

**Universidad Católica de Santa María**  
**Escuela de Postgrado**  
**Maestría en Planificación y Gestión Ambiental**



**Análisis de los riesgos ambientales generados por eventos de geodinámica  
externa a consecuencia de la irrigación Majes I sobre el Valle de Sigwas –  
Arequipa - 2023**

Tesis presentada por el Bachiller:

**Benavente Velasquez, Ruperto**

**ORCID: 0000-0003-3686-3919**

Para optar el Grado Académico de Maestro en Planificación y Gestión Ambiental

**Asesor (a):**

**Dr. Bocardo Delgado, Edwin**

**ORCID: 0000-0003-2926-5013**

Arequipa – Perú

2025

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
**ESCUELA DE POSTGRADO**  
**DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR DE TESIS**

Arequipa, 16 de Marzo del 2025

**Dictamen: 011117-C-EPG-2025**

Visto el borrador del expediente 011117, presentado por:

**2004000261 - BENAVENTE VELASQUEZ RUPERTO**

Titulado:

**ANÁLISIS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES GENERADOS POR EVENTOS DE GEODINÁMICA  
EXTERNA A CONSECUENCIA DE LA IRRIGACIÓN MAJES I SOBRE EL VALLE DE SIGUAS -  
AREQUIPA 2023**

Nuestro dictamen es:

**APROBADO**

**29388008 - TICSE VILLANUEVA EDWING JESUS  
DICTAMINADOR**



**29440909 - MOLINA RODRIGUEZ FREDY NICOLAS  
DICTAMINADOR**



**46769238 - CHANOVE MANRIQUE ANDREA MARIETA  
DICTAMINADOR**



# ANÁLISIS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES GENERADOS POR EVENTOS DE GEODINÁMICA EXTERNA A CONSECUENCIA DE LA IRRIGACIÓN MAJES I SOBRE EL VALLE DE SIGUAS – AREQUIPA 2023

## INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %

INDICE DE SIMILITUD

19 %

FUENTES DE INTERNET

11 %

PUBLICACIONES

11 %

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[repositorio.unsa.edu.pe](https://repositorio.unsa.edu.pe)

Fuente de Internet

3 %

2

[tesis.unap.edu.pe](https://tesis.unap.edu.pe)

Fuente de Internet

2 %

3

Submitted to Universidad Católica de Santa  
María

Trabajo del estudiante

2 %

4

[hdl.handle.net](https://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

2 %

5

[tesis.ucsm.edu.pe](https://tesis.ucsm.edu.pe)

Fuente de Internet

1 %

6

[repositorio.uandina.edu.pe](https://repositorio.uandina.edu.pe)

Fuente de Internet

1 %

7

[www.coursehero.com](https://www.coursehero.com)

Fuente de Internet

1 %

8

Submitted to Universidad Tecnológica del  
Peru

Trabajo del estudiante

<1 %

9

[caracol-intergalaktico-vnzla.blogspot.com](https://caracol-intergalaktico-vnzla.blogspot.com)

Fuente de Internet

<1 %

10

[repositorio.unsaac.edu.pe](https://repositorio.unsaac.edu.pe)

