o mm/mes           |
| Coefficiente Aporte Laguna      | Proporción del agua de la laguna que fluye hacia el río. Fuente: Valor asumido o calibrado para el modelo.                                                                                                          | 0.1                        |
| Nivel Acuífero                  | Nivel de la capa subterránea de agua. Fuente: Variable necesaria para el cálculo del aporte del acuífero.                                                                                                           | 200                        |
| Coefficiente De Aporte Acuífero | Proporción del agua subterránea que contribuye al río. Fuente: Valor asumido o calibrado para el modelo.                                                                                                            | 0.05                       |
| Coefficiente de Evaporación Río | Proporción de agua que se evapora del río por unidad de tiempo. Fuente: Valor asumido o calibrado para el modelo.                                                                                                   | 0.01                       |
| Demanda Actual Río              | Extracción de agua actual desde el río. Fuente: Datos promedio de la demanda del agua en el río, posiblemente proporcionados por la ANA.                                                                            | 50 m3/s                    |

Fuente: Elaborado por los autores de la investigación.

### 3 Resultados y Discusiones

Luego de haber armado el modelado dinámico del sistema “Modelamiento con Vensim de la disponibilidad hídrica en la laguna Chuchón, de la cuenca del río Chillón 1980 – 2050” con el software VEMSIM PLE 10.3.2l y analizar las variables asociadas a la problemática, se obtuvieron los siguientes resultados.

### 3.1 Análisis estadístico de consistencia de la información hidrométrica

En la siguiente tabla se muestra el análisis estadístico de consistencia de la información hidrométrica, basado en la estación climática de Pariacancha, como se presenta a continuación (Tabla 3).

Tabla 3. Análisis estadístico de consistencia de la información hidrométrica

| Variable              | Concentración | Media   | Desviación Estándar |
|-----------------------|---------------|---------|---------------------|
| Precipitación mensual | 1980 – 2024   | 1.48 mm | 0.60 mm             |

Fuente: Elaboración propia

Durante el período analizado de 45 años (1980-2024), la precipitación media mensual en la cuenca del río Chillón fue de 1.48 mm, con una desviación estándar de 0.60 mm. Estos resultados sugieren que el patrón de precipitación en el área de estudio ha sido notablemente consistente y de baja variabilidad.

La desviación estándar relativamente pequeña indica que los datos históricos se agrupan de manera estrecha alrededor de la media, lo cual es un indicador de predictibilidad hidrológica en el sistema. Esta estabilidad en la serie de datos de precipitación es un elemento crítico para la robustez del modelo de simulación en Vensim, ya que minimiza la incertidumbre de las variables de entrada y permite una proyección más fiable de la disponibilidad hídrica futura.

### 3.2 Escorrentía y Precipitación en la laguna Chuchón

Luego de ejecutar el modelo en VENSIM PLE se obtuvo como resultado que la laguna para el año 2050 contará con 6091,77 m<sup>3</sup>, representando esto un aumento 15.99 % a partir del 2024.

