

Contenido

I. Multisectorial	3
Componente de peligros	3
1. Sequías	3
2. Lluvias intensas	5
3. Aumento en promedios de temperatura del aire	7
4. Retroceso glaciar	9
5. Relieve y geomorfología/Cobertura vegetal/Características del suelo y subsuelo	10
6. Estabilidad geológica de la laguna	13
7. Volumen de la laguna	14
8. Distancia del glaciar a la laguna	15
Componente de vulnerabilidad- sensibilidad biofísica	16
10. Regulación hídrica	16
11. Estado de conservación de ecosistemas	19
12. Presencia de ofedales en la red hídrica afectada	19
13. Calidad del agua	19
Componente de vulnerabilidad- sensibilidad socioeconómica	20
14. Articulación institucional e inclusiva para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos	21
Componente de vulnerabilidad- capacidad adaptativa	21
15. Planificación e información para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos	21
16. Operatividad de Sistemas de Alerta Temprana	22
17. Atención de puntos críticos en ríos y quebradas	23
18. Medidas de protección y mitigación ante los peligros de la cuenca	23
II. Uso agrario	24
Componente de exposición	24
19. Usuarios del agua con fines agropecuarios	24
20. Infraestructura hidráulica de riego	24
21. Áreas de cultivos y pasturas naturales	24
22. Cabezas de ganado	25
Componente de vulnerabilidad- sensibilidad biofísica	25

23. Demanda de agua de los cultivos	25
Componente de vulnerabilidad- sensibilidad socioeconómica	25
24. Eficiencia de riego	25
25. Eficiencia en la recaudación y administración de los sectores hidráulicos	26
26. Formalización de los derechos del uso del agua agrario	26
27. Desarrollo Humano	26
28. Participación de la mujer en la actividad agropecuaria	27
Componente de vulnerabilidad- capacidad adaptativa	27
29. Conocimiento para el aprovechamiento sostenible del agua	27
30. Conocimiento para la gestión de riesgo de desastres	28
31. Infraestructura hidráulica y natural para el almacenamiento y distribución del agua	28
III. Uso poblacional	29
Componente de exposición	29
32. Usuarios del agua con fines poblacionales	29
33. Infraestructura para la provisión del servicio de agua potable	30
Componente de vulnerabilidad- sensibilidad socioeconómica	31
34. Demanda de agua para uso poblacional	31
Componente de vulnerabilidad - capacidad adaptativa	31
35. Medidas del Prestador de Servicio para la mitigación y adaptación frente al peligro	31
IV. Uso energético	32
Componente de exposición	32
36. Usuarios del servicio energético	32
37. Infraestructura hidroenergética y eléctrica	32
Componente de vulnerabilidad- sensibilidad biofísica	33
38. Potencial hidroeléctrico	33
Componente de vulnerabilidad- sensibilidad socioeconómica	33
39. Demanda de energía eléctrica	33
Componente de vulnerabilidad- capacidad adaptativa	33
40. Eficiencia en la generación hidroenergética	33

41. Capacidad de regulación hídrica para la producción hidroenergética	34
42. Medidas para la protección de la generación, transmisión y distribución de la electricidad	35

I. Multisectorial

Componente de peligros

1. Sequías

Indicador óptimo: Intensidad y frecuencia de SPI

Nota: Toma en cuenta que este índice se adicionará con la variable de retroceso glaciar para estimar el índice de peligro de disminución de caudal, en aquellos distritos con masas glaciares de la cuenca. Para calcular el índice de peligro de sequías, este indicador será el único empleado.

- Descarga o solicita información diaria de precipitación en la página web del SENAMHI. Para el periodo histórico, usar la información grillada de la base de datos PISCO y para el periodo futuro, los escenarios climáticos oficiales del SENAMHI, los cuales se encuentran en un formato shapefile o netCDF. En el caso de obtener información del periodo de referencia derivada de modelos climáticos y corregida con la base de datos grillada PISCO, el procedimiento es válido y sigue los mismos pasos que se describen a continuación. Ten en cuenta que los periodos de referencia pueden variar según la finalidad de cada estudio y es importante identificarlo en descarga o solicitud de la misma.
- Calcula el periodo actual, que será el promedio entre los años 1981-2010.
- La información a futuro será promediada por un lapso de 30 años. Por ejemplo, si la proyección es al 2030, entonces el promedio se realizará entre 2016-2045, mientras que si la proyección es al 2050, será el promedio entre 2036-2065.
- Realiza el cálculo del Índice Estandarizado de Precipitación - SPI en base a la precipitación acumulada mensual (Las unidades son milímetros por mes). Si tuvieras datos diarios (mm/día), realiza la sumatoria de la precipitación diaria para obtener el acumulado del mes.
- El SPI es un índice calculable en algunos software o paquetes de herramientas como R con el uso de algunos paquetes como: [RClimdex](#), [ClimIndVis](#), [climpact](#).
- Otra forma de calcularla es usando la fórmula de SPI teórico, donde primero se realiza el ajuste a una distribución gamma detallada en SENAMHI (2019).

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right)$$

$$\hat{\beta} = (\bar{x} / \hat{\alpha}) \quad (2.2)$$

Donde α y β son los parámetros de la distribución y pueden ser estimados con un proceso iterativo.

Donde \bar{x} es la precipitación promedio y A es:

$$A = \ln(\bar{x}) - n^{-1} \sum \ln(x)$$

Además, la probabilidad acumulada G(x) se calcula con:

$$G(x) = \frac{1}{\Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^x t^{\hat{\alpha}-1} e^{-t} dt$$

Donde t es x/β y $\Gamma(\alpha)$, la función gamma de alfa.

La probabilidad de la precipitación en cero $q=P(x=0)$ viene a ser positiva, entonces la función probabilidad acumulada se convierte en:

$$H(x) = q + (1 - q)G(x)$$

Donde q es la probabilidad $x=0$, es decir, la frecuencia de ocurrencia de $x=0$ en todas las series observadas. Cuando son transformadas en función de distribución estándar normal, el SPI se expresa como.

$$SPI = \begin{cases} -\left(t - \frac{c_0+c_1+c_2t^2}{1+d_1t+d_2t^2+d_3t^3}\right), & t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{H(x)^2}\right)}, & 0 < H(x) \leq 0.5 \\ t - \frac{c_0+c_1+c_2t^2}{1+d_1t+d_2t^2+d_3t^3}, & t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{(1-H(x))^2}\right)}, & 0.5 < H(x) \leq 1 \end{cases}$$

Donde las constantes equivalen a: $c_0 = 2.515517$, $c_1 = 0.802853$, $c_2 = 0.10328$, $d_1 = 1.432788$, $d_2 = 0.189269$ y $d_3 = 0.001308$.

- Luego de obtener los cálculos del SPI, categoriza los valores en base a su intensidad de acuerdo al criterio (OMM, 2012). Recuerda que este cálculo se realiza para cada punto de grilla en la región de interés.

Definición	Criterio	Escala de Intensidad
Extremadamente seco	$SPI < -2.0$	Muy Alta (4)
Severamente seco	$-2.0 \leq SPI < -1.5$	Alta (3)
Moderadamente seco	$-1.5 \leq SPI < -1.0$	Media (2)

normal	$-1.0 \leq \text{SPI} < 0.0$	Baja (1)
--------	------------------------------	----------

- Para el cálculo de la frecuencia, considerar los valores de SPI menores a -1.0 para todos los puntos de grilla y cuenta el número de veces que ocurrió el evento para cada punto de grilla.
- Determina el nivel de peligro haciendo un cruce de intensidad y frecuencia determinado previamente.

		Peligro			
Frecuencia	Muy alta	Medio	Alto	Muy alto	Muy alto
	Alta	Medio	Alto	Alto	Muy alto
	Media	Bajo	Medio	Alto	Alto
	Baja	Bajo	Bajo	Medio	Medio
		Baja	Media	Alta	Muy alta
		Intensidad			

Fuente: MIDAGRI (2019)

- Es importante recalcar que las operaciones se realizan primero por punto de grilla (la mínima unidad de análisis), y posteriormente, para el cálculo del riesgo final, es necesario hacer una evaluación y cálculo a nivel distrital. En ocasiones, cuando la resolución espacial es muy gruesa o supera el área de un distrito, será necesario hacer un resampleo de la información grillada original, el cual puede ser realizado a través del método de el “Nearest neighbor” mediante herramientas de los Sistemas de Información Geográfica - SIG o programación en lenguajes como Python o R.
- El valor final será el resultado de un conteo de todos los puntos de grilla (por categoría) que se encuentran dentro del distrito. Existen algunos criterios a considerar:
 - Primero: Si una sola categoría tiene más del 60% de puntos, el valor del distrito asume dicha categoría.
 - Segundo: Para todos los distritos que no hayan cumplido con el primer criterio y si solo existen 2 categorías, el valor final será la categoría que representa mayor peligro.
 - Tercero: Para los distritos que no hayan cumplido los 2 primeros criterios, consiste en obtener el promedio ponderado de la cantidad de puntos con sus respectivos valores por categoría.