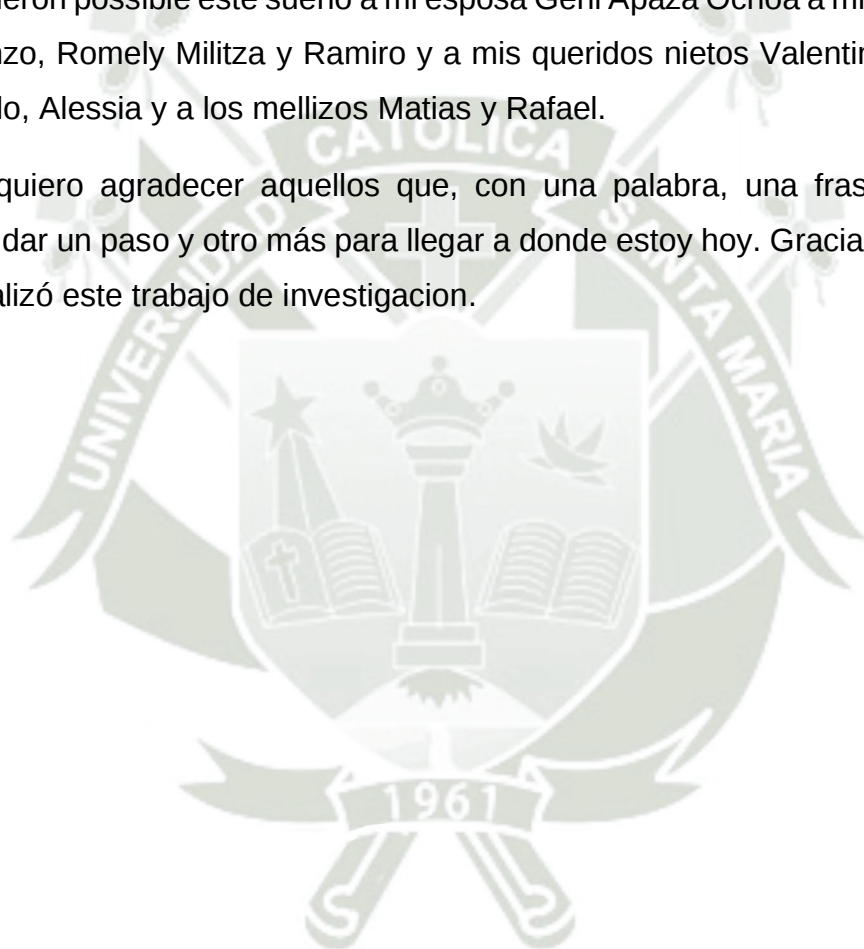
Fuente de Internet

<1 %

## AGRADECIENTOS

Al concluir una etapa maravillosa de mi vida quiero expresar un profundo agradecimiento, a quienes hicieron posible este sueño a mi esposa Geni Apaza Ochoa a mis hijos Manuel Ruperto, Renzo, Romely Militza y Ramiro y a mis queridos nietos Valentino, Domenica, Leticia, Camilo, Alessia y a los mellizos Matias y Rafael.

Finalmente, quiero agradecer aquellos que, con una palabra, una frase casual, me impulsaron a dar un paso y otro más para llegar a donde estoy hoy. Gracias a todos ellos es que se realizó este trabajo de investigación.



## Contenido

|                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------|-----|
| AGRADECIENTOS.....                                                   | I   |
| RESUMEN .....                                                        | II  |
| ABSTRACT.....                                                        | III |
| INTRODUCCION .....                                                   | IV  |
| OBJETIVOS.....                                                       | 1   |
| Objetivo General. ....                                               | 1   |
| Objetivos específicos.....                                           | 1   |
| HIPÓTESIS.....                                                       | 1   |
| CAPITULO I .....                                                     | 2   |
| MARCO TEORICO.....                                                   | 2   |
| 1.1.    Marco Conceptual .....                                       | 2   |
| Procesos Geológicos.....                                             | 2   |
| 1.2.    Definición de términos básicos.....                          | 3   |
| a.    Geodinamismo (geodinámica).....                                | 3   |
| b.    Riesgo Ambiental.....                                          | 4   |
| c.    Ecosistema.....                                                | 4   |
| d.    Impacto ambiental .....                                        | 4   |
| e.    Riesgo .....                                                   | 4   |
| f.    Vulnerabilidad .....                                           | 4   |
| g.    Mitigación.....                                                | 4   |
| h.    Flujo de detritos .....                                        | 4   |
| i.    Erosión de laderas .....                                       | 5   |
| j.    Deslizamientos .....                                           | 5   |
| 1.3.    Impacto ambiental de las irrigaciones en zonas áridas.....   | 5   |
| 1.4.    Desafíos y limitaciones del riego en regiones áridas .....   | 6   |
| 1.5.    Riego por goteo .....                                        | 8   |
| 1.6.    Riego por aspersión .....                                    | 9   |
| 1.7.    Impactos ambientales del riego.....                          | 9   |
| 1.8.    Escasez de agua y agotamiento de los acuíferos .....         | 10  |
| 1.9.    Salinización y anegamiento .....                             | 11  |
| 1.10.    Pérdida de biodiversidad y degradación de ecosistemas ..... | 11  |
| 1.11.    Flujos de detritos .....                                    | 12  |