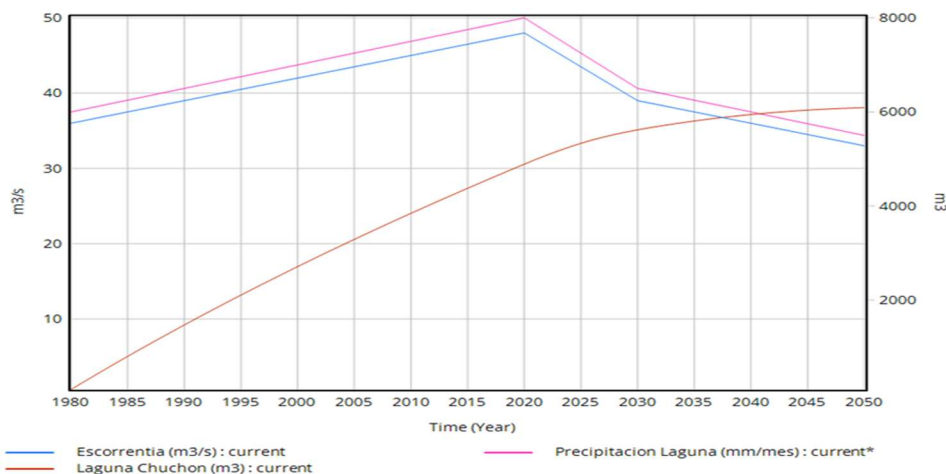


Figura 5: Relación de la escorrentía y precipitación con la laguna chuchón

Tabla 3: Variación de los parámetros en la laguna chuchón

| Time (Year)                      | 1980 | 2010    | 2020    | 2021    | 2024    | 2025    | 2030    | 2040    | 2049    | 2050    |
|----------------------------------|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Escorrentía (m <sup>3</sup> /s)  | 36   | 45      | 48      | 47.1    | 44.4    | 43.5    | 39      | 36      | 33.3    | 33      |
| Laguna Chuchón (m <sup>3</sup> ) | 100  | 3845.34 | 4889.48 | 4989.69 | 5255.37 | 5332.66 | 5620.18 | 5945.15 | 6084.15 | 6091.77 |
| Precipitación Laguna (mm/mes)    | 120  | 150     | 160     | 157     | 148     | 145     | 130     | 120     | 111     | 110     |

En la **Figura 5** y **Tabla 3** muestra las tendencias proyectadas para tres variables clave (precipitación, escorrentía y nivel de agua de la laguna) en la Laguna Chuchón entre 1980 y 2050. La precipitación y la escorrentía han mostrado tendencias crecientes desde 1980, alcanzando un máximo de 160 mm/año y 48 m<sup>3</sup>/s/año, respectivamente, en 2020. Posteriormente, disminuyen gradualmente hasta 110 mm/año y 33 m<sup>3</sup>/s/año, respectivamente, en 2050. Esta tendencia refleja el impacto del cambio climático: los períodos de mayor precipitación son seguidos por períodos más prolongados de disminución.

En contraste, el volumen de la laguna muestra una tendencia acumulativa. Entre 1980 y 2025, el volumen de la laguna aumentó rápidamente debido a la mayor disponibilidad de agua, combinada con un aumento de la precipitación y la escorrentía. Sin embargo, a partir de 2030, el aumento se desacelera, alcanzando aproximadamente 6091,77 m<sup>3</sup> en 2050. Esto refleja un aumento continuo, aunque a un ritmo cada vez más lento debido a los efectos combinados de la disminución de las precipitaciones y la escorrentía. En general, el modelo sugiere que la Laguna de Chuchón puede mantener su capacidad de almacenamiento de agua a corto y mediano plazo, pero que las condiciones climáticas y las presiones de la demanda a partir de 2030 podrían ponerla en riesgo de estrés hídrico para 2050.

Estos resultados son consistentes con los de otros estudios. (León Ochoa & Portuguese Murtua, 2019) confirmó un aumento de las precipitaciones durante ciertos períodos. Sin embargo, los escenarios futuros no mostraron disminuciones ni cambios significativos en la precipitación anual acumulada, sino solo ligeras fluctuaciones estacionales. Estas diferencias en la Laguna de Chuchón indican que los impactos del cambio climático no son uniformes en todo el país, sino que están determinados por la interacción de factores regionales, como la influencia de los fenómenos oceánicos y atmosféricos, y la geografía de la cuenca.

De igual manera, estudios internacionales confirman que la reducción de las precipitaciones tiene impactos directos en la seguridad hídrica y la producción. Por ejemplo, simulaciones climáticas en Ghana predicen que la producción agrícola se estancará para 2030 debido al agotamiento de los recursos hídricos, siendo la reducción de las precipitaciones uno de los principales factores (Kotir et al., 2016). Este contexto respalda las predicciones para la laguna de Chuchón, donde una disminución de los recursos hídricos después de 2030 representa una amenaza directa para la sostenibilidad de los recursos hídricos y, en última instancia, para las actividades agrícolas y socioeconómicas en la cuenca del río Chillón.

En este sentido, las tendencias observadas en la laguna de Chuchón no solo reflejan procesos internos de acumulación y desaceleración del agua, sino que



también se enmarcan en un panorama más amplio de vulnerabilidad climática reportado tanto a nivel nacional como internacional, lo que resalta la urgencia de una gestión integrada de los recursos hídricos ante escenarios de cambio climático.