2. Lluvias intensas

Indicador óptimo: Intensidad y frecuencia de lluvias

Nota: Toma en cuenta que este indicador se adicionará con el de la variable Relieve y geomorfología/Cobertura vegetal/Características del suelo y subsuelo, para estimar los índices de peligro de movimientos en masa e inundaciones.

- Descarga o solicita información diaria de precipitación en la página web del SENAMHI. Para el periodo histórico, usar la información grillada de la base de datos PISCO y para el periodo futuro, los escenarios climáticos oficiales del SENAMHI, los cuales se encuentran en un formato shapefile o netCDF. En el caso de obtener información del periodo de referencia derivada de modelos climáticos y corregida con la base de datos grillada PISCO, el procedimiento es válido y sigue los mismos pasos que se describen a continuación. Ten en cuenta que los periodos de referencia pueden variar según la finalidad de cada estudio y es importante identificarlo en descarga o solicitud de la misma.
- Calcula el periodo actual, que será el promedio entre los años 1981-2010
- La información a futuro será promediada por un lapso de 30 años. Por ejemplo, si la proyección es al 2030, entonces el promedio se realizará entre 2016-2045, mientras que si la proyección es al 2050, será el promedio entre 2036-2065.
- Calcula en el periodo actual (1981-2010) el indicador “CWD” o “máximo número de días húmedos consecutivos con lluvias superiores a 0.1mm” para determinar la frecuencia y el índice “R95p” o “precipitación total anual superior al percentil 95” del catálogo de indicadores de extremos en el contexto de cambio climático del ETCCDI. Ambos se pueden calcular en herramientas de programación como R con el uso de algunos paquetes como: [RClimdex](#), [ClimIndVis](#), [climpact](#).
- Después de obtener ambas series (CWD y R95p), ubica el mínimo y máximo valor de del R95p y CWD, luego utiliza los cuantiles para determinar cuatro rangos con los puntos de los cuartiles 0,25 (Q1); 0,50 (Q2) y 0,75 (Q3).

Indicador (Ind)	Escala de Intensidad
$Ind \geq Q3$	Muy Alta (4)
$Q2 \leq Ind < Q3$	Alta (3)
$Q1 \leq Ind < Q2$	Media (2)
$Ind < Q1$	Baja (1)

- Con estos rangos calculados, categoriza cualitativamente también los periodos futuros 2030 y 2050 de la serie de datos correspondientes (intensidad y frecuencia terminados por los índices R95p CWD respectivamente).
- Es importante recalcar que las operaciones se realizan primero por punto de grilla (la mínima unidad de análisis), y posteriormente, para el cálculo del riesgo final, es necesario hacer una evaluación y cálculo a nivel distrital. En ocasiones, cuando la resolución espacial es muy gruesa o supera el área de un distrito, será necesario hacer un resampleo de la información grillada original, el cual puede ser realizado a través del método de el “Nearest neighbor” mediante herramientas de los Sistemas de Información Geográfica - SIG o programación en lenguajes como Python o R.

- El valor final será el resultado de un conteo de todos los puntos de grilla (por categoría) que se encuentran dentro del distrito. Existen algunos criterios a considerar:
 - Primero: Si una sola categoría tiene más del 60% de puntos, el valor del distrito asume dicha categoría.
 - Segundo: Para todos los distritos que no hayan cumplido con el primer criterio y si solo existen 2 categorías, el valor final será la categoría que representa mayor peligro.
 - Tercero: Para los distritos que no hayan cumplido los 2 primeros criterios, consiste en obtener el promedio ponderado de la cantidad de puntos con sus respectivos valores por categoría

Indicador óptimo: Factor erosividad (R)

Nota: Toma en cuenta que este indicador se adicionará con el de la variable Relieve y geomorfología/Cobertura vegetal/Características del suelo y subsuelo, para estimar el índice de peligro de incremento de la erosión hídrica del suelo.

- Solicita información de la precipitación mensual y anual de los escenarios climáticos oficiales y vigentes al SENAMHI en el periodo futuro (2030 y 2050) con sus respectivos periodos de referencia. Para el periodo histórico, usar la información grillada de la base de datos PISCO que puede ser descargada de la página web oficial. Es importante resaltar que para este factor, se requieren de los valores absolutos (mm/mes y mm/año), y no los escenarios en términos de cambios porcentuales.
- Calcula el factor de erosividad (R), teniendo en cuenta que la información será promediada por un lapso de 30 años en el periodo actual y futuro. El factor R se calcula de la siguiente manera:

$$R = \sum_{i=1}^{12} 1.735 \times 10^{(1.5 \log_{10}(P_i^2/p) - 0.08188)}$$

Donde:

i= Meses del año

Pi= Precipitación mensual acumulada en mm

p= Precipitación anual acumulada en mm

3. Aumento en promedios de temperatura del aire

Indicador proxy: Cambio en la temperatura media anual

Nota: Toma en cuenta que este indicador se adicionará con el de las variables Estabilidad geológica de la laguna, Volumen de la laguna, Pendiente de la masa glaciar y Distancia del glaciar a la laguna, para estimar el índice de peligro de aluviones por retroceso glaciar, solo en aquellos distritos que cuenten con masa glaciares.

- Descarga o solicita información de la temperatura media del aire en la página web del SENAMHI. Para el periodo histórico, usar la información grillada de la base de datos PISCO y para el periodo futuro, los escenarios climáticos oficiales del SENAMHI, los cuales se encuentran en un formato shapefile o netCDF. En el caso de obtener información del periodo de referencia derivada de modelos climáticos y corregida con la base de datos grillada PISCO, el procedimiento es válido y sigue los mismos pasos que se describen a continuación. Ten en cuenta que los periodos de referencia pueden variar según la finalidad de cada estudio y es importante identificarlo en descarga o solicitud de la misma.
- Si se tuviera las variables temperatura máxima y mínima, procede a hacer la media aritmética entre ambas para obtener los valores medios. Es mejor realizar este paso con los datos promedios finales, es decir, aplicar la media entre el mapa final de temperatura máxima. Es importante notar que si se tuvieran valores diarios, se realiza primero un promedio mensual y finalmente un promedio anual.
- Calcula el periodo actual, que será el promedio entre los años 1981-2010.
- La información a futuro será promediada por un lapso de 30 años. Por ejemplo, si la proyección es al 2030, entonces el promedio se realizará entre 2016-2045, mientras que si la proyección es al 2050, será el promedio entre 2036-2065.
- Calcula los cambios, que será la resta entre el periodo actual y periodo de referencia, así como la resta entre el periodo futuro y el periodo de referencia.
- El nivel de peligro será categorizado de la siguiente forma:

Nivel de Peligro	Cambio de la temperatura media anual (°C)
Muy Alto	>2.0°C
Alto	1.5- 2.0°C
Medio	1.0– 1.5°C
Bajo	<1.0°C

- Determina el nivel de peligro haciendo un cruce de intensidad y frecuencia determinado previamente.

		Peligro			
Frecuencia	Muy alta	Medio	Alto	Muy alto	Muy alto
	Alta	Medio	Alto	Alto	Muy alto
	Media	Bajo	Medio	Alto	Alto
	Baja	Bajo	Bajo	Medio	Medio
		Baja	Media	Alta	Muy alta
		Intensidad			

Fuente: MIDAGRI (2019)

- Es importante recalcar que las operaciones se realizan primero por punto de grilla (la mínima unidad de análisis), y posteriormente, para el cálculo del riesgo final, es necesario hacer una evaluación y cálculo a nivel distrital. En ocasiones, cuando la resolución espacial es muy gruesa o supera el área de un distrito, será necesario hacer un resamplio de la información grillada original, el cual puede ser realizado a través del método de “Nearest neighbor” mediante herramientas de los Sistemas de Información Geográfica - SIG o programación en lenguajes como Python o R.
- El valor final será el resultado de un conteo de todos los puntos de grilla (por categoría) que se encuentran dentro del distrito. Existen algunos criterios a considerar:
 - Primero: Si una sola categoría tiene más del 60% de puntos, el valor del distrito asume dicha categoría.
 - Segundo: Para todos los distritos que no hayan cumplido con el primer criterio y si solo existen 2 categorías, el valor final será la categoría que representa mayor peligro.
 - Tercero: Para los distritos que no hayan cumplido los 2 primeros criterios, consiste en obtener el promedio ponderado de la cantidad de puntos con sus respectivos valores por categoría
- El índice final sólo será aplicado a distritos con masas glaciarias, es decir, se considera el mapa de cobertura glaciaria en el Perú de INAIGEM¹ realizada en los años 1989 y 2018.