|                                                  |                                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.12.                                            | Erosión de laderas .....                                                                                         | 14 |
| 1.13.                                            | Deslizamientos como procesos geodinámicos.....                                                                   | 15 |
| 1.14.                                            | Análisis de Antecedentes Investigativos .....                                                                    | 16 |
| CAPITULO II .....                                |                                                                                                                  | 23 |
| METODOLOGIA .....                                |                                                                                                                  | 23 |
| 2.1.                                             | Área del conocimiento.....                                                                                       | 23 |
| 2.2.                                             | Tipo y Nivel de investigación .....                                                                              | 23 |
| 2.3.                                             | Determinación de los eventos de geodinámica externa generados por las actividades de la irrigación Majes I. .... | 24 |
| 2.4.                                             | Determinación de los impactos ambientales generados por los eventos de geodinámica externa .....                 | 24 |
| 2.5.                                             | Determinación de los riesgos ambientales .....                                                                   | 25 |
| 2.6.                                             | Formulación de Escenarios .....                                                                                  | 25 |
| Estimación de la Probabilidad .....              |                                                                                                                  | 26 |
| 2.7.                                             | Determinación de Riesgo Ambiental .....                                                                          | 28 |
| 2.8.                                             | Campo de Verificación. - .....                                                                                   | 29 |
| Ubicación Espacial. - .....                      |                                                                                                                  | 29 |
| Ubicación Temporal. - .....                      |                                                                                                                  | 29 |
| Unidades de estudio, universo y muestra. - ..... |                                                                                                                  | 29 |
| CAPITULO III .....                               |                                                                                                                  | 30 |
| RESULTADOS Y DISCUSION .....                     |                                                                                                                  | 30 |
| 3.1.                                             | Descripción de área de estudio .....                                                                             | 30 |
| 3.2.                                             | Procesos geodinámicos observados .....                                                                           | 32 |
| 3.2.1.                                           | Erosión de laderas.....                                                                                          | 32 |
| 3.2.2.                                           | Flujo de detritos.....                                                                                           | 33 |
| 3.2.3.                                           | Deslizamientos.....                                                                                              | 34 |
| 3.2.4.                                           | Observación general de los fenómenos de geodinámica presentes en el valle de Sigwas                              | 34 |
| 3.2.5.                                           | Análisis de zonas significativas afectadas por las actividades de la irrigación.....                             | 37 |
| 3.2.6.                                           | Impactos ambientales que se producen debido a las actividades de la irrigación .....                             | 42 |
| 3.2.7.                                           | Actividades impactantes del irrigación .....                                                                     | 43 |
| 3.2.8.                                           | Aspectos ambientales .....                                                                                       | 43 |
| 3.2.9.                                           | Componentes ambientales .....                                                                                    | 44 |
| 3.2.10.                                          | Impactos ambientales.....                                                                                        | 44 |

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| Pérdida de suelo de calidad agrícola .....                         | 44 |
| Modificación de la cantidad y calidad de agua .....                | 45 |
| Disminución de la producción agrícola .....                        | 45 |
| Daño sobre la vivienda de los pobladores .....                     | 45 |
| Daño sobre la infraestructura de riego .....                       | 46 |
| Daño a carreteras .....                                            | 47 |
| 3.3. Riesgos ambientales .....                                     | 47 |
| 3.3.1. Estimación de la Probabilidad .....                         | 49 |
| 3.3.2. Estimación de la Gravedad de las Consecuencias .....        | 50 |
| 3.3.3. Evaluación del Riesgo Ambiental .....                       | 53 |
| Entorno natural .....                                              | 54 |
| Entorno Humano .....                                               | 54 |
| Entorno Socio Económico .....                                      | 54 |
| 3.4. Propuestas de solución .....                                  | 56 |
| 3.4.1. Aplicación de zanjas de coronación .....                    | 56 |
| 3.4.2. Zanja de coronación escalonada .....                        | 57 |
| 3.4.3. Bajantes o rápidas .....                                    | 57 |
| 3.4.4. Diques de contención .....                                  | 58 |
| CONCLUSIONES .....                                                 | 60 |
| RECOMENDACIONES .....                                              | 61 |
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....                                          | 62 |
| <b>ANEXO MAPA GEODINAMICO</b> .....                                | 67 |
| <b>ANEXO DE LA GUIA DE EVALUACION DE RIESGOS AMBIENTALES</b> ..... | 68 |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1: Formulación de escenarios .....                                                            | 26 |
| Tabla 2: Estimación de la probabilidad .....                                                        | 26 |
| Tabla 3: Gravedad de las Consecuencias sobre entorno natural .....                                  | 27 |
| Tabla 4: Gravedad de las Consecuencias sobre entorno humano .....                                   | 27 |
| Tabla 5: Gravedad de las Consecuencias sobre entorno socioeconómico .....                           | 28 |
| Tabla 6: Estimación de la Gravedad de las Consecuencias .....                                       | 28 |
| Tabla 7: Determinación del Riesgo Ambiental .....                                                   | 29 |
| Tabla 8: Ubicación del área de influencia de la irrigación Majes Sigwas I sobre el rio Sigwas ..... | 31 |
| Tabla 9: Formulación de Escenarios de Riesgo .....                                                  | 48 |
| Tabla 10: Tabla para La Estimación de la Probabilidad .....                                         | 49 |