### 3.3 Aportes hacia el río Chillón

En la **Figura 6** muestra que la precipitación presenta una tendencia variable: se observa un aumento gradual desde 1980 hasta un máximo de 600 mm/mes en 2020, seguido de una tendencia decreciente hasta 480 mm/mes en 2050. Este resultado indica que, en el escenario futuro, la precipitación podría disminuir, afectando directamente el proceso. En cuanto a la contribución de los acuíferos y lagunas, los resultados muestran valores muy bajos y casi constantes, lo que indica que su contribución directa a la disponibilidad hídrica de la cuenca es limitada en comparación con el caudal del río Chillón, que es principalmente un embalse de baja dinámica.

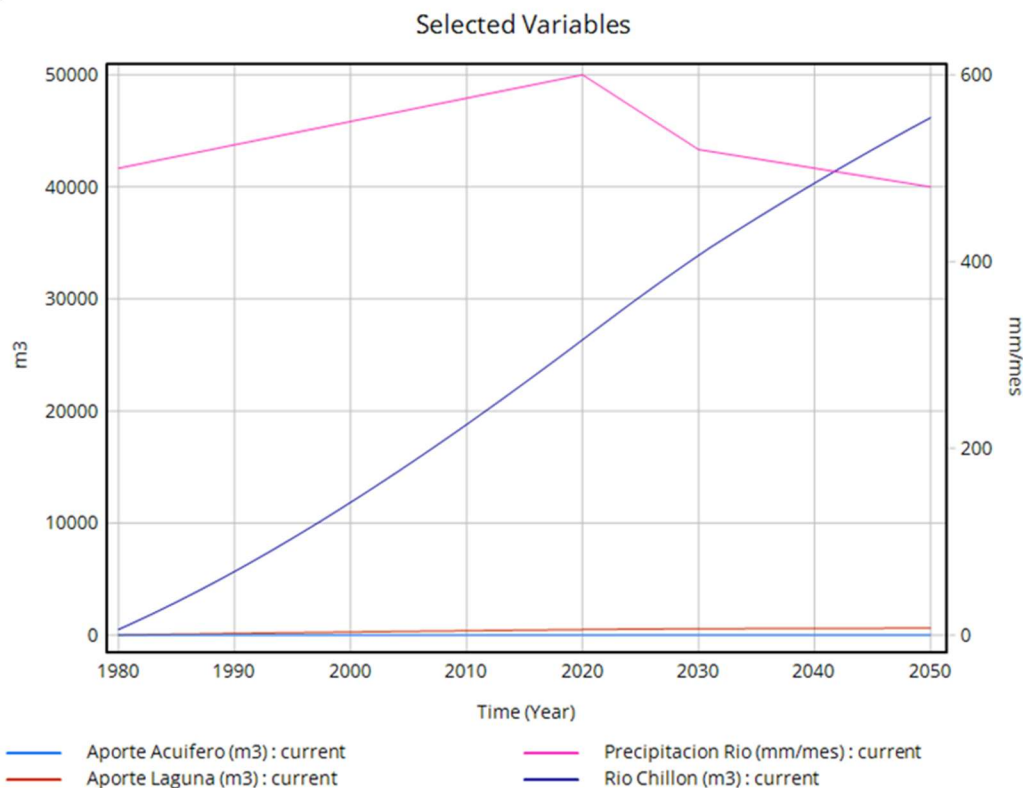


Figura 6: Diferentes aportes hacia el río Chillón

Tabla 4: Variación de aportes hacia el río chillón

| Time (Year) | Aporte Acuífero (m3/s) | Aporte Laguna (m3/) | Precipitación Río (mm/mes) | Río Chillón (m3) |
|-------------|------------------------|---------------------|----------------------------|------------------|
| 1980        | 10                     | 10                  | 500                        | 500              |

|      |    |         |     |         |
|------|----|---------|-----|---------|
| 2010 | 10 | 384.534 | 575 | 18787.3 |
| 2020 | 10 | 488.948 | 600 | 26356.7 |
| 2021 | 10 | 498.969 | 592 | 27142.1 |
| 2024 | 10 | 525.537 | 568 | 29461.1 |
| 2025 | 10 | 533.266 | 560 | 30220   |
| 2030 | 10 | 562.018 | 520 | 33884.7 |
| 2040 | 10 | 594.515 | 500 | 40332.7 |
| 2049 | 10 | 608.415 | 482 | 45611.8 |
| 2050 | 10 | 609.177 | 480 | 46166.1 |

