

FICHA GEOQUEBRADAS V2

Metodología propuesta para la determinación del Índice de Prioridad Territorial por Activación de Quebradas

1. Finalidad de la metodología

La metodología tiene como finalidad estimar un Índice de Prioridad Territorial por Activación de Quebradas (IPT-AQ), calculado sobre el polígono de cada quebrada.

El IPT-AQ no reemplaza el aviso oficial emitido por el SENAMHI. Su finalidad es complementar dicho aviso mediante un análisis territorial que permita priorizar las quebradas que requieren mayor atención preventiva, considerando tres componentes:

Componente	Descripción
Amenaza dinámica	Nivel del aviso SENAMHI, persistencia y recurrencia reciente
Exposición directa	Población, viviendas, infraestructura crítica, servicios, red vial e infraestructura hídrica
Agravamiento ambiental-sanitario	Pasivos ambientales, residuos sólidos, áreas degradadas y categoría funcional del cuerpo lótico

La idea central es:

SENAMHI alerta la posible activación; Geoquebradas prioriza territorialmente qué quebradas requieren mayor atención preventiva.

2. Unidad de análisis

La unidad de análisis será el polígono de cada quebrada.

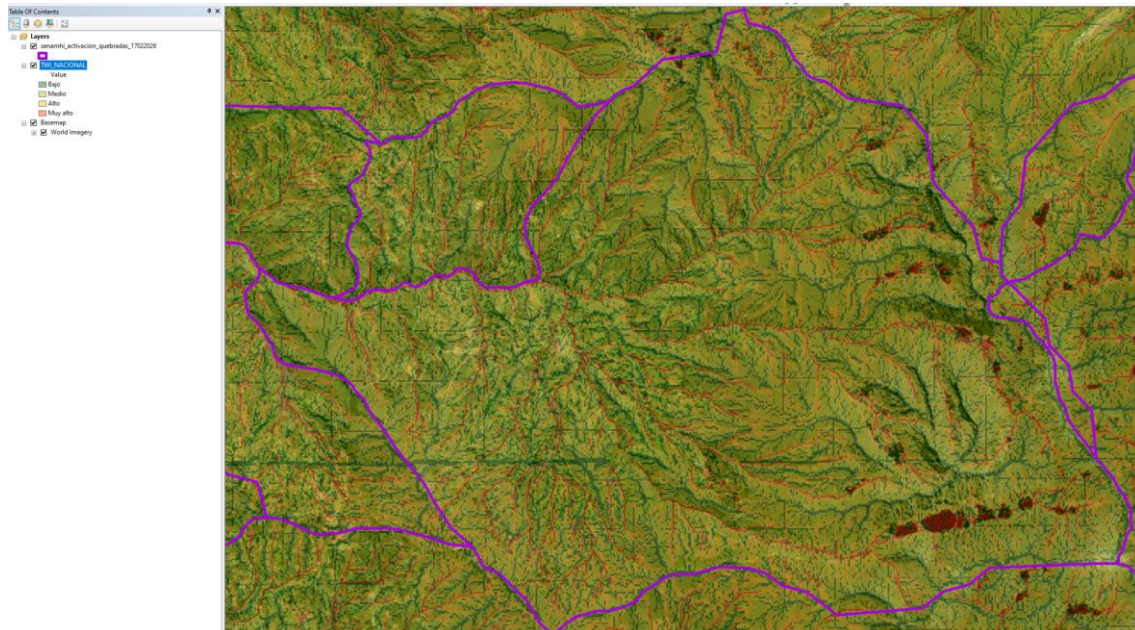
Cada quebrada deberá contar con un identificador único, a partir del cual se consolidarán los valores de amenaza dinámica, exposición directa, agravamiento ambiental-sanitario e IPT-AQ final.

Cada polígono de quebrada deberá contar con un registro consolidado con la siguiente información:

Campo	Descripción
ID de quebrada	Código único del polígono
Departamento / provincia / distrito	Ubicación político-administrativa
Nivel de aviso SENAMHI	Sin aviso, amarillo (medio), naranja (alto) o rojo (muy alto)
Persistencia	Días consecutivos bajo aviso
Recurrencia	Apariciones en los últimos 7 días
Zona TWI usada	Alto / muy alto; o medio por contingencia
Exposición poblacional	Población, viviendas y centros poblados
Infraestructura crítica y servicios	Salud, educación y agencias bancarias
Infraestructura vial e hídrica	Red vial, puentes, pozos, presas, bocatomas, canales y reservorios
Agravamiento ambiental-sanitario	Pasivos ambientales mineros y de hidrocarburos, infraestructura de residuos sólidos y áreas degradadas por RRSS (municipales y no municipales)
Categoría ECA Agua	Categoría funcional del cuerpo lótico
IPT-AQ	Índice final entre 0 y 1
Nivel de prioridad	Bajo, medio, alto, muy alto

3. Insumo TWI clasificado

Se usa la capa TWI clasificado para definir la zona efectiva de análisis dentro de cada polígono de quebrada.



Clase TWI	Valor estandarizado	Interpretación metodológica	Uso
Bajo	0.00	Baja acumulación o baja relación con cauce	No se usa para el cálculo principal
Medio	0.33	Acumulación moderada o zona secundaria	Referencial o contingencia
Alto	0.66	Alta acumulación / cercanía hidrotopográfica al cauce	Zona de análisis
Muy alto	1.00	Cauces o zonas de máxima concentración	Zona prioritaria de análisis

Regla metodológica principal: Para el cálculo principal del IPT-AQ se usarán las zonas de:

TWI alto + TWI muy alto dentro del polígono de cada quebrada.

Estas zonas representan las áreas hidrotopográficamente más relevantes para evaluar exposición y agravamiento ambiental-sanitario.