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 11: Estimación de la Probabilidad .....                                                  | 49 |
| Tabla 12: Estimación de la Gravedad de las consecuencias sobre entorno natural .....           | 50 |
| Tabla 13: Estimación de la Gravedad de las consecuencias sobre el entorno Humano .....         | 51 |
| Tabla 14: Estimación de la Gravedad de las consecuencias sobre el entorno socioeconómico ..... | 51 |
| Tabla 15: Estimación de la Gravedad de las Consecuencias .....                                 | 51 |
| Tabla 16: Estimación de la gravedad de las consecuencias Entorno Natural.....                  | 52 |
| Tabla 17: Estimación de la gravedad de las consecuencias Entorno Humano .....                  | 52 |
| Tabla 18: Estimación de la gravedad de las consecuencias Entorno Socio Económico.....          | 53 |
| Tabla 19: Evaluación del Riesgo Ambiental .....                                                | 54 |
| Tabla 20: Consolidado del Riesgo Ambiental.....                                                | 55 |
| Tabla 21: Propuesta de control físico para cada proceso geodinámico identificado .....         | 59 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Imagen satelital de la ubicación del área de influencia de la irrigación Majes Sigwas I sobre el río Sigwas. .... | 30 |
| Figura 2: Delimitación del área de influencia de la irrigación Majes Sigwas I sobre el río Sigwas. ....                     | 31 |
| Figura 3: Erosión de laderas en el valle de Sigwas .....                                                                    | 32 |
| Figura 4: Flujo de detritus en el valle de Sigwas.....                                                                      | 33 |
| Figura 5: Deslizamientos en el valle de Sigwas.....                                                                         | 34 |
| Figura 6: Parte alta del valle de Sigwas, incluida en la zona de influencia de la irrigación .....                          | 35 |
| Figura 7: Parte media del valle de Sigwas, incluida en la zona de influencia de la irrigación .....                         | 36 |
| Figura 8: Parte baja del valle de Sigwas, incluida en la zona de influencia de la irrigación .....                          | 37 |
| Figura 9: Secuencia temporal de imágenes satelitales en la zona el Alto en el valle de Sigwas .....                         | 38 |
| Figura 10: Terrenos agrícolas cubiertos por el material desplazado en la zona denominada El Alto .....                      | 39 |
| Figura 11: Secuencia temporal de imágenes satelitales en la zona Pachaqui en el valle de Sigwas.....                        | 39 |
| Figura 12: Terrenos agrícolas cubiertos por el material desplazado en la zona denominada Pachaqui                           |    |
| PARTE ALTA DE CORNEJO.....                                                                                                  | 40 |
| Figura 13: Secuencia temporal de imágenes satelitales en la zona Alto de Cornejo en el valle de Sigwas .                    | 41 |
| Figura 14: Terrenos agrícolas cubiertos por el material desplazado en la zona denominada Alto de Cornejo.....               | 42 |
| Figura 15: Diagrama de flujo para la identificación de los impactos ambientales de la irrigación Majes Sigwas I .....       | 43 |
| Figura 16: Pérdida de suelo de calidad agrícola en el valle de Sigwas.....                                                  | 45 |
| Figura 17: Vivienda de poblador destruirla en el valle de Sigwas .....                                                      | 46 |
| Figura 18: Infraestructura de riego dañada en el valle de Sigwas .....                                                      | 46 |
| Figura 19: Carretera dañada en el valle de Sigwas .....                                                                     | 47 |
| Figura 20: Detalle considerado en una zanja de coronación. ....                                                             | 56 |
| Figura 21: Detalle de una zanja de coronación escalonada .....                                                              | 57 |
| Figura 22: Ejemplos de bajante. (imagen referencial) .....                                                                  | 58 |
| Figura 23: Diques de contención (imagen referencial) .....                                                                  | 59 |