4. Retroceso glaciario

Indicador óptimo: Índice de Retroceso Glaciario (IRG)

Nota: Toma en cuenta que este indicador se adicionará con el de la variable Sequías, para estimar el índice de peligro de disminución de caudal, solo en aquellos distritos con masas glaciarias de la cuenca. Para el peligro de aluviones por retroceso glaciario, el indicador nos ayudará a conocer si el peligro persiste para los escenarios 2030 y 2050.

- La tasa de retroceso glaciario (TasaR) puede ser obtenida a través de la siguiente fórmula:

¹ <https://inaigem.gob.pe/web2/geoportal/>

$$TasaR = \frac{T_{\tilde{E} \tilde{A}} - T_{\tilde{E} \tilde{B}}}{\tilde{E} \tilde{A} - \tilde{E} \tilde{B}} \text{ (km/año ó Ha/año)}$$

Donde $T_{\tilde{E} \tilde{A}}$ y $T_{\tilde{E} \tilde{B}}$ son los valores del contenido de masa glaciar de acuerdo al inventario de INAIGEM en cada año respectivamente.

- Seguido de ello, se calcula el factor RGl_x (Retroseso Glaciar al año proyectado x) para conocer la cantidad de masa glaciar presente y se encuentra en función a la TasaR y se determina de la siguiente forma:

$$RGl_x = T_{\tilde{E} \tilde{A}} - (TasaR * (x - \tilde{E} \tilde{A}))$$

Donde x será el año centrado proyectado (2030, 2050). Sus unidades se encuentran en km/año ó Ha/año.

- Toma en cuenta que si se obtiene un valor negativo, este se interpreta como ausencia completa de glaciar, por lo que si al 2030 presenta valores negativos, en consecuencia el siguiente horizonte proyectado será igualmente negativo y no será un peligro relevante en el peligro ante aluviones por ejemplo.
- El factor RGl_x será estandarizado para finalmente obtener un índice final de retroseso glaciar denominado IRG.

$$IRG = \frac{T_{\tilde{E} \tilde{A}} - \min(TasaR)}{\max(TasaR) - \min(TasaR)}$$

Donde $\max(TasaR)$ y $\min(TasaR)$ corresponden al máximo y mínimo valor calculado de la TasaR de los distritos con masa glaciar dentro de la cuenca.

- Finalmente, considera que el indicador final tendrá que ser evaluado en base al peligro y la relación que tenga con el mismo. Por ejemplo, si para el año 2030 existen 20 Ha/año de superficie glaciar y hacia el 2050, la estimación indica que perdería toda la masa, entonces el peligro por aluviones ya no es relevante y por tanto, el peligro o categoría que le corresponde será igual a lo peligro bajo. Este análisis debe realizarse paso a paso por distrito y peligro.
- El caso de peligros por disminución de caudal, tiene una lógica antagónica al de aluviones, dado que si la masa glaciar disminuye o desaparece, entonces el peligro se hace más relevante.

5. Relieve y geomorfología/Cobertura vegetal/Características del suelo y subsuelo

a. Indicador óptimo: Susceptibilidad a movimientos en masa

- Descarga de Geocatmin², información espacial del Mapa de Susceptibilidad a Movimientos en Masa Regional.
- Adecúa los datos a los límites de los distritos que comprenden la cuenca.
- Calcula el porcentaje del área que ocupa cada nivel de susceptibilidad por distrito con la ayuda de SIG. En este cálculo, considera como una sola área o clase, a los niveles de susceptibilidad muy baja y baja.
- Calcula el nivel de susceptibilidad a movimientos en masa a nivel distrital con la siguiente fórmula:

$$MM = \frac{(\%A_{muy\ baja\ y\ baja} \times 1) + (\%A_{media} \times 2) + (\%A_{alta} \times 3) + (\%A_{muy\ alta} \times 4)}{(\%A_{muy\ baja\ y\ baja} + \%A_{media} + \%A_{alta} + \%A_{muy\ alta})}$$

Donde:

MM = Susceptibilidad a movimientos en masa a nivel distrital

%A = Área del nivel de susceptibilidad en el distrito

- Redondea el resultado anterior, de modo que sólo se tengan valores entre el 1 al 4.
- Adiciona esta información con el índice de la variable “intensidad y frecuencia de lluvias intensas (número 2 de esta lista) para obtener el índice de Peligro.

b. Indicador óptimo: Susceptibilidad a inundación fluvial

- Descarga de Geocatmin³, información espacial del Mapa de Susceptibilidad por Inundación Fluvial Regional.
- Adecúa los datos a los límites de los distritos que comprenden la cuenca.
- Calcula el porcentaje del área que ocupa cada nivel de susceptibilidad por distrito con la ayuda de SIG.
- Calcula el nivel de susceptibilidad a inundaciones fluviales a nivel distrital con la siguiente fórmula:

$$INUN = \frac{(\%A_{muy\ bajo\ o\ nulo} \times 1) + (\%A_{bajo} \times 2) + (\%A_{moderado} \times 3) + (\%A_{alto} \times 4)}{(\%A_{muy\ bajo\ o\ nulo} + \%A_{bajo} + \%A_{moderado} + \%A_{alto})}$$

Donde:

INUN = Susceptibilidad a inundaciones a nivel distrital

%A = Área del nivel de susceptibilidad en el distrito

- Redondea el resultado anterior, de modo que sólo se tengan valores entre el 1 al 4.
- Adiciona esta información con el índice de la variable “intensidad y frecuencia de lluvias intensas (número 2 de esta lista) para obtener el índice de Peligro.

c. Indicador óptimo: Susceptibilidad del suelo a la erosión hídrica

² <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>

³ <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>

Factor cobertura vegetal

- Descargar del Geoservidor⁴ del Minam el raster de Cobertura y uso de la tierra del Mapa de cobertura y uso de tierras del Perú.
- Adecuar los datos a los límites de los distritos que comprenden la cuenca.
- Asignar los siguientes valores de acuerdo a la clasificación de cobertura y uso de suelo:

Cobertura		Valor Factor C
Cuerpos de Agua	Cuerpo de agua Glaciar	0 0
Agropecuario	Agricultura Cultivo anual perenne Cultivo semi-perenne Mosaico de cultivos Mosaico en agricultura y/o pasto Uso agropecuario	0.63 0.25 0.25 0.63 0.25 0.63
Bosque	Bosque / Formación forestal Bosque abierto / Formación sabánica Bosque inundable Bosque natural Formación forestal Bosque plantado Manglar	0.003 0.009 0 0.003 0.003 0.13 0
Ecosistemas no forestales	Formación campestre o sábana Pastos Formación natural no forestal Formación natural no forestal inundable	0.09 0.03 0.22 0
Sin cobertura vegetal	Playa o duna Afloramiento rocoso Área sin vegetación	0.5 1 1
Otros usos antrópicos	Acuicultura Infraestructura urbana Minería	0 0.5 0.7

Factor de prácticas de conservación

- Descargar del Geoservidor⁵ del Minam el GDEM ASTER de las zonas que comprenden la cuenca.

⁴ <https://geoservidor.minam.gob.pe>

⁵ <https://geoservidor.minam.gob.pe>

- Aplicar la corrección por sumideros al GDEM ASTER con la herramienta fill del Arc Toolbox de ArcGIS con el fin de obtener consistencia hidrológica al momento de generar el mapa de pendientes.
- Reclassificar según los siguientes valores:

Pendiente (%)	Contorno	Cultivos en franjas	Terrazas
0.0 - 7.0	0.55	0.27	0.10
7.0- 11.3	0.60	0.30	0.12
11.3 17.6	0.80	0.40	0.16
17.6- 26.8	0.90	0.45	0.18
>26.8	1	0.50	0.20

Factor topográfico (LS) y factor de erodabilidad (K)

- Solicita al SENAMHI, Sub Dirección de Estudios e Investigaciones Hidrológicas, información sobre estos factores en formato raster (resolución espacial de 90 m), del estudio Atlas de producción de sedimentos del Perú: una evaluación presente y futura.
- Remuestrea el píxel de los raster a 30 m para su procesamiento con los demás factores.
- Para el cálculo final del peligro de incremento de la erosión hídrica del suelo, en SIG procesa los raster generados para cada factor con la siguiente fórmula⁶:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

Donde:

A = cálculo del promedio espacial y temporal de pérdida de suelo por unidad de área (ton ha-1 año-1)

R = erosividad de lluvia (MJ mm ha-1 h-1 año-1)

K = erodabilidad del suelo (ton ha h ha-1 MJ-1 mm-1)

LS = factor topográfico, producto de la longitud de pendiente (L) y pendiente del terreno (S)

C = cobertura vegetal y usos de suelo

P = prácticas de conservación de apoyo a la pérdida del suelo.

- Halla por distrito el índice del peligro incremento de la erosión hídrica del suelo a través del cálculo del promedio de A, con la ayuda de la herramienta “estadísticas zonales como tabla”.