Regla de contingencia

Si un polígono de quebrada no presenta zonas TWI alto o muy alto, se podrá usar la clase **TWI medio** como zona secundaria de análisis, registrando esta condición en un campo de control metodológico.

Condición	Acción
Existe TWI alto y/o muy alto	Usar como zona efectiva de análisis
No existe TWI alto/muy alto, pero sí TWI medio	Usar TWI medio como contingencia
No existe TWI medio, alto ni muy alto	Registrar como "sin zona TWI válida"

Campo recomendado:

Campo	Valor posible
critero_zona_analisis	TWI alto/muy alto
critero_zona_analisis	TWI medio por contingencia
critero_zona_analisis	Sin zona TWI válida

El TWI **no se incorpora como variable adicional dentro de la fórmula del IPT-AQ**. Su función es actuar como **máscara espacial** para definir dónde se calculan las variables de exposición y agravamiento.

4. Fórmula general de cálculo de IPT-AQ

La metodología se basa en una fórmula ponderada y homogénea. Todos los componentes deben oscilar entre **0 y 1**.

$$\text{IPT-AQ} = 0.40 A^d + 0.40 E + 0.20 G^a$$

Componente	Descripción	Rol dentro del índice	Peso
A^d	Amenaza dinámica por activación de quebradas	Determina si existe condición de activación o atención por aviso	40 %
E	Exposición directa	Determina qué población, infraestructura o servicios podrían verse afectados	40 %
G^a	Agravamiento ambiental-sanitario	Incrementa la prioridad cuando existen fuentes potenciales de contaminación o cuerpos de agua sensibles	20 %

El resultado final será un índice entre 0 y 1, donde los valores más cercanos a 1 representan quebradas con mayor prioridad territorial para acciones preventivas.

La amenaza y la exposición son los componentes estructurales del análisis. Sin amenaza no hay prioridad por activación vigente; sin exposición, la prioridad territorial disminuye. En cambio, el agravamiento ambiental-sanitario es un factor complementario de priorización, no debería dominar el índice.

5. Componente 1: Amenaza dinámica - A^d

La amenaza dinámica incorpora el aviso vigente del SENAMHI y el comportamiento temporal de la quebrada.

$$A^d = (A_{\text{aviso}} + A_{\text{persistencia}} + A_{\text{recurrencia_7d}})/3$$

Se asignan pesos iguales a los tres indicadores de amenaza dinámica porque cada uno captura una dimensión distinta del comportamiento temporal de la quebrada: condición vigente, continuidad y recurrencia/intensidad reciente. Esta decisión evita sobredimensionar un solo indicador y permite una lectura equilibrada de la amenaza.

Subcomponente	Descripción	Pregunta que responde	rango
Aaviso	Nivel del aviso SENAMHI vigente	¿Cuál es el nivel actual del aviso?	0 a 1
Apersistencia_7d	Días consecutivos bajo aviso dentro de la ventana de 7 días	¿La quebrada viene manteniéndose bajo aviso de manera continua?	0 a 1
Arecurrencia_7d	Promedio de los valores diarios del aviso en la ventana de 7 día	¿Qué tan frecuente e intenso ha sido el nivel del aviso en los últimos 7 días?	0 a 1

5.1. Valor del aviso SENAMHI - Aaviso

Nivel de aviso	Valor
----------------	-------

Sin aviso	0.00
Amarillo (medio)	0.50
Naranja (alto)	0.75
Rojo (muy alto)	1.00

5.2. Persistencia – Apersistencia_7d (mide continuidad temporal del aviso)

La persistencia mide cuántos días consecutivos dentro de una ventana móvil de 7 días, el polígono de quebrada aparece bajo aviso, independientemente de si el nivel fue amarillo, naranja o rojo. Es decir, responde a *¿Cuántos días consecutivos la quebrada se mantiene bajo aviso?*. No considera si el nivel fue amarillo, naranja o rojo. Solo evalúa si hubo aviso o no.

Apersistencia_7d = días consecutivos bajo aviso / 7

Con límite máximo de 1.

Días consecutivos bajo aviso	Apersistencia_7d
0	0.00
1	0.14
2	0.29
3	0.43
4	0.57
5	0.71
6	0.86
7	1.00

Ejemplo:

Día	Nivel
Día 1	Amarillo
Día 2	Amarillo
Día 3	Naranja
Día 4	Naranja
Día 5	Naranja

La persistencia sería: 5 días consecutivos bajo aviso.

No importa que haya cambiado de amarillo a naranja. Lo importante es que la quebrada siguió bajo condición de aviso.

5.3. Recurrencia – Arecurrencia_7d (mide comportamiento del nivel del aviso en los últimos 7 días)

La recurrencia reciente mide la frecuencia e intensidad de los niveles de aviso registrados por la quebrada en los últimos 7 días, asignando mayor valor cuando los avisos se repiten en niveles naranja o rojo. Es decir, debería responder a *¿Qué tan frecuente e intenso ha sido el nivel del aviso de la quebrada en los últimos 7 días?*.

Aquí sí importa el nivel: amarillo, naranja o rojo.

No es lo mismo una quebrada que apareció 5 días en amarillo que una quebrada que apareció 5 días en rojo.

Por eso, la recurrencia debe evaluar el nivel diario de la quebrada dentro de la ventana de 7 días.

conviene usar una fórmula ponderada por nivel diario.

Valores diarios del aviso

Nivel diario	Valor
Sin aviso	0.00
Amarillo	0.50
Naranja	0.75
Rojo	1.00

Fórmula propuesta

Arecurrencia = suma de valores diarios del aviso en los últimos 7 días / 7

Es decir:

Arecurrencia = (Vdía1 + Vdía2 + Vdía3 + Vdía4 + Vdía5 + Vdía6 + Vdía7) / 7

Esto permite medir si la quebrada se mantuvo recurrentemente en niveles altos.