## RESUMEN

Se propuso realizar un análisis de los riesgos ambientales generados por eventos de geodinámica externa a consecuencia de la irrigación Majes Sigvas I sobre El Valle de Sigvas; considerando la actividad fundamental de la irrigación respecto al efecto que tiene sobre el valle de Sigvas al regadío, se identifican como eventos de geodinámica externa a la erosión de laderas, el flujo de detritus y los deslizamientos; de ellas el de mayor dimensión y de mayor gravedad corresponden a los deslizamientos. Los impactos ambientales identificados a través del proceso de diagrama de flujo corresponden a la pérdida de suelos de calidad agrícola, modificación de la cantidad y calidad de agua, disminución de la producción agrícola, daño a las viviendas de pobladores, daño a la infraestructura de riego y daño a las carreteras. De acuerdo a la valoración de riesgos se establece que la modificación de calidad y cantidad de agua tiene un riesgo alto para los tres entornos; en cambio la pérdida de calidad de suelo agrícola tiene un riesgo alto para el entorno natural y el entorno humano, siendo para el entorno socioeconómico un nivel de riesgo medio. Para todos los demás escenarios y en todos los entornos el riesgo calculado ha sido un riesgo medio.

Palabras clave: irrigación, geodinámica externa, riesgo ambiental

## ABSTRACT

It was proposed to carry out an analysis of the environmental risks generated by external geodynamic events as a result of the Majes Sigvas I irrigation over the Sigvas Valley; Considering the fundamental activity of irrigation with respect to the effect that irrigation has on the Sigvas Valley, slope erosion, debris flow and landslides are identified as external geodynamic events; Of them, the largest and most serious correspond to landslides. The environmental impacts identified through the flow diagram process correspond to the loss of agricultural quality soils, modification of the quantity and quality of water, decrease in agricultural production, damage to residents' homes, damage to irrigation infrastructure. and damage to roads. According to the risk assessment, it is established that the modification of water quality and quantity has a high risk for the three environments; On the other hand, the loss of quality of agricultural land has a high risk for the natural environment and the human environment, with a medium risk level for the socioeconomic environment. For all other scenarios and in all environments the calculated risk has been a medium risk.

Keywords: irrigation, external geodynamics, environmental risk

## INTRODUCCION

Debido a diferentes factores de orden social, dentro los cuales destaca el crecimiento poblacional, se ha tenido la necesidad de proyectar el crecimiento de la frontera agrícola, para lo cual se han desarrollado un conjunto de proyectos que permiten irrigar zonas que de manera natural no han desarrollado vegetación en el orden de la producción agrícola; si bien es cierto, esto trae como consecuencia la probable solución de problemas respecto al abastecimiento de alimento, o incluso hasta fuentes de trabajo de una manera secundaria, al igual que otras actividades generadas por los humanos, esta actividad suele generar problemas ambientales.

Resulta impresionante observar como zonas que mantenían características desérticas en su estado natural logran alcanzar coloridos paisajes mantenidos sobre todo por los productos agrícolas que son incluidos en estas zonas irrigadas, sin embargo, debe tomarse en cuenta de que el suelo que recibe esa humedad que es traída de otros lugares no responde de una manera normal frente a este nuevo elemento.

Uno de los principales problemas observados frente a este escenario anteriormente descrito corresponde a la presencia de fenómenos de geodinámica externa, que corresponden a desplazamiento de masas de suelo a través de flujo de detritus, erosión de laderas y deslizamientos, entre otros fenómenos; estos a su vez provocan riesgos ambientales sobre todo en los lugares en los cuales se deposite el material trasladado; para una respuesta planificada respecto a esta problemática resulta importante identificar la magnitud de los riesgos ambientales generados como consecuencia de estos fenómenos de geodinámica externa referidos anteriormente.

## OBJETIVOS

### Objetivo General.

Analizar los riesgos ambientales generados por eventos de geodinámica externa a consecuencia de la irrigación Majes I sobre el valle de Sigwas

### Objetivos específicos

1. Determinar los eventos de geodinámica externa identificados como consecuencia de la irrigación Majes I en el valle de Sigwas
2. Determinar los impactos ambientales generados por los eventos de geodinámica externa identificados como consecuencia de la irrigación Majes I en el valle de Sigwas
3. Determinar la valoración de riesgos generados por los eventos de geodinámica externa identificados como consecuencia de la irrigación Majes I en el valle de Sigwas.