334

335

336

337

338

339

340

341

342

15

343

344

Por otro lado, en la **Figura 6 y Tabla 4** el caudal del río Chillón muestra un crecimiento continuo durante el período de análisis, alcanzando un volumen de 46.166,1 m<sup>3</sup> en 2050. Esta tendencia lineal refleja que, según el modelo, la disponibilidad de agua superficial en el río aumentará. En general, los resultados muestran que la disponibilidad hídrica en la cuenca está dominada por el río Chillón, mientras que la laguna de Chuchón y el acuífero desempeñan un papel secundario en términos de aporte de volumen. Sin embargo, la tendencia a la baja de las precipitaciones después de 2020 es una señal de alerta, ya que podría comprometer la sostenibilidad de los recursos hídricos a mediano y largo plazo, reduciendo la capacidad reguladora de la laguna y limitando la recarga del acuífero.

345

346

347

348

349

350

351

352

353

La comparación de estos resultados con investigaciones similares muestra que el aumento de la descarga en escenarios futuros suele estar vinculado a la demanda de agua. Por ejemplo, en la cuenca del río Hangbu en China, se proyecta que la demanda de agua aumentará en 1.011 billones de m<sup>3</sup> entre 2031 y 2035, lo que sugiere que un caudal continuo no garantiza una mayor seguridad hídrica sin considerar la creciente presión sobre el consumo (Liu et al., 2022). Esto es relevante para la cuenca de Chillón, donde el aumento proyectado del caudal podría no traducirse en disponibilidad real si la demanda aumenta significativamente en las próximas décadas.

354

355

356

357

358

14

359

360

361

362

363

Además, simulaciones realizadas en la ciudad de Andahuaylas revelaron que para el año 2050, a medida que la población crece, la demanda de agua fluvial también aumentará, lo que generará un escenario de mayor presión sobre los recursos hídricos (Quispe, 2019). Este contexto refuerza las observaciones en la Laguna Chuchón y el Río Chillón: si bien el modelo sugiere un aumento en la disponibilidad superficial, la sostenibilidad dependerá del equilibrio entre la oferta y la demanda. En este contexto, la necesidad de implementar una gestión integrada de los recursos hídricos se hace realidad, considerando no solo los recursos naturales esperados, sino también escenarios de crecimiento poblacional, presiones agrícolas y cambios en los patrones de precipitaciones.

364

## 4 Conclusión

365

7

366

Se concluye que el modelo de dinámica de sistemas es una herramienta efectiva para representar la complejidad de la disponibilidad hídrica en la

cabecera de la cuenca del río Chillón. Se resaltando la importancia de incorporar este tipo de modelado en la planificación de recursos hídricos para garantizar la seguridad hídrica futura de Lima Metropolitana y los valles aledaños.

La modelización de la disponibilidad hídrica en la cuenca del río Chillón y la laguna de Chuchón entre 1980 y 2050 reveló cambios significativos en la dinámica de cada componente. Los resultados revelaron que, si bien el río Chillón experimentó un aumento sostenido de su caudal hasta mediados del siglo XXI, esta tendencia contrastó con una disminución gradual de la precipitación desde 2020, lo que podría comprometer la sostenibilidad de los recursos hídricos en el futuro.

La laguna de Chuchón desempeña un papel importante como regulador natural, pero la contribución de la laguna y el acuífero es menor en comparación con la del río. A pesar de la disminución de la precipitación y la escorrentía durante las últimas décadas del período de análisis, la laguna mantuvo e incluso aumentó su capacidad de almacenamiento de agua hasta estabilizarse alrededor de 2035-2050. Esto refleja la importancia estratégica de las lagunas para la mitigación del cambio climático y la seguridad hídrica en tiempos de crisis.

En general, los resultados indican que la cuenca se enfrenta a un escenario de disminución de los aportes naturales de agua relacionados con la precipitación y la escorrentía, lo que aumenta la vulnerabilidad hídrica. Sin embargo, la función de la Laguna Chuchón como sistema de almacenamiento natural ofrece importantes beneficios para la gestión y planificación de los recursos hídricos, destacando la necesidad de su conservación y gestión integral en preparación para posibles escenarios de cambio climático.