Ejemplos prácticos para diferenciar persistencia y recurrencia

Caso A: aviso continuo de baja intensidad

Día	Nivel	Valor diario
D-6	Amarillo	0.50
D-5	Amarillo	0.50
D-4	Amarillo	0.50
D-3	Amarillo	0.50
D-2	Amarillo	0.50
D-1	Amarillo	0.50
D	Amarillo	0.50

Apersistencia_{7d} = 7 / 7 = 1.00

Arecurrencia_{7d} = 3.50 / 7 = 0.50

Interpretación:

La quebrada tuvo alta continuidad, pero intensidad baja-moderada porque se mantuvo en amarillo.

Caso B: aviso intermitente de alta intensidad

Día	Nivel	Valor diario
D-6	Sin aviso	0.00
D-5	Rojo	1.00
D-4	Sin aviso	0.00
D-3	Rojo	1.00
D-2	Sin aviso	0.00
D-1	Rojo	1.00
D	Rojo	1.00

$$\text{Apersistencia}_{7d} = 2 / 7 = 0.29$$

Si solo los dos últimos días son consecutivos bajo aviso.

$$\text{Arecurrencia}_{7d} = 4.00 / 7 = 0.57$$

Interpretación:

La quebrada no tuvo alta continuidad, pero sí presentó episodios recurrentes de alta intensidad.

Caso C: aviso continuo e intenso

Día Nivel Valor diario

D-6 Naranja 0.75

D-5 Naranja 0.75

D-4 Naranja 0.75

D-3 Rojo 1.00

D-2 Rojo 1.00

D-1 Rojo 1.00

D Rojo 1.00

$$\text{Apersistencia}_{7d} = 7 / 7 = 1.00$$

$$\text{Arecurrencia}_{7d} = 6.25 / 7 = 0.89$$

Interpretación:

La quebrada tuvo alta continuidad y alta intensidad reciente.

Ejemplo integrado: Supongamos una quebrada con:

Indicador	Condición	Valor
Aaviso	Naranja hoy	0.75
Apersistencia _{7d}	7 días consecutivos bajo aviso	1.00
Arecurrencia _{7d}	Promedio histórico reciente	0.65

Entonces:

$$A^d = (0.75 + 1.00 + 0.65) / 3$$

$$A^d = 2.40 / 3$$

$$A^d = 0.80$$

Interpretación:

La quebrada presenta amenaza dinámica alta porque combina aviso vigente naranja, persistencia continua y recurrencia reciente moderadamente alta.

6. Componente 2: Exposición directa - E

La exposición directa representa los elementos que podrían verse afectados dentro del polígono de quebrada, principalmente en zonas TWI alto y muy alto.

$$E = 0.50 E_{pob} + 0.30 E_{infra/servicios} + 0.20 E_{vial_hid_prod}$$

Porque la exposición poblacional debería tener el mayor peso. Geoquebradas debe priorizar quebradas donde podría haber afectación a personas y viviendas. La infraestructura crítica es muy importante, pero debería quedar en segundo lugar. La infraestructura vial e hídrica complementa la lectura por conectividad, abastecimiento, riego y medios de vida.

Subcomponente	Justificación	Peso
E_{pob}	Protección de población y viviendas	50 %
E_{infra/servicios}	Servicios críticos y equipamientos sensibles	30 %
E_{hídrica/vial}	Conectividad, infraestructura hídrica y soporte productivo	20 %

6.1. Exposición poblacional - E_{pob}

Capas disponibles:

Capa	Atributo de interés	Operación espacial
Centros poblados	N.º de habitantes	Suma dentro de zona efectiva
Centros poblados	N.º de viviendas	Suma dentro de zona efectiva

$$E_{pob} = 0.70 P_{ob_norm} + 0.30 V_{iv_norm}$$

La población debe tener el mayor peso, las viviendas complementan la exposición física, y el número de centros poblados ayuda a representar dispersión territorial.

Variable	Peso
Población normalizada	60 %
Viviendas normalizadas	30 %
Centros poblados normalizados	10 %

6.2. Infraestructura crítica y servicios - E_{infra/servicios}

Capas disponibles:

Capa	Atributo de interés	Operación espacial
Establecimientos de salud	N.º de establecimientos	Conteo
Instituciones educativas	N.º de instituciones	Conteo
Agencias bancarias	N.º de agencias bancarias	Conteo

$$E_{infra/servicios} = 0.50 S_{alud_norm} + 0.30 E_{ducación_norm} + 0.20 B_{ancos_norm}$$

Variable	Peso
Establecimientos de salud	50 %
Instituciones educativas	30 %
Agencias bancarias	20 %

6.3. Infraestructura Ehidrica/vial/productiva - E_{vial_hid_prod}

Capas disponibles:

Grupo	Capa	Atributo de interés	Operación espacial
Infraestructura vial y transporte	Red vial	Km de red vial	Longitud intersectada
Infraestructura vial y transporte	Puentes	N.º de puentes	Conteo
Infraestructura hídrica	Pozos	N.º de pozos	Conteo
Infraestructura hídrica	Presas	N.º de presas	Conteo
Infraestructura hídrica	Bocatomas	N.º de bocatomas	Conteo
Infraestructura hídrica	Canales	Km de canales	Longitud intersectada
Infraestructura hídrica	Reservorios	N.º de reservorios	Conteo
Prdocutividad	Áreas agrícolas	Superficie agrícola	Área intersectada

$$E_{hídrica/vial/productiva} = 0.35 E_{vial} + 0.35 E_{hídrica} + 0.30 E_{agrícola}$$