## HIPÓTESIS

Dado que existen evidencias de efectos negativos respecto a la generación de fenómenos en geodinámica externa, y que estos generan impactos ambientales; es probable poder determinar los riesgos ambientales asociados a estos impactos ambientales y establecer una valoración para priorizarlos

## CAPITULO I

### MARCO TEORICO

#### 1.1. Marco Conceptual

##### Procesos Geológicos.

La Tierra es un sistema dinámico sumamente complejo que experimenta continuamente la influencia de agentes atmosféricos y geológicos que alteran su relieve. A pesar de su gradualidad, estos procesos geológicos se manifiestan de diversas formas. (Condori, 2023)

Los procesos geológicos se refieren a las acciones y efectos que ocurren tanto en las capas externas como internas de la corteza terrestre y el manto. Los procesos geológicos son llevados a cabo por agentes externos, como los ríos, las aguas subterráneas, las olas y los vientos, así como por agentes internos, como los movimientos orogénicos, epirogénicos y sísmicos, y el magmatismo. (Condori, 2023)

Los procesos se clasifican en:

- Los procesos de origen externo o exógeno, también conocidos como geodinámica externa, son fenómenos que actúan sobre la superficie terrestre. Los procesos que involucran la interacción de agentes con la atmósfera y el clima, como el agua de lluvia, la nieve, así como los agentes geológicos como los ríos, glaciares, viento y olas, entre otros. Los procesos exógenos se dividen en diferentes categorías.
- Los efectos negativos de algo. La denudación del relieve abarca el proceso de meteorización o intemperismo, el cual implica la desintegración y descomposición de los materiales debido a la acción de los agentes atmosféricos. La erosión se refiere al proceso de desgaste físico de los materiales causado por diversos mecanismos. El transporte de los materiales generados se realiza hacia áreas de menor elevación en la corteza terrestre.

- La sedimentación se refiere a la acumulación de fragmentos en un lugar específico, mientras que la litogénesis es el proceso mediante el cual se forma nueva corteza a través de la creación de rocas sedimentarias a partir de sedimentos.

En general, los procesos geodinámicos externos tienden a ser predominantemente destructivos.

Los procesos de origen interno o endógeno, también conocidos como geodinámica interna, se refieren a las fuerzas y procesos que tienen lugar en el interior de la Tierra. Los procesos geológicos son todas las actividades que ocurren en la corteza terrestre y el manto, orientadas hacia la creación de nuevas formaciones rocosas bajo condiciones de alta temperatura y presión, lo que resulta en la deformación de los materiales y en su posterior ascenso y ubicación en la superficie terrestre. Dentro de los procesos geológicos, se destaca el magmatismo, el cual está relacionado con la actividad magmática intrusiva y extrusiva que conduce a la formación de rocas ígneas. Asimismo, se encuentra el metamorfismo, que consiste en transformaciones físico-químicas de los materiales que resultan en la formación de rocas metamórficas. Los movimientos de la corteza terrestre se manifiestan a través de la orogénesis, que es la formación de montañas, así como por los levantamientos y hundimientos de regiones terrestres, conocidos como movimientos epirogénicos, diastrofismo y sismos. (Condori, 2023)

En términos generales los procesos de geodinámica interna son fundamentalmente destructivos. (Condori, 2023)

## **1.2. Definición de términos básicos**

### **a. Geodinamismo (geodinámica)**

La geomorfología es la disciplina de la geología encargada de analizar los agentes o fuerzas que participan en los procesos dinámicos de la Tierra. La geodinámica se clasifica en dos ramas principales: la geodinámica interna, también conocida como procesos endógenos, y la geodinámica externa, denominada procesos exógenos de la superficie terrestre.

#### **b. Riesgo Ambiental**

La probabilidad de ocasionar un perjuicio ambiental o una catástrofe, ya sea por un fenómeno natural o por la intervención humana.

#### **c. Ecosistema**

Se entiende por ecosistema: Un complejo dinámico de poblaciones vegetales, animales y microorganismos que interactúan entre sí y con el medio no viviente constituyendo una unidad funcional en un lugar y tiempo determinado

#### **d. Impacto ambiental**

El impacto ambiental se define como la modificación positiva o negativa en el entorno o en alguno de sus elementos, causada por una acción o actividad específica.

#### **e. Riesgo**

La estimación de riesgos consiste en evaluar las potenciales pérdidas y daños previsibles, ya sea en términos de personas afectadas, bienes materiales o recursos económicos, ante la eventualidad de un evento de naturaleza natural o tecnológica.