⁶ <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/261>

- Reclassifica los resultados obtenidos en 4 con el método de cortes naturales y asignando a cada una de estas nuevas clases puntajes del 1 al 4.

6. Estabilidad geológica de la laguna

Indicador óptimo: Geología de la zona frontal de la laguna

- Descarga información disponible de los mapas geológicos con la escala fina (por ejemplo, 50 K) del GEOCATMIN⁷ de INGEMMET.
- Revisa esta información en SIG en conjunto con el shapefile de lagos y lagunas del Mapa Nacional de Ecosistemas del MINAM, ubicando la zona frontal de la laguna.
- En base a la descripción geológica y con apoyo de un experto en la temática, asigna los siguientes valores a los distritos con presencia de masas glaciares, según el tipo de material que se encuentre en la zona frontal de las lagunas:

Zona frontal	Valor
Macizo rocoso intrusivo	0
Macizo rocoso sedimentario/metamórfico	0.25
Depósito cuaternario/Macizo rocoso	0.50
Depósito cuaternario glaciárico	0.75
Otro tipo de depósito cuaternario	1

7. Volumen de la laguna

Indicador óptimo: Volumen de la laguna glaciar

- En base al volumen de las lagunas que se hallen bajo el glaciar, asigna los siguientes valores a los distritos que cuenten con masas glaciares:

Volumen de la laguna (m ³)	Valor
Mayor a 50 Mm ³	1
20 Mm ³ a 50 Mm ³	0.75

10 Mm ³ a 20 Mm ³	0.50
Menos 10 Mm ³	0.25

8. Distancia del glaciar a la laguna

- Calcula buffers de 5 m, 100 m, 500 m y 3 km a la superficie glaciar por distrito con el shapefile de glaciares de INAIGEM⁸ en SIG.
- Calcula el área de la intersección de este buffer con la superficie de las lagunas y lagos del Mapa Nacional de Ecosistemas de MINAM⁹ en SIG.
- Reclassifica los valores de los distritos teniendo en cuenta las siguientes distancias que presentan entre el buffer de glaciares y sus lagunas:

Distancia	Valor
0 - 5 m	1
5 - 100 m	0.75
100 - 500 m	0.5
500 m - 3000 m	0.25
Sin glaciar	0

9. Pendiente de la masa glaciar

- Extrae los datos de la pendiente de la superficie glaciar por distrito con el shapefile de glaciares de INAIGEM¹⁰ y un raster de elevación¹¹ en SIG.
- Halla el valor de la pendiente que más se repite dentro de la superficie glaciar distrital, con la ayuda de la herramienta “estadísticas zonales como tabla” en SIG, opción majority.
- Reclassifica los resultados teniendo en cuenta los siguientes rangos de pendiente:

Pendiente (°)	Valor
Mayor a 40	1
Entre 20 y 40	0.75
Entre 10 y 20	0.5
Menor a 10	0.25

⁸ <https://inaigem.gob.pe/web2/geoportal/>

⁹ <https://gervidor.minam.gob.pe/recursos/intercambio-de-datos/geos>

¹⁰ <https://inaigem.gob.pe/web2/geoportal/>

¹¹ https://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/download_raster.aspx

Componente de vulnerabilidad- sensibilidad biofísica

10. Regulación hídrica

Indicador óptimo: índice de retención hídrica

Retención en cuerpos de agua superficiales (R.CA)

- Descarga las capas de información espacial: inventario de glaciares (INAIGEM)¹², ecosistemas lagos y lagunas (MINAM)¹³, y acuíferos (ANA)¹⁴.
- Calcula el porcentaje del área que representa la unión de todas estas capas por distrito con respecto al área distrital total en SIG.
- Unir la información generada del porcentaje de cuerpos de agua al shape de distritos para luego poder procesar la información uniformemente.
- Halla la retención hídrica de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos (R.CA), reclasificando los porcentajes en 10 con el método de cortes naturales y asignando a cada una de estas nuevas clases puntajes del 1 al 10.

Retención en acuíferos (R.Ac)

- Descarga información espacial del Mapa Hidrogeológico Nacional ¹⁵.
- Convierte la capa de hidrogeología a formato raster (píxel de 30x30m), considerando los siguientes valores para los píxeles de las 4 clases de permeabilidad (CONDESAN, 2021)¹⁶:

Permeabilidad	Valor	Normalizado
Impermeable	No data	No data
Muy baja	1	3
Baja / Muy baja	2	5
Media	3	8
Alta	4	10

Retención en el suelo (R.S)

Carbono orgánico en el suelo:

- Descarga información del contenido de carbono orgánico en el suelo a nivel nacional (g/kg) a una profundidad de 30 cm (banda b30) del catálogo de datos de Google Earth Engine, producto OpenLand Map¹⁷.

¹² <https://inaigem.gob.pe/web2/geoportal/>

¹³ <https://geoservidor.minam.gob.pe/recursos/intercambio-de-datos/>

¹⁴ <http://catalogo.geoidep.gob.pe:8080/metadata/srv/api/records/d2dc1ef0-5997-45fd-9b99-4b6aead68cb0>

¹⁵ <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>, en caso de encontrar un mapa a nivel regional, utilizarlo.

¹⁶ Se asume que una permeabilidad elevada genera mayores condiciones de infiltración y recarga de acuíferos, y con ello una menor vulnerabilidad en la cuenca.

¹⁷ [OpenLandMap Soil organic carbon content | Earth Engine Data Catalog](#)

- Modifica el tamaño del píxel del mapa de carbono orgánico en el suelo a 30x30 m.
- Reclassifica los píxeles del mapa de carbono orgánico con método de cortes naturales en 10 clases.
- Promedia el raster reclassificado de carbono orgánico con el raster de texturas para obtener la retención hídrica del suelo.

Textura del suelo:

- Descarga la información de clases de textura del suelo a nivel nacional a una profundidad de 30 cm (banda b30) del catálogo de datos de Google Earth Engine, producto OpenLand Map¹⁸.
- Modifica el tamaño del píxel del mapa de textura del suelo a 30x30 m.
- Las clases texturales del producto tienen asignados valores del 1 al 12 en raster, donde los más próximos a 1 son suelos que contienen mayor porcentaje de arcilla y los más próximos a 12, mayor porcentaje de arena. Reclassifica estos valores asignándoles estos nuevos puntajes (CONDESAN, 2021):

Suelo	Valor	Normalizado
Arcilla	1	1
Arcillo limosa	2	2
Arcillo arenosa	3	3
Franco arcillosa	4	3
Franco arcillo limosa	5	4
Franco arcillo arenosa	6	5
Franca	7	6
Franco limosa	8	7
Franco arenosa	9	8
Limosa	10	8
Areno francosa	11	9
Arenosa	12	10

Promedia el raster reclassificado de texturas de suelo con el raster de carbono orgánico para obtener la retención hídrica del suelo.

¹⁸ [OpenLandMap Soil texture class \(USDA system\)](#)

Factor pendiente (R.P)

- Descarga modelos digitales de elevación (DEM)¹⁹ del área de los distritos de la cuenca.
- Une los raster descargados en SIG.
- Genera un ráster de pendientes en grados en SIG, empleando la herramienta de geoprocésamiento “pendiente”.
- Reclasifica el raster anterior en una escala del 1 al 10²⁰:

Pendiente	Valor
0 - 7.1	10
7.1- 11.5	9
11.5 16	6
16- 20.4	5
20.4 - 24.7	4
24.7- 29	3
29 - 33.6	2
> 33.6	1

Retención de la vegetación (R.V)

- Descarga información sobre el índice de área foliar del sensor MODIS²¹ para un periodo no menor de 5 años.
- Calcula la mediana de los raster descargados, generando un nuevo raster con este cálculo.
- Modifica el tamaño del píxel del último raster generado a 30x30m.
- Reclasifica los valores del raster con el método de cortes naturales en 10 clases, asignando puntajes del 1 al 10.
- Promedia en SIG los raster de Retención en cuerpos de agua superficiales (R.CA), Retención en acuíferos (R.Ac), Retención en el suelo (R.S), Factor pendiente (F.P), y Retención de la vegetación (R.V), generando un nuevo raster con dicho cálculo.
- Halla por distrito el índice de retención hídrica a través del cálculo del promedio, con la ayuda de la herramienta “estadísticas zonales como tabla”. Los valores del índice variarán en una escala del 1 al 10.
- Normaliza los resultados distritales con la fórmula de máximos y mínimos.

¹⁹ https://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/download_raster.aspx

²⁰ Se asigna el valor más alto (10) a las pendientes más suaves y el segundo valor más alto (9) hasta una pendiente de 11.5 (pendiente crítica). En adelante, se disminuye la valoración de la pendiente bajo la lógica de que a mayor inclinación del terreno, menor infiltración del agua (CONDESAN, 2021).