Donde:

E_{vial} = red vial + puentes

$E_{hídrica}$ = pozos + presas + bocatomas + canales + reservorios

$E_{agrícola}$ = superficie agrícola expuesta

7. Componente 3: Agravamiento ambiental-sanitario - G^a

El agravamiento ambiental-sanitario representa el valor agregado del MINAM en el análisis. Permite identificar quebradas donde una activación podría tener efectos adicionales por presencia de fuentes potenciales de contaminación o por la importancia funcional del cuerpo lótico.

$$G^a = 0.60 G_{contam} + 0.40 G_{eca}$$

Subcomponente	Descripción	Justificación	Peso
Gcontam	Fuentes potenciales de contaminación o residuos	Presencia de fuentes potenciales de contaminación	60 %
Geca	Categoría funcional del cuerpo lótico según ECA Agua	Relevancia funcional del cuerpo lótico receptor	40 %

La opción 60/40 mantiene la fuente como componente principal, pero reconoce mejor el valor de la categoría ECA.

7.1. Fuentes potenciales de contaminación - Gcontam

Capas disponibles:

Capa	Atributo de interés	Operación espacial
Pasivos ambientales mineros (PAM)	N.º de pasivos ambientales mineros	Conteo
Pasivos ambientales de hidrocarburos (PH)	N.º de pasivos ambientales de hidrocarburos	Conteo
Infraestructuras de residuos sólidos (IRS)	N.º de infraestructuras de residuos sólidos	Conteo
Áreas degradadas por residuos sólidos municipales (ADRSM)	N.º de áreas degradadas	Conteo o área, según geometría

Áreas degradadas por residuos sólidos no municipales (ADRNSM)	N.º de áreas degradadas	Conteo o área, según geometría
---	-------------------------	--------------------------------

$$Gcontam = (PAM_norm + PH_norm + IRS_norm + ADRSM_norm + ADRSNM_norm) / 5$$

La interpretación debe ser prudente:

La presencia de estas fuentes no implica necesariamente contaminación durante la activación de la quebrada; sin embargo, incrementa la prioridad de atención debido a la posibilidad de arrastre, removilización o dispersión de residuos, sedimentos o materiales asociados a fuentes potenciales de contaminación.

7.2. Categoría funcional del cuerpo lótico según ECA Agua – Geca

La categoría ECA Agua se asociará a la quebrada mediante la red hidrográfica categorizada. Si una quebrada intersecta más de una categoría, se asignará el valor máximo identificado, priorizando la categoría de mayor sensibilidad funcional.

Categoría ECA Agua	Descripción	Valor Geca
Sin categoría identificada	No se cuenta con categoría asociada	0.00
Categoría 4	Conservación del ambiente acuático	0.50
Categoría 3	Riego de vegetales y bebida de animales	0.75
Categoría 1-A2	Poblacional y recreacional; aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	1.00

La categoría 1-A2 recibe el valor más alto por su relación con el abastecimiento poblacional. La categoría 3 tiene alta relevancia por su relación con riego y bebida de animales. La categoría 4 se incorpora por su importancia ambiental, pero con menor peso operativo dentro del índice.

Si una quebrada intersecta más de una categoría ECA Agua, se asignará el valor más alto identificado, bajo un criterio preventivo de priorización. Orden de prioridad en caso de múltiples categorías (cuando aparece más de 1 categoría por quebrada):

1. Categoría 1-A2 = 1.00
2. Categoría 3 = 0.75
3. Categoría 4 = 0.50
4. Sin categoría = 0.00

8. Normalización y estandarización de variables

Todas las variables que ingresan al cálculo del IPT-AQ deberán expresarse en una escala común de **0 a 1**, con la finalidad de permitir su integración en las fórmulas de exposición directa y agravamiento ambiental-sanitario.

Dado que las variables disponibles presentan unidades distintas —por ejemplo, número de habitantes, número de viviendas, kilómetros de red vial, número de puentes, número de pozos, superficie agrícola, número de pasivos ambientales o áreas degradadas—, no es metodológicamente adecuado combinarlas directamente sin un proceso previo de estandarización.

8.1. Criterio general de normalización

Para las variables cuantitativas se recomienda aplicar una normalización basada en percentiles, utilizando el **percentil 95 —P95—** como valor máximo operativo. Este criterio permite reducir el efecto de valores extremos y evita que una quebrada con valores excepcionalmente altos distorsione el cálculo del índice a nivel nacional.

La fórmula general será:

$$X_{norm} = X / P95$$

Con la siguiente regla:

Condición	Valor asignado
Si $X / P95 < 1$	Se conserva el valor calculado
Si $X / P95 \geq 1$	Se asigna 1.00

De esta manera, toda variable queda expresada entre **0 y 1**.

8.2. Cálculo del P95

El P95 deberá calcularse para cada variable a partir del procesamiento del conjunto de polígonos de quebradas, considerando la zona efectiva de análisis definida por el TWI clasificado.

Es decir, primero se calcularán los valores observados por quebrada, por ejemplo:

- población expuesta por quebrada;
- viviendas expuestas por quebrada;
- kilómetros de red vial expuesta por quebrada;
- número de puentes expuestos por quebrada;
- número de pozos, bocatomas, canales o reservorios expuestos;
- superficie agrícola expuesta;
- número de pasivos ambientales o áreas degradadas por quebrada.

Luego, para cada variable, se calculará su P95 y se usará como referencia de normalización.