#### **f. Vulnerabilidad**

La vulnerabilidad se define como la medida de la fragilidad o exposición de un elemento o grupo de elementos ante la presencia de un riesgo natural o causado por el ser humano de cierta magnitud.

#### **g. Mitigación**

La reducción de los efectos de un desastre se logra principalmente mediante la disminución de la vulnerabilidad. Las medidas de prevención adoptadas en situaciones de emergencia, la promulgación de normativas legales, la planificación y otras acciones tienen como objetivo proteger vidas humanas, propiedades y la producción de desastres de origen natural, biológico y tecnológico.

#### **h. Flujo de detritos**

Denominados como "huaycos" según la terminología utilizada en Perú. Las corrientes de lodo son eventos ocasionales que se caracterizan por flujos rápidos de aguas turbias que

transportan una variedad de materiales, desde partículas finas hasta grandes bloques de roca, así como vegetación, a lo largo de un cauce definido, como desbordes naturales. En la parte final, se disponen formando una estructura en forma de cono o abanico.

#### **i. Erosión de laderas**

La erosión se define como el proceso de desintegración, desgaste o pérdida de suelo y rocas causado por la acción del agua y los fenómenos del intemperismo. La erosión de laderas se refiere a los procesos que provocan la erosión y transporte de materiales superficiales, ya sea suelo o roca, debido a la constante acción de agentes erosivos como la lluvia, el escurrimiento superficial y el viento, los cuales contribuyen a la degradación de la superficie del terreno.

#### **j. Deslizamientos**

La definición de un deslizamiento de tierra es el movimiento descendente y lateral de diferentes materiales, como suelos, rocas o rellenos artificiales, en una pendiente, ya sea natural o construida. Estas estructuras se distinguen por la presencia obligatoria de un plano de deslizamiento o falla a lo largo del cual ocurre el desplazamiento, el cual puede manifestarse de manera gradual o brusca.

### **1.3. Impacto ambiental de las irrigaciones en zonas áridas**

El riego tiene ventajas porque permite cultivar cultivos en condiciones relativamente áridas. Sin embargo, existen costos ambientales bastante importantes y claramente asociados que se ignoran, se marginan o no se reconocen como inseparables del proceso de riego. Esto resultará en el empobrecimiento del medio ambiente regional. A menudo es la relativa riqueza del entorno regional, en comparación con las zonas tradicionales de tierras secas, lo que atrae a los agricultores como respuesta a la degradación de la tierra en sus entornos tradicionales. (Vidotti, y Col., 2024)

En general, el medio ambiente de las zonas desérticas se considera bastante frágil. Cada vez es más evidente que manipular el entorno, ya sea consciente o inconscientemente, puede tener consecuencias muy graves. En muchas sociedades modernas, las actividades tradicionales de subsistencia se han vuelto demasiado riesgosas y la mayoría de los habitantes se han vuelto dependientes de las economías de mercado. No es inusual que tales

economías financien la degradación ambiental, porque los costos ambientales que existirían en un mundo ideal no se penalizan de esta manera. (Vidotti, y Col., 2024)

El riego es necesariamente un procedimiento artificial que supone dotar al suelo de la humedad necesaria para que el agua sea transportada por capilaridad desde la capa húmeda hasta la superficie del suelo donde pueda evaporarse y compensar no sólo el volumen anual o déficit hídrico sino también las fluctuaciones temporales causadas por la relación precipitación-temperatura que, en la estación cálida, se verifican también rápidamente por la recta de desecación. El circuito de riego consta de una fuente de agua, equipos que producen el producto necesario para el transporte y una red de distribución para que el agua llegue a las zonas regadas, o al índice de humedad (uso de red) y no a las emergencias de las plantas (remoto). En una red, una parte esencial del sistema es ciertamente la estructura de transposición de los manantiales de agua (o de los canales públicos) a los privados. Las tuberías subterráneas tendidas para el acueducto urbano, a efectos de comparación económica y de funcionamiento, cumplirían con esta función, así como, en zonas secas, una vía adecuada. (Vidotti, y Col., 2024)

#### **1.4. Desafíos y limitaciones del riego en regiones áridas**

Por lo tanto, y especialmente ante el cambio climático, las medidas de ahorro de agua tendrán una importancia destacada para la seguridad alimentaria en el futuro. La calidad depende principalmente de la interacción entre el agua y la planta, como los desequilibrios provocados por la salinización o la alcalinización. Otra limitación cualitativa es el aumento de ingredientes vegetales secundarios, que se producen principalmente en condiciones de escasez de agua. Es un debate abierto que una menor producción en condiciones de estrés, luces rojas causadas por ambientalistas e informes engañosos, utilizando argumentos y conceptos pseudocientíficos como "Huellas de la Tierra", se señalan como riesgos potenciales y podrían afectar los procesos de toma de decisiones. Sin embargo, hay informes que arrojan una luz diferente sobre el riesgo potencial del uso excesivo de agua dulce en zonas con estrés hídrico. (Li, y col., 2024)