### 3 Referencias Bibliográficas

- ANA. (2019, November 15). ANA realiza supervisión a la laguna Chuchun en Canta. MIDAGRI. <https://www.ana.gob.pe/noticia/ana-realiza-supervision-la-laguna-chuchun-en-canta>
- AQUAE. (2021, August 11). Consumo de agua en el mundo. Fundación Aquae. <https://www.fundacionaquae.org/uso-del-agua-en-el-mundo/>
- Bárcena, A., Samaniego, J., Peres, W., & Alatorre, J. E. (2020). La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe. *Desarrollo Sostenible*. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/68d30fbe-9c44-4848-867f-59bbdec62992/content>
- BCM. (2022, December 7). Asegurar el futuro de todos mediante la biodiversidad. Biodiversity. <https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2022/12/07/securing-our-future-through-biodiversity>
- Denchack, M. (2023, February 11). La contaminación del agua: Todo lo que necesitas saber. NRDC. <https://www.nrdc.org/es/stories/contaminacion-agua-todo-lo-necesitas-saber>
- Elizondo-Noriega, A., Tiruvengadam, N., Güemes-Castorena, D., Tercero-Gómez, V. G., & Beruvides, M. G. (2019). System Dynamics Modeling of the Effects of the Decision to Purchase Industrial Robots on a Manufac-