²¹ https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/MODIS_061_MCD15A3H?authuser=2&hl=en#bands

11. Estado de conservación de ecosistemas

Indicador óptimo: Índice de degradación de ecosistemas prioritarios

- Descarga del GeoServidor del MINAM²² información espacial más reciente de áreas degradadas y del Mapa Nacional de Ecosistemas.
- Solicita al SERFOR información espacial del Mapa de sitios prioritarios para la restauración de la región o distritos que conforman la cuenca.
- Calcula en SIG el área de la unión de las capas de áreas degradadas del MINAM y sitios prioritarios para la restauración de SERFOR - prioridad de restauración muy alta, alta y media.
- Halla en SIG el área que abarcan los ecosistemas bosque basimontano de Yunga, bosque montano de Yunga, bosque altimontano (pluvial) de Yunga, pajonal de puna húmeda, pajonal de puna seca, bosque relicto altoandino (queñoal y otros), páramo, bofedal, Jalca, lago y laguna, zona periglaciaria y glaciaria, de la capa del Mapa Nacional de Ecosistemas.
- Divide el área de los ecosistemas degradados entre el área de los ecosistemas prioritarios para la regulación hídrica por distrito.
- Normaliza los resultados de la degradación de ecosistemas prioritarios con la fórmula de máximos y mínimos.

12. Presencia de bofedales en la red hídrica afectada

Indicador proxy: Longitud de la red hídrica afectada por drenaje ácido de roca que recorre bofedales en buen estado

- Delimita la red hídrica afectada por el drenaje ácido de roca (DAR), considerando las nacientes de origen glaciaria hasta la confluencia con otro curso de agua que disminuya la alteración de las propiedades físico-químicas del agua en SIG.
- Calcula la longitud de la red hídrica afectada por DAR que cruza a través de bofedales en SIG.
- Divide la longitud de la red hídrica afectada por DAR que cruza los bofedales entre la longitud total de la red hídrica afectada.
- Normaliza los resultados con la fórmula de máximos y mínimos.

13. Calidad del agua

a. Indicador óptimo: Índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales- ICARHS (Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales)

- Descarga del SNIRH o solicita a la Autoridad Local del Agua (ALA) información sobre la evaluación de ICARHS Categoría 3 de la cuenca.
- Suma todos los valores de ICARHS por distrito y divide entre el número total de muestras.
- En base a los siguientes criterios y siendo χ , el resultado obtenido en el paso anterior, asigna los puntajes a los distritos que comprenden la cuenca:

²² <https://gervidor.minam.gob.pe/recursos/intercambio-de-datos/geos>

Criterio	Puntaje
$\bar{\sim} < \chi \leq \bar{i}\bar{i}$	0
$\bar{i}\bar{i} < \chi \leq \bar{<}\bar{i}$	0.25
$\bar{<}\bar{i} < \chi \leq \bar{\epsilon}\bar{\theta}$	0.5
$\bar{\bar{a}}\bar{\sim} < \chi \leq \bar{\theta}$	0.75
$\bar{\theta} < \chi \leq \bar{I}\bar{I}\bar{\sim}$	1

b. Indicador óptimo: Índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales- ICARHS (Categoría 1: Poblacional y recreacional)

- Descarga del SNIRH o solicita a la Autoridad Local del Agua (ALA), información sobre la evaluación de ICARHS Categoría 1 de la cuenca.
- Suma todos los valores de ICARHS por distrito y divide entre el número total de muestras.
- En base a los siguientes criterios y siendo χ , el resultado obtenido en el paso anterior, asigna los puntajes a los distritos que comprenden la cuenca:

Criterio	Puntaje
$\bar{\sim} < \chi \leq \bar{i}\bar{i}$	0
$\bar{i}\bar{i} < \chi \leq \bar{<}\bar{i}$	0.25
$\bar{<}\bar{i} < \chi \leq \bar{\epsilon}\bar{\theta}$	0.5
$\bar{\bar{a}}\bar{\sim} < \chi \leq \bar{\theta}$	0.75
$\bar{\theta} < \chi \leq \bar{I}\bar{I}\bar{\sim}$	1

c. Indicador óptimo: Valoración de la producción de sedimentos de la cuenca

- Utiliza el método de cálculo de los factores R descrito en la variable lluvias intensas ubicado en el numeral 2 de este documento, y los factores k, LS, C y P de la variable Relieve y geomorfología/ Cobertura vegetal/ Características del suelo y subsuelo (Susceptibilidad del suelo a la erosión hídrica) ubicado en el numeral 5. Este resultado solo aplica para el sector energético.

Componente de vulnerabilidad - sensibilidad socioeconómica

14. Articulación institucional e inclusiva para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos

Indicador óptimo: Establecimiento del Consejo de Gestión de Recursos Hídricos en cuencas

- Consulta al Consejo de Recursos Hídricos de la Cuenca (CRHC) o busca en ~~la~~ ^{la} página web de la ANA²³, información sobre el establecimiento del CRHC.
- Si la cuenca no cuenta con un CRHC asigna el valor de 0 a todos los distritos que comprenda la cuenca.
- Si la cuenca tiene establecido el CRHC asigna el valor de 0.6 y si cumple las condiciones señaladas sobre la participación de los grupos vulnerables en el establecimiento del CRHC, suma los siguientes puntajes:

Participación de grupos vulnerables (mujeres, comunidades campesinas y nativas, pueblo afroperuano y jóvenes)	Puntaje
Si existe CRHC y el 30% de los integrantes del consejo en pleno son mujeres.	0.20
Si existe CRHC y se encuentran representadas las comunidades campesinas y nativas en el consejo en pleno.	0.10
Si existe CRHC y se encuentra representado el pueblo afroperuano en el consejo en pleno ²⁴ .	0.05
Si existe CRHC y se encuentra representada la juventud (18- 29 años) en el consejo en pleno.	0.05

Componente de vulnerabilidad - capacidad adaptativa

15. Planificación e información para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos

Indicador proxy: Avance en la elaboración del Plan de Gestión de Recursos Hídricos de la cuenca

- Consulta al CRHC o busca en la página web de la ANA²⁵, información sobre los avances en la elaboración del Plan de Gestión de Recursos Hídricos de la cuenca.
- En base a los siguientes criterios, asigna los puntajes a los distritos que comprenden la cuenca:

Avance en la elaboración del Plan de Gestión de Recursos Hídricos de la cuenca	Puntaje
--	---------

²³ <https://www.ana.gob.pe/nosotros/planificacion-hidrica/plan-gestion-cuencas>

²⁴ Si en el ámbito de la cuenca no existe la presencia del pueblo afroperuano sumar el puntaje a la representación de las comunidades campesinas y nativas.

²⁵ <https://www.ana.gob.pe/nosotros/planificacion-hidrica/plan-gestion-cuencas>

El CRHC no tiene ningún avance en la formulación del Plan de Gestión de Recursos Hídricos.	0
El CRHC cuenta con algún avance en la elaboración del Plan de Gestión de Recursos Hídricos.	0.5
El CRHC cuenta con el Plan de Gestión de Recursos Hídricos aprobado.	1

16. Operatividad de Sistemas de Alerta Temprana

Indicador proxy: Índice de densidad de estaciones de la red de monitoreo hidrometeorológico en la cuenca

- Solicita al SENAMHI, información sobre las estaciones pluviométricas que se encuentran en funcionamiento en la cuenca.
- Divide el área de la cuenca en km² entre la densidad mínima de estaciones en km² sugerida por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), es decir, 250 km²²⁶. De acuerdo a la OMM, se recomienda contar con 1 estación por cada 250 km².
- Divide el número de estaciones que se encuentran funcionando en la cuenca entre el resultado obtenido en el cálculo anterior.
- Asigna el índice obtenido por cuenca a todos sus distritos correspondientes.

Indicador óptimo: Nivel de operatividad de Sistemas de Alerta Temprana

- Solicita información al SENAMHI o al Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), sobre el número de Sistemas de Alerta Temprana (SAT) que se encuentran en la cuenca y su operatividad.
- En base a los siguientes criterios, asigna los puntajes a los distritos que comprenden la cuenca:

Nivel de operatividad de Sistemas de Alerta Temprana	Puntaje
Si la cuenca no tiene SAT frente al peligro.	0
Si la cuenca tiene un SAT pero no opera.	0.5
Si la cuenca tiene SAT y opera.	0.75
Si la cuenca tiene SAT, opera y forma parte de la Red Nacional de Alerta Temprana (RNAT).	1

²⁶ Se sigue la metodología adoptada en el documento "Priorización de cuencas para la Gestión de los Recursos Hídricos" (ANA, 2016). <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/205>

17. Atención de puntos críticos en ríos y quebradas

Indicador óptimo: Porcentaje de puntos críticos en riberas de río o quebradas protegidos ante el peligro

- Solicita a las Unidades ejecutoras de los Gobiernos Locales o Regionales información sobre el número de puntos críticos atendidos e información sobre el número total de puntos críticos identificados a la ANA.
- Suma todos los puntos críticos atendidos por distrito, así como el total de puntos críticos identificados por la ANA.
- Divide los puntos críticos atendidos entre el total de puntos críticos identificados y multiplica por 100.
- Normaliza los resultados con la fórmula de máximos y mínimos.