8.3. Frecuencia de actualización de los percentiles

Los percentiles de normalización no deberían recalcularse diariamente para las variables territoriales estáticas o semiestáticas, porque ello podría generar variaciones artificiales en el índice. Por ejemplo, una misma quebrada podría cambiar de valor normalizado solo porque en un día se activaron más o menos quebradas, aunque la población, infraestructura o pasivos ambientales no hayan cambiado.

Por ello, se recomienda diferenciar tres tipos de variables:

Tipo de variable	Ejemplos	Recomendación
VARIABLES ESTÁTICAS O SEMIESTÁTICAS	Población, viviendas, centros poblados, infraestructura vial, infraestructura hídrica, salud, educación, bancos, PAM, pasivos de hidrocarburos, residuos sólidos, áreas degradadas, superficie agrícola	Calcular el P95 una vez por versión de base de datos y mantenerlo fijo hasta la siguiente actualización de capas
VARIABLES DINÁMICAS DE AMENAZA	Nivel de aviso, persistencia, recurrencia/intensidad en 7 días	No requieren P95; usan valores categóricos o fórmulas ya estandarizadas entre 0 y 1
Índice final IPT-AQ	Resultado integrado por quebrada	Clasificar por percentiles en cada fecha de procesamiento,

		considerando solo quebradas con amenaza dinámica mayor que cero
--	--	---

8.4. Uso inicial cuando no se cuenta con rangos definidos

En caso de no contar previamente con rangos técnicos para cada variable, estos deberán generarse automáticamente a partir del primer procesamiento de la base nacional o del ámbito operativo definido para Geoquebradas.

Este procesamiento inicial permitirá obtener los valores de referencia, tales como P95 de población expuesta, P95 de viviendas expuestas, P95 de kilómetros de vías, P95 de pozos, P95 de canales, P95 de superficie agrícola, P95 de pasivos ambientales, entre otros.

Estos valores deberán quedar registrados como parte de la metadata metodológica del servicio, indicando:

Campo metodológico	Descripción
Variable	Nombre de la variable normalizada
P95 utilizado	Valor de referencia aplicado
Fecha de cálculo	Fecha en que se calculó el P95
Versión de capa	Versión de la fuente de información usada
Ámbito de cálculo	Nacional, regional o ámbito operativo definido

8.5. Ejemplo de normalización

Si el P95 nacional de población expuesta por quebrada es de **1,000 habitantes** y una quebrada presenta **500 habitantes expuestos**, entonces:

$$\text{Pob_norm} = 500 / 1,000 = 0.50$$

Si otra quebrada presenta **1,500 habitantes expuestos**, entonces:

$$\text{Pob_norm} = 1,500 / 1,000 = 1.50$$

Como el resultado supera 1, se asigna:

$$\text{Pob_norm} = 1.00$$

Este mismo criterio se aplicará a las demás variables cuantitativas.

8.6. Consideración metodológica

La normalización mediante P95 permite que las variables internas sean comparables y puedan integrarse dentro de los subíndices de exposición directa y agravamiento ambiental-sanitario. Sin embargo, la clasificación final del IPT-AQ se realizará mediante percentiles calculados en cada fecha de procesamiento, considerando únicamente las quebradas con **amenaza dinámica mayor que cero**.

De esta manera, la metodología combina dos criterios:

Etapa	Criterio
Variables internas	Normalización con P95 fijo por versión de datos
IPT-AQ final	Clasificación por percentiles en cada fecha de procesamiento

Esto permite mantener estabilidad en los valores territoriales y, al mismo tiempo, identificar diariamente las quebradas con mayor prioridad relativa de atención preventiva.

9. Clasificación del IPT-AQ por percentiles

La clasificación del **Índice de Prioridad Territorial por Activación de Quebradas — IPT-AQ** se realizará mediante percentiles, considerando la distribución de valores obtenida en cada fecha de procesamiento.

Este enfoque permite identificar la **prioridad relativa** de las quebradas y evita depender de rangos fijos que podrían no representar adecuadamente la distribución real del índice.

9.1. Universo de clasificación

Para evitar distorsiones, los percentiles se calcularán únicamente sobre las quebradas que presenten **amenaza dinámica mayor que cero**:

$$A^d > 0$$

Es decir, se considerarán solo aquellas quebradas que tengan aviso vigente o algún registro reciente que genere amenaza dinámica a partir de las variables de aviso, persistencia o recurrencia.

Las quebradas con:

$$A^d = 0$$

serán clasificadas como:

Sin prioridad por activación vigente

aunque presenten exposición directa o agravamiento ambiental-sanitario. Esto evita que una quebrada sin condición de activación reciente sea priorizada únicamente por tener población, infraestructura o factores ambientales expuestos.

9.2. Cálculo de percentiles

Para cada fecha de procesamiento se calcularán los percentiles del IPT-AQ sobre el conjunto de quebradas con $A^d > 0$.

Los puntos de corte recomendados son:

Percentil	Uso
P25	Límite superior de prioridad baja
P60	Límite superior de prioridad media
P85	Límite superior de prioridad alta

9.3. Criterios de clasificación

Nivel de prioridad	Criterio
Bajo	$IPT-AQ < P25$
Medio	$P25 \leq IPT-AQ < P60$
Alto	$P60 \leq IPT-AQ < P85$
Muy alto	$IPT-AQ \geq P85$ y $IPT-AQ \geq 0.60$

La categoría “**muy alto**” deberá cumplir adicionalmente con un umbral mínimo de **$IPT-AQ \geq 0.60$** . Este criterio evita que, en días de baja severidad general, una quebrada sea clasificada como “muy alta” únicamente por ubicarse en la parte superior de una distribución con valores absolutos bajos.