- 409 turing Organization. 2019 *Portland International Conference on Manage-*  
 410 *ment of Engineering and Technology (PICMET)*, 1–9.  
 411 <https://doi.org/10.23919/PICMET.2019.8893874>
- 412 Espinoza, R. R., Fernandez Lliuya, L., Solano Meza, J. E., & Vila Vilcapoma, E. L.  
 413 (2020). *Características Climáticas de La Cuenca Lurín Que Determinan Sus*  
 414 *Índices Climatológico*. [https://es.scribd.com/document/478990040/CARACTERISTICAS-CLIMATICAS-DE-LA-CUENCA-LURIN-QUE-DETERMI-](https://es.scribd.com/document/478990040/CARACTERISTICAS-CLIMATICAS-DE-LA-CUENCA-LURIN-QUE-DETERMINAN-SUS-INDICES-CLIMATOLOGICOS-1)  
 415 [NAN-SUS-INDICES-CLIMATOLOGICOS-1](https://es.scribd.com/document/478990040/CARACTERISTICAS-CLIMATICAS-DE-LA-CUENCA-LURIN-QUE-DETERMINAN-SUS-INDICES-CLIMATOLOGICOS-1)
- 416 GAP. (2024). *Las cuencas de los Ríos Chillón, Rímac y Lurín (CHIRILU)*. OECD ILi-  
 417 brary Logo. [https://www.oecd-ilibrary.org/sites/f8e68642-es/in-](https://www.oecd-ilibrary.org/sites/f8e68642-es/index.html?itemId=/content/component/f8e68642-es)  
 418 [dex.html?itemId=/content/component/f8e68642-es](https://www.oecd-ilibrary.org/sites/f8e68642-es/index.html?itemId=/content/component/f8e68642-es)
- 419 Gautier, M. C. M. (2020). *Albergue laguna Chuchón, Canta - Lima*.  
 420 [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/han-](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/18851/GAUTIER_MONCADA_CAMILA%20_MARIA.pdf?sequence=4&isAllowed=y)  
 421 [dle/20.500.12404/18851/GAUTIER\\_MONCADA\\_CAMILA%20\\_MA-](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/18851/GAUTIER_MONCADA_CAMILA%20_MARIA.pdf?sequence=4&isAllowed=y)  
 422 [RIA.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/18851/GAUTIER_MONCADA_CAMILA%20_MARIA.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
- 423 Gil, A. G., & Cisneros, L. N. (2019). *Del dicho al hecho hay mucho trecho: Sobre la*  
 424 *gestión integrada del agua en el Perú*. [https://revistas.pucp.edu.pe/in-](https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/derechosociedad/article/view/20858)  
 425 [dex.php/derechosociedad/article/view/20858](https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/derechosociedad/article/view/20858)
- 426 Hanguk, Y. (2019). *El río que se quedó sin vida*. [https://re-](https://revistaidee.com/idee/content/el-r%C3%ADo-que-se-qued%C3%B3-sin-vida)  
 427 [vistaidee.com/idee/content/el-r%C3%ADo-que-se-qued%C3%B3-](https://revistaidee.com/idee/content/el-r%C3%ADo-que-se-qued%C3%B3-sin-vida)  
 428 [sin-vida](https://revistaidee.com/idee/content/el-r%C3%ADo-que-se-qued%C3%B3-sin-vida)
- 429 IDHP. (2009). *Viene de las alturas: disponibilidad y usos del agua*.  
 430 [https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migra-](https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/pe/parte2-cap3.pdf)  
 431 [tion/pe/parte2-cap3.pdf](https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/pe/parte2-cap3.pdf)
- 432 INGEMMET. (2021a). *Hidrogeología de la cuenca del río Chillón*. [https://reposi-](https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/3300/3/H012-Hidrogeologia_cuenca_rio_Chillon.pdf)  
 433 [torio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/3300/3/H012-Hidro-](https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/3300/3/H012-Hidrogeologia_cuenca_rio_Chillon.pdf)  
 434 [gelogia\\_cuenca\\_rio\\_Chillon.pdf](https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/3300/3/H012-Hidrogeologia_cuenca_rio_Chillon.pdf)
- 435 INGEMMET. (2021b). *Hidrología de la cuenca del río Lurín*. [https://reposito-](https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/3297/3/H011-Hidrogeologia_cuenca_rio_Lurin.pdf)  
 436 [rio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/3297/3/H011-Hidrogeo-](https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/3297/3/H011-Hidrogeologia_cuenca_rio_Lurin.pdf)  
 437 [logia\\_cuenca\\_rio\\_Lurin.pdf](https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/3297/3/H011-Hidrogeologia_cuenca_rio_Lurin.pdf)
- 438 Khokhar, T., & Taran, M. (2013, September 6). *Siete cosas que tal vez no sepa so-*  
 439 *bre el agua*. Banco Mundial.
- 440 Kotir, J. H., Smith, C., Brown, G., Marshall, N., & Johnstone, R. (2016). A system  
 441 dynamics simulation model for sustainable water resources manage-  
 442 ment and agricultural development in the Volta River Basin, Ghana. *Sci-*  
 443 *ence of The Total Environment*, 573, 444–457.  
 444 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.08.081>
- 445 León Ochoa, R. F., & Portuguese Maurtua, D. M. (2019). MODELACIÓN DE LA  
 446 DISPONIBILIDAD HÍDRICA DEL RIO PIURA - PERU, CONSIDERANDO LA  
 447 INCIDENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO. *Revista de Investigaciones Altoan-*  
 448 *dinas - Journal of High Andean Research*, 21(3), 182–193.  
 449 <https://doi.org/10.18271/ria.2019.476>
- 450 Liu, Y., Gao, C., Ji, X., Zhang, Z., Zhang, Y., Liu, C., & Wang, Z. (2022). Simulation  
 451 of water resources carrying capacity of the Hangbu River Basin based  
 452