18. Medidas de protección y mitigación ante los peligros en la cuenca

Indicador proxy: Porcentaje de proyectos de inversión pública ejecutados y en ejecución que ayudana la mitigación de los peligros en la cuenca

- Solicita información a los Gobiernos Locales, Regionales, MIDAGRI y ANA, sobre el número total de proyectos de la cartera del sector y el número de proyectos ejecutados y/o en ejecución que ayudan a la mitigación de los peligros en la cuenca.
- Divide el número de proyectos ejecutados y/o en ejecución entre el número total de los proyectos de la cartera del sector, y multiplica el resultado por 100.
- En base a los siguientes criterios y siendo χ , el porcentaje de proyectos ejecutados y en ejecución, asigna los puntajes a los distritos que comprenden la cuenca:

Criterio	Puntaje
$\chi < \Pi'$	0
$\Pi' \leq \chi < , \sim'$	0.25
$, \sim' \leq \chi < i \sim'$	0.5
$i \sim' \leq \chi < \tilde{a} \sim'$	0.75
$X \geq \tilde{a} \sim'$	1

II. Uso agrario

Componente de exposición

19. Usuarios del agua con fines agropecuarios

Indicador óptimo: Número de productores agropecuarios

- Descarga de la base de datos REDATAM - CENAGRO 20 12²⁷, información sobre el número de productores por sexo y a nivel distrital. Para encontrar estos datos, dirígete a la sección de Características del productor agropecuario y selecciona Perfil del productor agropecuario.
- Sistematiza la información en base a los distritos que comprende la cuenca. Para ello, suma el número de las y los productores agropecuarios por cada distrito.
- Normaliza los resultados obtenidos en el paso anterior con la fórmula de máximos y mínimos para su agregación en la estimación de la exposición.
- Observación:
 - En el caso de los distritos que fueron creados con posterioridad a la fecha del Censo Agropecuario 20 12, toma como referencia los datos del distrito de origen.

20. Infraestructura hidráulica de riego

Indicador óptimo: Número de infraestructura hidráulica de riego expuesta a peligros climáticos

- Descarga información espacial sobre la infraestructura hidráulica que se encuentra en la cuenca de la plataforma del Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos (SNIRH)²⁸.
- Suma el total de infraestructura hidráulica expuesta producto del paso anterior por distrito.
- Normaliza los resultados del número de la infraestructura expuesta con la fórmula de máximos y mínimos, entre todos los distritos que conforman la cuenca.

21. Áreas de cultivos y pasturas naturales

Indicador óptimo: Número de hectáreas de tierras agrícolas y pasturas naturales

- Descarga del Geoservidor del MINAM²⁹, información espacial sobre el Mapa Nacional de Ecosistemas (MINAM, 20 18) y del Sistema Integrado de Estadística Agraria (SIEA)³⁰, información espacial del Mapa Nacional de Superficie Agrícola del Perú (MIDAGRI, 20 20).

²⁷ <http://censos.inei.gob.pe/Cenagro/redatam/#>

²⁸ <https://snirh.ana.gob.pe/observatorioSNIRH/>

²⁹ <https://geoservidor.minam.gob.pe/recursos/intercambio-de-datos/>

³⁰ <https://siea.midagri.gob.pe/portal/informativos/superficie-agricola-peruana>

- A partir del Mapa Nacional de Ecosistemas (MINAM, 2018), extrae la información de los ecosistemas de bofedal, pajonal de puna húmeda y seca para trabajar en SIG.
- Combina en SIG la información obtenida en el paso anterior con la capa del área de superficie agrícola por distrito.
- Normaliza los resultados del área de tierras agrícolas y pasturas naturales con la fórmula de máximos y mínimos, entre todos los distritos que conforman la cuenca.

22. Cabezas de ganado

Indicador óptimo: Número de cabezas de la producción pecuaria

- Descarga de la base de datos REDATAM - CENAGRO 2012³¹, información sobre el número de población pecuaria a nivel distrital. Para encontrar estos datos, dirígete a la sección de Existencia de ganado, aves, otros animales y colmenas.
- Sistematiza la información en base a los distritos que comprende la cuenca. Para ello, suma el número de cabezas de la producción de vacunos, ovinos, porcinos, caprinos, alpacas y llamas por cada distrito.
- Normaliza los resultados obtenidos en el paso anterior con la fórmula de máximos y mínimos, entre todos los distritos que conforman la cuenca.

Componente de vulnerabilidad- sensibilidad biofísica

23. Demanda de agua de los cultivos

Indicador proxy: Índice del volumen de agua otorgados para fines agrarios

- Descarga del SNIRH³² o solicita a la Autoridad Local del Agua (ALA), información sobre el volumen y área de los derechos de uso de agua agrario otorgados.
- Suma todos los volúmenes de derechos de agua otorgados por cada distrito. Realiza el mismo cálculo para las áreas de los derechos de uso de agua.
- Divide el volumen de agua otorgado entre el área a nivel distrital.
- Normaliza los resultados del volumen de agua otorgado para fines agrarios con la fórmula de máximos y mínimos.

Componente de vulnerabilidad- sensibilidad socioeconómica

24. Eficiencia de riego

Indicador proxy: Índice de riego tecnificado para la producción agrícola

- Solicita a la Autoridad Local del Agua (ALA) información sobre el área de los bloques de riego que comprende la cuenca y descarga la información tabular de la Superficie Agrícola del Perú (MIDAGRI, 2020) del SIEA³³.

³¹ <http://censos.inei.gob.pe/Cenagro/redatam/#>

³² <https://snirh.ana.gob.pe/observatorioSNIRH/>

³³ <https://siea.midagri.gob.pe/portal/informativos/superficie-agricola-peruana>

- Si la información sobre bloques de riego se encuentra en formato shapefile, extrae los datos a nivel distrital en SIG.
- Suma el área de los bloques de riego por cada distrito.
- Divide la suma del área del bloque de riego entre el área agrícola por distrito.
- Normaliza los resultados de la eficiencia del riego con la fórmula de máximos y mínimos.

25. Eficiencia en la recaudación y administración de los sectores hidráulicos

Indicador proxy: Porcentaje de la recaudación de la tarifa de agua de riego

- Solicita información a las Juntas de Usuarios, ALA, u otras entidades sobre la recaudación efectiva de la tarifa de agua de riego y la estimación total en base a los usuarios registrados en la Junta.
- Divide el dato de la recaudación efectiva entre la recaudación totaestimada y multiplica por 100.
- Adecúa el ámbito del sector hidráulico a los distritos que este abarca y asigna el valor obtenido en el paso anterior a cada uno de ellos.
- Normaliza los resultados del porcentaje de la recaudación de la tarifa de agua de riego con la fórmula de máximos y mínimos.

26. Formalización de los derechos del uso del agua agrario

Indicador óptimo: Índice de derechos de uso de agua de riego formalizados

- Descarga del SNIRH³⁴, información sobre los derechos de uso de agua con fines agrarios y la información tabular de la Superficie Agrícola del Perú (MIDAGRI, 20 20) del SIEA³⁵.
- Suma el área con derechos formalizados por cada distrito y divide el resultado entre el área agrícola a nivel distrital.
- Normaliza los resultados con la fórmula de máximos y mínimos.
- Observación
 - Cuando los datos de los derechos de uso de agua agrario no señalan a qué distrito pertenecen, georreferencia su ubicación a partir de la información de sus coordenadas.
 - En el caso en que el distrito no cuente con derechos de uso de agua agrario, asigna el valor de 0 como índice.

27. Desarrollo Humano

Indicador óptimo: Índice de Desarrollo Humano

- Descarga los anexos estadísticos de la documentación del Índice de Desarrollo Humano³⁶ elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo más actualizado.

³⁴ <https://snirh.ana.gob.pe/observatorioSNIRH/>

³⁵ <https://siea.midagri.gob.pe/portal/informativos/superficie-agricola-peruana>

³⁶ <https://www.pe.undp.org/content/peru/es/home/library/poverty/el-reto-de-la-igualdad.html>

- Asigna el resultado del IDH a los distritos que comprende la cuenca.