9.4. Regla para valores superiores a P85 pero menores a 0.60

Si una quebrada cumple con:

$$IPT-AQ \geq P85$$

pero no cumple con:

$$IPT-AQ \geq 0.60$$

no será clasificada como “muy alto”. En ese caso, se clasificará como:

Alto

Esto permite mantener una lectura preventiva sin sobredimensionar la categoría de mayor prioridad.

9.5. Resultado esperado

La clasificación final permitirá ordenar las quebradas en cinco estados operativos:

Estado	Descripción
Sin prioridad por activación vigente	Quebradas con $A^d = 0$
Bajo	Quebradas con prioridad relativa baja dentro del conjunto con amenaza dinámica
Medio	Quebradas que requieren seguimiento
Alto	Quebradas que requieren atención preventiva
Muy alto	Quebradas que requieren atención prioritaria

9.6. Mensajes tipo para el dashboard

Geoquebradas podría mostrar mensajes breves, diferenciados por nivel:

Estado	Mensaje sugerido
Sin prioridad por activación vigente	“No se registra amenaza dinámica vigente para esta quebrada. Mantenga vigilancia ordinaria e información preventiva.”
Bajo	“Prioridad baja. Se recomienda seguimiento de avisos oficiales y medidas preventivas básicas.”
Medio	“Prioridad media. Se recomienda vigilancia local reforzada y revisión de elementos expuestos.”
Alto	“Prioridad alta. Se recomienda activar acciones preventivas y comunicar medidas de autoprotección a la población expuesta.”
Muy alto	“Prioridad muy alta. Se recomienda atención prioritaria, coordinación interinstitucional y evaluación de medidas preventivas inmediatas conforme a protocolos locales.”

EXTRAS

1. Esquema de procesamiento para el desarrollo metodológico (orientador)

El siguiente flujo orienta la implementación automatizada del **IPT-AQ** mediante scripts de geoprocetamiento. El proceso inicia con la preparación de insumos espaciales y tabulares, continúa con el cálculo de los subíndices, y culmina con la generación de una tabla final lista para publicación en dashboard, ranking, ficha por quebrada y módulo de IA.

1.1. Flujo general de procesamiento

Paso	Proceso	Acción técnica esperada	Resultado esperado
1	Validar capa de polígonos de quebradas	Verificar geometrías, eliminar duplicados, asegurar ID único, revisar superposiciones y campos obligatorios	Capa oficial de quebradas con id_quebrada único
2	Integrar aviso SENAMHI vigente	Asociar el aviso vigente a cada polígono de quebrada según intersección espacial o criterio definido	Tabla diaria con id_quebrada, fecha_proc y aviso_nivel
3	Actualizar histórico de avisos	Incorporar el registro diario en una tabla histórica por quebrada y fecha	Base histórica de avisos por id_quebrada
4	Calcular valores diarios del aviso	Convertir el nivel de aviso en valor numérico: sin aviso = 0.00, amarillo = 0.50, naranja = 0.75, rojo = 1.00	Campo Aaviso
5	Calcular persistencia en 7 días	Contar días consecutivos bajo aviso dentro de la ventana móvil de 7 días y dividir entre 7	Campo Apersistencia_7d
6	Calcular recurrencia/intensidad en 7 días	Promediar los valores diarios del aviso en la ventana móvil de 7 días	Campo Arecurrencia_7d
7	Calcular amenaza dinámica	Promediar Aaviso, Apersistencia_7d y Arecurrencia_7d	Campo Ad entre 0 y 1
8	Incorporar TWI clasificado	Cargar capa TWI clasificada en bajo, medio, alto y muy alto	Capa TWI lista para análisis
9	Definir zona efectiva de análisis	Seleccionar dentro de cada polígono las zonas TWI alto y muy alto	Capa/tabla de zona efectiva por quebrada
10	Aplicar contingencia TWI	Si no existe TWI alto/muy alto, usar TWI medio; si tampoco existe, marcar sin zona válida	Campo criterio_zona_analisis
11	Calcular área efectiva de análisis	Calcular área de la zona TWI usada dentro del polígono de quebrada	Campo area_zona_analisis
12	Intersectar capas de exposición poblacional	Sumar población y viviendas dentro de la zona efectiva; contar centros poblados si se reportan como dato descriptivo	Campos base: pob_exp, viv_exp, cp_exp
13	Intersectar infraestructura crítica y servicios	Contar establecimientos de salud, instituciones educativas, agencias bancarias y otros servicios considerados	Campos base: salud_exp, educ_exp, bancos_exp

14	Intersectar infraestructura vial, hídrica y productiva	Calcular km de red vial y canales; contar puentes, pozos, presas, bocatomas, reservorios; calcular superficie agrícola expuesta si corresponde	Campos base de infraestructura y producción
15	Estandarizar variables de exposición	Convertir cada variable cuantitativa a escala 0–1 usando P95 u otro parámetro definido por versión de datos	VARIABLES NORMALIZADAS DE EXPOSICIÓN
16	Calcular exposición directa	Integrar exposición poblacional, infraestructura crítica/servicios e infraestructura vial-hídrica-productiva	Campo E entre 0 y 1
17	Intersectar capas ambientales-sanitarias	Contar o calcular área de PAM, pasivos de hidrocarburos, infraestructuras de residuos y áreas degradadas por residuos	Campos base de agravamiento
18	Asociar categoría ECA Agua	Identificar la categoría ECA del cuerpo lótico asociado; si hay más de una, asignar el valor máximo	Campo Geca
19	Estandarizar variables ambientales-sanitarias	Convertir variables cuantitativas de contaminación/residuos a escala 0–1 usando P95 u otro parámetro definido	VARIABLES NORMALIZADAS AMBIENTALES-SANITARIAS
20	Calcular agravamiento ambiental-sanitario	Integrar fuentes potenciales de contaminación y categoría ECA Agua	Campo Ga entre 0 y 1
21	Calcular IPT-AQ final	Aplicar la fórmula general del índice	Campo IPT_AQ entre 0 y 1
22	Clasificar IPT-AQ por percentiles	Calcular percentiles sobre quebradas con Ad > 0 y asignar nivel de prioridad	Campo prioridad
23	Generar recomendaciones automáticas	Asociar mensajes para público general y entidades según nivel de prioridad	Campos recomendacion_publico y recomendacion_entidad
24	Ejecutar control de calidad	Validar nullos, valores fuera de rango, ausencia de TWI válido, geometrías inválidas y coherencia de campos	Campo observacion_metodologica
25	Publicar resultados	Exportar tabla/capa final para ArcGIS Enterprise, dashboard, ranking, ficha por quebrada e IA	Capa final del IPT-AQ publicada