- 453 on system dynamics model and TOPSIS method. *Frontiers in Environ-*  
 454 *mental Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1045907>  
 455 Louzada, C. (2020, November 26). *El agua, un recurso que se agota por el creci-*  
 456 *miento de la población y el cambio climático*. Nacines Unidas.  
 457 <https://news.un.org/es/story/2020/11/1484732>  
 458 Martínez Valdés, Y., & Villalejo García, V. M. (2018). *La gestión integrada de los*  
 459 *recursos hídricos: una necesidad de estos tiempos*. 39. [http://sci-](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1680-03382018000100005&script=sci_art-text&tlng=en)  
 460 [elo.sld.cu/scielo.php?pid=S1680-03382018000100005&script=sci\\_art-](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1680-03382018000100005&script=sci_art-text&tlng=en)  
 461 [text&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1680-03382018000100005&script=sci_art-text&tlng=en)  
 462 OCDE. (2021). *Gobernanza del Agua en Perú*. OCDE Publishing.  
 463 [https://www.oecd.org/content/dam/oecd/es/publications/re-](https://www.oecd.org/content/dam/oecd/es/publications/reports/2021/03/water-governance-in-peru_0980e96a/f826f55f-es.pdf)  
 464 [ports/2021/03/water-governance-in-peru\\_0980e96a/f826f55f-es.pdf](https://www.oecd.org/content/dam/oecd/es/publications/reports/2021/03/water-governance-in-peru_0980e96a/f826f55f-es.pdf)  
 465 ONU. (2021, March 22). *El agua es la base de la vida, pero está fuera del alcance*  
 466 *de 2000 millones de personas*.  
 467 [https://news.un.org/es/story/2021/03/1489832#:~:text=Los%20da-](https://news.un.org/es/story/2021/03/1489832#:~:text=Los%20da-tos%20de%20la%20ONU,menos%20un%20mes%20al%20a%C3%B1o)  
 468 [tos%20de%20la%20ONU,menos%20un%20mes%20al%20a%C3%B1o](https://news.un.org/es/story/2021/03/1489832#:~:text=Los%20da-tos%20de%20la%20ONU,menos%20un%20mes%20al%20a%C3%B1o).  
 469 Pérez-Campomanes, G., & Iannacone, J. (2020). Imapcto del cambio climático  
 470 en la disponibilidadde las aguassuperficiales en sudamerica. *Paideia*  
 471 *XXI*, 10(1), 173–202. <https://doi.org/10.31381/paideia.v10i1.2981>  
 472 Quintero, J. (2020, April 22). *El agua, parte del problema, pero también de la*  
 473 *solución ante el cambio climático*. Naciones Unidas.  
 474 <https://news.un.org/es/story/2020/03/1471492>  
 475 Quispe, J. P. (2019). *Modelo de simulacion para predecir el abastecimiento de*  
 476 *agua potable en la ciudad de Andahuaylas, al 2050*. [https://reposito-](https://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/4882/1/TM%20E47_Por.pdf)  
 477 [rio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/4882/1/TM%20E47\\_Por.pdf](https://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/4882/1/TM%20E47_Por.pdf)  
 478 Rossi, J. B., Fleischmann, A. S., Laipelt, L., de Andrade, B. C., & Ruhoff, A. (2024).  
 479 How much evaporation occurs in Brazilian reservoirs? A multi-model  
 480 perspective. *Journal of South American Earth Sciences*, 140, 104899.  
 481 <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2024.104899>  
 482 ROTOPLAS. (2024, April 21). *Cambio climático: ¿Cómo afecta la disponibilidad*  
 483 *de agua?* ROTOPLAS Publishing. [https://blog.rotoplas.com.pe/cambio-](https://blog.rotoplas.com.pe/cambio-climatico-como-afecta-la-disponibilidad-de-agua/)  
 484 [climatico-como-afecta-la-disponibilidad-de-agua/](https://blog.rotoplas.com.pe/cambio-climatico-como-afecta-la-disponibilidad-de-agua/)  
 485 SENAMHI. (2021). Monitoreo de lluvias en la Cuenca del río Rímac. *Ministerio*  
 486 *Del Ambiente*.  
 487 Varas, C. M. N., & Valcuende, del R. J. M. (2021). Mitos y rituales en torno al  
 488 agua en la comunidad andina de Cullhuay: de La Viuda al cambio  
 489 global. *Estudios Atacameños*, 67, e3398.  
 490 <https://doi.org/10.22199/issn.0718-1043-2021-0001>  
 491 VENSIM. (2024). *Ventana systems*. <https://vensim.com/>  
 492 Vilcapoma, G., & Beltrán, H. (2018). Las asteráceas de la cuenca del río Chillón  
 493 (Canta, Lima, Perú). *Ecología Aplicada*, 17(2), 171.  
 494 <https://doi.org/10.21704/rea.v17i2.1237>  
 495 Zúñiga, P. I. V., Cedeño, R. J. C., & Palacios, I. A. M. (2023). Metodología de la in-  
 496 vestigación científica: guía práctica. *Ciencia Latina Revista Científica Mul-*  
 497 *tidisciplinar*, 7(4), 9723–9762. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i4.7658](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7658)

498