28. Participación de la mujer en la actividad agropecuaria

Indicador óptimo: Índice de participación de la mujer en la actividad agropecuaria

- Descarga de la base de datos REDATAM - CENAGRO 2012³⁷, información sobre el número de productores por sexo y a nivel distrital. Para encontrar estos datos, dirígete a la sección de Características del productor agropecuario y selecciona Perfil del productor agropecuario.
- Sistematiza la información en base a los distritos que comprende la cuenca. Para ello, suma el número de las y los productores agropecuarios por cada distrito.
- Divide el número de las productoras agropecuarias por distrito entre el resultado obtenido en el paso anterior y multiplica por 100.
- En base a las siguientes criterios y siendo χ , el porcentaje de participación de la mujer obtenido, asigna los puntajes correspondientes a cada distrito:

Criterio	Puntaje
$\chi \leq 10\%$	0
$10\% < \chi \leq 20\%$	0.25
$20\% < \chi \leq 25\%$	0.5
$25\% < \chi \leq 29\%$	0.75
$\chi \geq 30\%$	1

- Observación:
 - En el caso de los distritos que fueron creados con posterioridad a la fecha del Censo Agropecuario 2012, tomar como referencia el índice del distrito de origen

Componente de vulnerabilidad - capacidad adaptativa

29. Conocimiento para el aprovechamiento sostenible del agua

Indicador proxy: Índice de productores agropecuarios con capacitación y asistencia técnica

³⁷ <http://censos.inei.gob.pe/Cenagro/redatam/#>

- Descarga de la base de datos Cuadros Estadísticos - CENAGRO 2012³⁸, información sobre el número de las y los productores que recibieron sólo capacitación, asistencia técnica y la combinación de ambas. Para ello, dirígete a la sección Capacitación, asistencia técnica y asesoría empresarial, y selecciona Asistencia técnica, asesoría empresarial o capacitación, según tamaño de las unidades agropecuarias.
- Sistematiza la información en base a los distritos de la cuenca, sumando el número de productores agropecuarios que recibieron sólo capacitación, asistencia técnica y la combinación de ambas por distrito.
- Divide el resultado obtenido en el paso anterior entre el número total de productores agropecuarios a nivel distrital.
- Normaliza los resultados con la fórmula de máximos y mínimos.
- Observación:
 - En el caso de los distritos que fueron creados con posterioridad a la fecha del Censo Agropecuario 2012, tomar como referencia el índice del distrito de origen.

30. Conocimiento para la gestión de riesgo de desastres

Indicador proxy: Índice de productores agropecuarios con capacitación y asistencia técnica

- Descargade la base de datos Cuadros EstadísticosCENAGRO 2012³⁹, información sobre el número de las y los productores que recibieron sólo capacitación, asistencia técnica y la combinación de ambas. Para ello, dirígete a la sección Capacitación, asistencia técnica y asesoría empresarial, y selecciona Asistencia técnica, asesoría empresarial o capacitación, según tamaño de las unidades agropecuarias.
- Sistematiza la información en base a los distritos de la cuenca, sumando el número de productores agropecuarios que recibieron sólo capacitación, asistencia técnica y la combinación de ambas por distrito.
- Divide el resultado obtenido en el paso anterior entre el número total de productores agropecuarios a nivel distrital.
- Normaliza los resultados con la fórmula de máximos y mínimos.
- Observación:
 - En el caso de los distritos que fueron creados con posterioridad a la fecha del Censo Agropecuario 2012, tomar como referencia el índice del distrito de origen.

31. Infraestructura hidráulica y natural para el almacenamiento y distribución del agua

Indicador óptimo: Número de obras de infraestructura hidráulica y natural para el almacenamiento y distribución del agua

³⁸ <http://censos.inei.gob.pe/cenagro/tabulados/>

³⁹ <http://censos.inei.gob.pe/cenagro/tabulados/>

- Descarga de la base de datos REDATAM - CENAGRO 2012⁴⁰, información sobre pequeños reservorios/embalses de regulación estacional según el número de equipos a nivel distrital. Para ello, dirígete a la sección Condiciones de la actividad agropecuaria y selecciona Infraestructura.
- Descarga del SNIRH⁴¹, información sobre la infraestructura hidráulica de distribución como canales, tomas y bocatomas, entre otros.
- Convierte la información espacial de los canales (líneas) en puntos, a fin de que todas las capas de la infraestructura hidráulica de distribución se encuentren en el mismo formato de trabajo.
- Solicita información a Agro Rural y UE Fondo Sierra Azul sobre las acciones de recarga hídrica para siembra y cosecha de agua, es decir, diques para cochas, zanjas de infiltración, reforestación, vegetación, entre otros.
- Suma el número de infraestructura para riego (pequeños reservorios, canales, tomas y bocatomas, entre otros) y el número de acciones de recarga hídrica para siembra y cosecha de agua por distrito.
- Normaliza los resultados con la fórmula de máximos y mínimos.
- Observación:
 - En el caso de los distritos que fueron creados con posterioridad a la fecha del Censo Agropecuario 2012, tomar como referencia el índice del distrito de origen.
 - Si en la base de datos REDATAM - CENAGRO 2012, los distritos no presentan información sino aparece la denominación “Tabla vacía”, asigna el valor de 0 en cuanto al número de infraestructura de almacenamiento (reservorios o pequeños embalses estacionales).

III. Uso poblacional

Componente de exposición

32. Usuarios del agua con fines poblacionales

Indicador proxy: Índice de la población que accede a agua potable por red pública

- Accede a la plataforma de boletines del INEI, en la temática de Agua y Saneamiento⁴² y descarga el boletín más reciente a la fecha y el que contenga datos del año 2017.
- Busca el porcentaje de la población que accede a agua potable por red pública por departamento, considerando aquellos que forman parte de la cuenca, tanto en el boletín más reciente como en el del 2017.
- Descarga de la base de datos REDATAM- Distrital del Censo Nacional 2017 (INEI) el total de población de los distritos.
- Descarga del INEI⁴⁴ la proyección de la población de los departamentos que conforman la cuenca, considerando el año del boletín de Agua y Saneamiento más reciente.

⁴⁰ <http://censos.inei.gob.pe/Cenagro/redatam/#>

⁴¹ <https://snirh.ana.gob.pe/observatorioSNIRH/>

⁴² <https://m.inei.gob.pe/biblioteca-virtual/boletines/formas-de-acceso-al-agua-y-saneamiento-basico-9343/1/#lista>

⁴³ <https://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>

⁴⁴ <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/poblacion-y-vivienda/>

- Calcula la población departamental que accede a agua potable por red pública para el año más reciente, en base a la proyecciones del INEI y los datos del boletín de Agua y Saneamiento. Por ejemplo:

Departamento	Población proyectada al 2019	Porcentaje con acceso a agua potable 2019	Población con acceso a agua potable 2019
Cusco	1340457	52.40%	702399
Ucayali	574509	43.00%	247039

Fuente: Elaboración propia.

- En base a los datos del Censo Nacional de Población del 2017 (INEI), calcula el porcentaje que representa la población de cada distrito para el total de la población de los departamentos que forman parte de la cuenca.
- Finalmente, calcula el total de la población que accede a agua potable por red pública para el año más reciente, por distrito, con la siguiente fórmula:

$$Pob. acc. dep \times \% Pob. dist$$

Donde:

Pob.acc.dep = Número de la población con acceso a agua potable a nivel departamental

% Pob.dist = Porcentaje que representa la población distrital para el departamento

- Normaliza los resultados con la fórmula de máximos y mínimos, entre todos los distritos de la cuenca.

33. Infraestructura para la provisión del servicio de agua potable

Indicador proxy: Número de obras de infraestructura para la provisión de agua potable expuesta a peligros climáticos

- Solicita al MVCS la información espacial de la infraestructura de los prestadores de servicio que proveen el servicio de agua potable ubicada en la cuenca según ámbito urbano y rural.
 - Para el ámbito urbano, puedes solicitar aquella que aparece en la plataforma de GeoVivienda⁴⁵ - capa SUNASS: plantas de tratamiento de agua potable, reservorios.

⁴⁵ <https://geo2.vivienda.gob.pe/enlaces/geovisor.html>

- Para el ámbito rural, puedes solicitar la información referente a plantas de tratamiento y reservorios, que recoge el sector en su diagnóstico rural (preguntas 336, 336A y 337 del cuestionario⁴⁶).
- Calcula el número total de infraestructura (PTAP, reservorios) que se ubica en cada distrito.
- Normaliza los resultados del número de la infraestructura expuesta de todos los distritos que conforman la cuenca con la fórmula de máximos y mínimos.

Componente de vulnerabilidad - sensibilidad socioeconómica

34. Demanda de agua para uso poblacional

Indicador óptimo: Volumen de la demanda anual de agua para uso poblacional

- Calcula el volumen total de agua demandada para fines poblacionales por distrito (m³) según sus ámbitos:
 - Demanda de agua en el ámbito urbano: Se encuentra definida por el volumen de agua potable que las Empresas Prestadoras de Servicios de Agua y Saneamiento (EPS) deberán producir para satisfacer la demanda de los usuarios según los Estudios Tarifarios (ET) o los Planes Maestros Optimizados (PMO) de las mismas. En este caso, descarga de la página web de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS)⁴⁷, información de los ET o PMO de las EPS que se encuentren en la cuenca. Adecúa el ámbito de administración de cada EPS a los distritos que esta abarca para poder proyectar el volumen de agua consumido por distrito.
 - Demanda de agua en el ámbito rural: Se obtiene en base a la suma de todos los derechos de agua de uso poblacional otorgados por la ANA⁴⁸, por distrito de la cuenca.
- Suma todos los volúmenes obtenidos del distrito tanto en el ámbito urbano por las EPS como en el ámbito rural por los derechos de agua, a fin de obtener el volumen total demandado a nivel distrital.
- Normaliza los resultados de la demanda anual del agua para uso poblacional de todos los distritos que conforman la cuenca, con la fórmula de máximos y mínimos.