1.2. Reglas operativas para automatización

Para asegurar consistencia en la implementación, el script deberá considerar las siguientes reglas:

Regla	Descripción
ID único	Todo cálculo debe agregarse por id_quebrada.
Ventana temporal	La amenaza dinámica utiliza una ventana móvil de 7 días, incluyendo la fecha de procesamiento.
TWI como máscara	El TWI clasificado no entra como variable del índice; define la zona efectiva donde se calculan exposición y agravamiento.
Zona principal	Se usan clases TWI alto y muy alto.
Contingencia TWI	Si no existe TWI alto/muy alto, se usa TWI medio y se registra la contingencia.

Sin TWI válido	Si no hay TWI medio, alto ni muy alto, se registra “sin zona TWI válida” y se advierte en la salida.
VARIABLES DE PUNTOS	Se calculan mediante conteo dentro de la zona efectiva.
VARIABLES LINEALES	Se calculan mediante longitud intersectada, preferentemente en kilómetros.
VARIABLES POLIGONALES	Se calculan mediante área intersectada o conteo, según el tipo de capa y atributo disponible.
Normalización interna	Las variables cuantitativas se estandarizan entre 0 y 1 antes de integrarse en los subíndices.
Clasificación final	El IPT-AQ se clasifica por percentiles sobre quebradas con Ad > 0.
Sin amenaza dinámica	Si Ad = 0, la prioridad será “sin prioridad por activación vigente”.

1.3. Orden lógico de cálculo

Para evitar errores de dependencia entre variables, el procesamiento debe seguir este orden:

1. Preparar quebradas e integrar avisos.
2. Calcular amenaza dinámica.
3. Definir zona efectiva de análisis con TWI.
4. Calcular variables base de exposición y agravamiento.
5. Estandarizar variables cuantitativas.
6. Calcular subíndices E y Ga.
7. Calcular IPT-AQ.
8. Clasificar y generar recomendaciones.
9. Publicar y registrar observaciones metodológicas.

1.4. Salidas esperadas del procesamiento

Al finalizar el proceso automatizado, se deberán generar tres productos principales:

Producto	Contenido	Uso
Tabla/capa final IPT-AQ	Valores de amenaza, exposición, agravamiento, IPT-AQ, prioridad y recomendaciones	Dashboard e IA
Ranking de quebradas priorizadas	Lista ordenada por IPT-AQ y nivel de prioridad	Gestión preventiva y toma de decisiones
Ficha por quebrada	Resumen individual con componentes, variables principales y recomendaciones	Consulta institucional, reporte y comunicación

2. Campos mínimos de salida para dashboard e IA

Para que los resultados del **IPT-AQ** sean auditables, explicables y útiles en **ArcGIS Enterprise**, el dashboard y el módulo de IA, la tabla final de resultados deberá incluir, como mínimo, los siguientes campos:

Campo de salida	Descripción
id_quebrada	Código único del polígono de quebrada.
fecha_proc	Fecha de procesamiento del análisis.
departamento	Departamento donde se ubica la quebrada.
provincia	Provincia donde se ubica la quebrada.
distrito	Distrito donde se ubica la quebrada.
aviso_nivel	Nivel del aviso SENAMHI asociado a la quebrada: sin aviso, amarillo, naranja o rojo.

Aviso	Valor estandarizado asignado al nivel del aviso vigente.
dias_persist_7d	Número de días consecutivos bajo aviso dentro de la ventana móvil de siete días.
Apersistencia_7d	Valor estandarizado de la persistencia en siete días.
Arecurrencia_7d	Valor de recurrencia/intensidad calculado como promedio de los valores diarios del aviso en siete días.
Ad	Amenaza dinámica final, calculada a partir de Aviso, Apersistencia_7d y Arecurrencia_7d.
criterio_zona_analisis	Criterio usado para definir la zona efectiva de análisis: TWI alto/muy alto, TWI medio por contingencia o sin zona TWI válida.
area_zona_analisis	Área efectiva de análisis dentro del polígono de quebrada.
Epob	Subíndice de exposición poblacional.
Einfra_serv	Subíndice de infraestructura crítica y servicios.
Ehidrica_vial_prod	Subíndice de infraestructura hídrica, vial y productiva.
E	Exposición directa final.
Gcontam	Subíndice de fuentes potenciales de contaminación y residuos.
Geca	Valor asignado según la categoría funcional del cuerpo lótico conforme al ECA Agua.
Ga	Agravamiento ambiental-sanitario final.
IPT_AQ	Índice de Prioridad Territorial por Activación de Quebradas.
percentil_IPT	Percentil alcanzado por la quebrada dentro del conjunto de quebradas con amenaza dinámica mayor que cero.
prioridad	Estado operativo asignado: sin prioridad por activación vigente, bajo, medio, alto o muy alto.
recomendacion_publico	Mensaje orientador para la población, según el nivel de prioridad.
recomendacion_entidad	Mensaje orientador para entidades competentes, según el nivel de prioridad.
observacion_metodologica	Control de datos, contingencias, ausencia de información o advertencias metodológicas relevantes.

3. Campos complementarios recomendados

Además de los campos mínimos, se recomienda conservar los valores base utilizados para el cálculo, a fin de mejorar la trazabilidad y permitir que la IA explique el resultado de cada quebrada.

Campo complementario	Descripción
pob_exp	Población expuesta dentro de la zona efectiva de análisis.
viv_exp	Viviendas expuestas dentro de la zona efectiva de análisis.
salud_exp	Número de establecimientos de salud expuestos.
educ_exp	Número de instituciones educativas expuestas.
bancos_exp	Número de agencias bancarias expuestas.
redvial_km_exp	Kilómetros de red vial expuesta.
puentes_exp	Número de puentes expuestos.
pozos_exp	Número de pozos expuestos.
presas_exp	Número de presas expuestas.
bocatomas_exp	Número de bocatomas expuestas.
canales_km_exp	Kilómetros de canales expuestos.
reservorios_exp	Número de reservorios expuestos.
agricola_ha_exp	Superficie agrícola expuesta, en hectáreas.
pam_exp	Número de pasivos ambientales mineros identificados.
ph_exp	Número de pasivos ambientales de hidrocarburos identificados.
irs_exp	Número de infraestructuras de residuos sólidos identificadas.
adrsm_exp	Áreas degradadas por residuos sólidos municipales identificadas.
adrnm_exp	Áreas degradadas por residuos sólidos no municipales identificadas.
categoria_eca	Categoría ECA Agua asociada a la quebrada.

Estos campos permiten que el dashboard y el módulo de IA no solo muestren el nivel de prioridad, sino también expliquen **por qué** una quebrada fue clasificada como baja, media, alta o muy alta.

5. Texto metodológico consolidado

La metodología propuesta calcula un Índice de Prioridad Territorial por Activación de Quebradas (IPT-AQ), tomando como unidad de análisis el polígono de cada quebrada. El índice integra tres componentes normalizados entre 0 y 1: amenaza dinámica, exposición directa y agravamiento ambiental-sanitario.

La amenaza dinámica se calcula a partir de tres indicadores complementarios: el nivel del aviso vigente del SENAMHI, la persistencia en siete días y la recurrencia/intensidad en siete días. El nivel del aviso vigente representa la condición actual de la quebrada. La persistencia se calcula como la proporción de días consecutivos en los que la quebrada se mantuvo bajo aviso dentro de una ventana móvil de siete días, incluyendo la fecha de procesamiento; este indicador mide continuidad, independientemente del nivel del aviso. La recurrencia/intensidad reciente se calcula como el promedio de los valores diarios del aviso registrados en la misma ventana de siete días, asignando a cada día los siguientes valores: sin aviso = 0.00, amarillo = 0.50, naranja = 0.75 y rojo = 1.00. Este indicador permite diferenciar quebradas con avisos recurrentes de baja intensidad de aquellas que mantienen niveles altos o muy altos.

La exposición directa se calcula a partir de los elementos ubicados dentro de la zona efectiva de análisis definida por el TWI clasificado. Para el cálculo principal se consideran las zonas de TWI alto y muy alto dentro del polígono de cada quebrada; la clase TWI medio puede emplearse únicamente como contingencia metodológica cuando no existan zonas alto o muy alto. La exposición directa incorpora población, viviendas, establecimientos de salud, instituciones educativas, agencias bancarias, red vial, puentes, infraestructura hídrica y superficie agrícola expuesta.

El agravamiento ambiental-sanitario incorpora fuentes potenciales de contaminación o dispersión de residuos, tales como pasivos ambientales mineros, pasivos ambientales de hidrocarburos, infraestructuras de residuos sólidos y áreas degradadas por residuos sólidos municipales y no municipales. Asimismo, incorpora la categoría funcional del cuerpo lóxico según los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, considerando su relevancia para uso poblacional, productivo o de conservación ambiental. La presencia de estos elementos no implica necesariamente contaminación durante una activación de quebrada, pero incrementa la prioridad de atención debido a la posibilidad de arrastre, removilización o dispersión de residuos, sedimentos o materiales asociados a fuentes potenciales de contaminación.

Todas las variables cuantitativas empleadas en los subíndices de exposición y agravamiento deberán estandarizarse entre 0 y 1, utilizando parámetros definidos a partir del procesamiento de la base de quebradas. En caso de no contar con rangos técnicos preestablecidos, se recomienda emplear el percentil 95 de cada variable como valor máximo operativo, manteniéndolo fijo por versión de base de datos para evitar cambios artificiales en los resultados.

El IPT-AQ se clasifica mediante percentiles calculados en cada fecha de procesamiento, considerando únicamente las quebradas con amenaza dinámica mayor que cero. La categoría muy alta debe cumplir adicionalmente con un umbral mínimo de IPT-AQ ≥ 0.60 , a fin de evitar que quebradas con valores absolutos bajos sean clasificadas como muy alta prioridad solo por ubicarse en la parte superior de una distribución de baja severidad. Las quebradas con amenaza dinámica igual a cero se clasifican como sin prioridad por activación vigente, aunque presenten exposición directa o agravamiento ambiental-sanitario.

Esta metodología permite ordenar las quebradas en cinco estados operativos: sin prioridad por activación vigente, bajo, medio, alto y muy alto. Dichos estados facilitan la toma de decisiones preventivas, la generación de rankings territoriales, la elaboración de fichas por quebrada, la publicación de resultados en ArcGIS Enterprise y la consulta directa mediante IA.