Componente de vulnerabilidad - capacidad adaptativa

35. Medidas del Prestador de Servicio para la mitigación y adaptación frente al peligro

Indicador proxy: Niv el de avance del Plan de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático

⁴⁶ <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1H1y48hPcFaPI1HZiN0dZbFylbMMra0bZ/edit#gid=1250171544>

⁴⁷ <https://www.sunass.gob.pe/>

⁴⁸ <https://snirh.ana.gob.pe/observatorioSNIRH/>

- Solicita información a las EPS de la cuenca sobre el avance del Plan de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático (PMACC).
- En base a las respuestas las respuestas recogidas, asigna los siguientes puntajes a todos los distritos donde las EPS provean el servicio de agua y saneamiento⁴⁹:

Seguimiento de avance del Plan de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático	Puntaje
La EPS no tiene ningún avance del PMACC.	0
La EPS cuenta con el PMACC parcialmente elaborado, pero no se llegó a concluir.	0.35
La EPS cuenta con el PMACC elaborado, pero no se llegó a aprobar.	0.70
La EPS cuenta con el PMACC elaborado y aprobado.	1

- En aquellos distritos donde no se tengan EPS, esta variable no entra para el cálculo del índice de capacidad adaptativa.

IV. Uso energético

Componente de exposición

36. Usuarios del servicio energético

Indicador proxy: Número de viviendas con alumbrado eléctrico por red pública

- Descarga de la base de datos REDATAM - Distrital del Censo Nacional 2017 (INEI, 2017)⁵⁰ información sobre el número de viviendas con alumbrado eléctrico.
- Suma las viviendas con acceso al servicio energético por distrito.
- Normaliza los resultados del número de viviendas con alumbrado eléctrico por red pública con la fórmula de máximos y mínimos, entre todos los distritos de la cuenca.

37. Infraestructura hidroenergética y eléctrica

Indicador proxy: Número de obras infraestructura hidroenergética y eléctrica expuesta a peligros climáticos

- Solicita al sector (MINEM) información espacial de la infraestructura hidroenergética y eléctrica (centrales hidroeléctricas, embalses, líneas de transmisión, subestaciones de transformación, etc.) ubicada en la cuenca.
- Suma el total de elementos de infraestructura hidroenergética y eléctrica presente por distrito.

⁴⁹ Esta información la puedes encontrar en los Planes Maestros Optimizados o Estudios Tarifarios en la web de SUNASS.

⁵⁰ <https://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>

- Normaliza los resultados del número de la infraestructura expuesta con la fórmula de máximos y mínimos, entre todos los distritos de la cuenca.

Componente de vulnerabilidad - sensibilidad biofísica

38. Potencial hidroeléctrico

Indicador proxy: Potencial hidroeléctrico teórico

- Descarga el Documento Promotor PERÚ Subsector Eléctrico 2012 elaborado por la Dirección General de Electricidad (MINEM)⁵¹, y trabaja con la información del potencial hidroeléctrico teórico a nivel de cuenca.
- Asigna a cada distrito el dato del potencial teórico de la cuenca al cual pertenece.
- Normaliza los valores del potencial hidroeléctrico teórico con la fórmula de máximos y mínimos.

Componente de vulnerabilidad - sensibilidad socioeconómica

39. Demanda de energía eléctrica

Indicador óptimo: Índice de consumo anual de energía eléctrica

- Descarga del Anuario Estadístico de Electricidad (MINEM) más actual, información sobre la Estadística Eléctrica por regiones y trabaja con los datos de consumo de energía eléctrica anual. Es importante mencionar que estos datos se encuentran a nivel departamental y en base a la población proyectada por el INEI. Por tal razón, es necesario realizar una proyección del consumo de energía eléctrica a nivel distrital.
- Descarga de la página web del INEP, información sobre la población proyectada a nivel distrital para el año al cual hace referencia el Anuario Estadístico de Electricidad.
- En base a los datos del consumo de energía eléctrica a nivel departamental y la población proyectada a nivel distrital y departamental, multiplica el consumo de energía eléctrica departamental por la población distrital y divide el resultado entre la población departamental para obtener el consumo de energía eléctrica a nivel distrital.
- Normaliza los resultados del consumo anual de energía eléctrica con la fórmula de máximos y mínimos.

Componente de vulnerabilidad- capacidad adaptativa

40. Eficiencia en la generación hidroenergética

Indicador proxy: Tasa de variación porcentual del Factor de Planta

⁵¹ <http://www.minem.gob.pe/publicacion.php?idSector=6&idPublicacion=443>

⁵² <https://www.minem.gob.pe/estadisticaSector.php?idSector=6>

⁵³ <https://www.inei.gob.pe/biblioteca-virtual/publicaciones-digitales/>

- Descarga de los dos Anuarios Estadísticos de Electricidad (MINEM)⁵⁴ más actuales, información de la Estadística Eléctrica por regiones y sistematiza los datos de la potencia efectiva y la producción de energía por cada central hidroeléctrica.
- Calcula el factor de planta para cada año, es decir, divide la energía producida entre el producto de la potencia efectiva y el valor de 8760 (número de horas al año).
- Divide el factor de planta del año más actual entre la resta del factor de planta inicial menos 1. El resultado se multiplica por 100 a fin de obtener la tasa de la variación porcentual del factor de planta. En el caso de los distritos donde existen más de una central, promedia los valores obtenidos.
- En base a los siguientes criterios y siendo χ , el resultado obtenido en el paso anterior, asigna los puntajes a los distritos donde se ubica la central hidroeléctrica:

Criterio	Puntaje
$\chi \geq i_{i'}$	1
$\hat{E}_{i'} \leq \chi < i_{i'}$	0.75
$i_{i'} \leq \chi < 25\%$	0.5
$\sim_{i'} < \chi < 5\%$	0.25
$\sim_{i'} = \chi$	0

- Observación:
 - En el caso de los distritos donde los datos presentan un aumento en el factor de planta o donde no se ubica ninguna central hidroeléctrica asignar el valor de 0.

41. Capacidad de regulación hídrica para la producción hidroenergética

Indicador óptimo: Índice de volumen promedio embalsado del sistema hidroenergético

- Solicita a las Empresas de generación eléctrica que se encuentran en la cuenca, información sobre el volumen embalsado y requerido para la producción energética.
- Sistematiza la información a nivel de cuenca, restando el volumen requerido al volumen embalsado.
- En base a los siguientes criterios y siendo χ , el resultado obtenido del paso anterior, asigna los puntajes a los distritos que comprenden la cuenca:

Criterio	Puntaje
----------	---------

⁵⁴ <https://www.minem.gob.pe/estadisticaSector.php?idSector=6>

$x \leq -II$	0
$x = \sim$	0.5
$x \geq II$	1

42. Medidas para la protección de la generación, transmisión y distribución de la electricidad

Indicador proxy: Cumplimiento de la implementación de medidas de protección frente a los peligros

- Solicita al sector información de la encuesta realizada a proyectos hidroenergéticos, en el marco de su Programación Tentativa Sectorial para las NDC Agua, sobre la incorporación de medidas de reducción de riesgo a partir de medidas concretas⁵⁵.
- Relaciona cada empresa hidroenergética que haya respondido la encuesta (cumple o no cumple con el criterio) con las hidroeléctricas que estarían operando en la cuenca⁵⁶ y en sus respectivos distritos.
- Asigna el puntaje de 1 a todas las centrales hidroeléctricas y sus respectivos distritos, que estén cumpliendo con las medidas de reducción de riesgo (protección). Todas aquellas que no cumplen con las medidas toman un puntaje de 0. En los casos que haya más de una central hidroeléctrica por distrito, promedia sus puntajes y asigna el resultado como valor final para el distrito.

⁵⁵ Reforzamiento, estabilización de taludes, obras físicas, barreras de concreto nuevas, enrocado nuevo, techado de canales, reforestación. Evaluado para las medidas del producto P1AE de la PTS del sector.

⁵⁶ La relación alcanzada de empresas que cumplen o no cumplen con las medidas no especificaba en cuál de sus centrales hidroeléctricas se han llevado a cabo. Para este ejercicio se ha asumido que las medidas se ejecutan o no en las centrales que están en las cuencas piloto.