La agricultura se practica en casi todas esas regiones, aunque siempre existen limitaciones y otras limitaciones. A escala global, vemos que ha surgido un área bajo estrés hídrico que hoy comprende alrededor del 20% del territorio total, que se encuentra

principalmente en regiones áridas. En tales condiciones, se ha desarrollado una variedad de sistemas agrícolas que pueden hacer frente a estas limitaciones. Debido a la escasez de recursos (principalmente agua), los sistemas agrícolas en zonas con estrés hídrico son bastante diferentes de los de zonas más templadas. Se estima que el 75% de toda el agua para riego en el mundo proviene de la lluvia o proviene de cuerpos de agua superficiales. Hay cifras impresionantes que subrayan la importancia de esas fuentes de agua, en particular que el 80% del volumen total de producción de alimentos proviene de esas regiones y que aproximadamente 100 millones de hectáreas de tierra están equipadas con tecnologías de riego. (Li, y col., 2024)

El riego se utiliza en combinación con varios tipos de agricultura; El arroz, un cultivo que crece en aguas estancadas, es uno de los cultivos que consumen más agua del mundo y requiere sistemas de riego especializados. Sin embargo, en muchas partes del mundo (y en el pasado), el agua estancada suele ser el subproducto, más que el objetivo principal, del riego.

El riego se utiliza a menudo en la agricultura en zonas áridas o semiáridas donde las precipitaciones son demasiado escasas o demasiado irregulares para sustentar los cultivos. En muchas partes del mundo, el agua para riego proviene de pozos; Si el acuífero es profundo y la profundidad del agua es relativamente constante, este uso puede ser sostenible. Si el agua se toma de un arroyo o lago, este uso cambia los patrones de flujo y puede provocar una disminución de las cantidades de agua para las personas y los ecosistemas aguas abajo. (Li, y col., 2024)

El riego superficial se puede utilizar para controlar la salinidad en áreas húmedas de los campos y, con las precauciones adecuadas, también en todo el campo. Sin embargo, en la mayoría de los casos, el encharcamiento es excesivo al final de la serie. La fase de relaves húmedos debe detenerse con antelación reduciendo la profundidad del agua en la toma. Si la cara se inclina hacia abajo en el orden de la corriente, puede haber una depresión de 10 a 12 mm que puede usarse para bajar el nivel del agua. El método más rápido es forzar una pendiente más pronunciada (cuando sea posible) desde una caja de riego excesivo cerca de la alcantarilla. Si la cara se inclina hacia arriba, se utilizan canales o tuberías. Luego se puede iniciar la siguiente fase de riego cerrando la tubería.

El riego superficial, cuando se gestiona perfectamente, no sólo puede proporcionar altos rendimientos con bajas cantidades de agua, sino también minimizar la degradación de la tierra y la contaminación debido a la acumulación de sales. Trabaja con un frente de avance uniforme a lo largo del campo, infiltrándose agua a medida que el frente se desplaza. Como resultado de la falta de uniformidad, la cola del frente de riego está casi estancada. Esta característica se utiliza en la práctica para el riego con lixiviados con el fin de controlar la salinidad en las zonas húmedas de los campos. Por el contrario, el software rápido hace un uso negativo regando en exceso alrededor del 10-15% para satisfacer las necesidades de infiltración de la cola. En este caso simple de riego superficial, la cola es función de la profundidad del agua con gradiente cero a lo largo del campo. Después de dos infiltraciones muy conocidas y el avance de las ecuaciones del frente de riego, la mayoría de las fases de riego superficial pueden derivarse de aproximaciones de las ecuaciones de Green y Ampt-Kostiakov. Un análisis adimensional ayudará a generalizar las conclusiones extraídas para el caso simple de esta sección en el uso de las ecuaciones para otras configuraciones. (Li, y col., 2024)

### **1.5. Riego por goteo**

En consecuencia, se minimiza el potencial de lixiviación, escorrentía y otras formas de contaminación ambiental. Además de los beneficios ambientales de utilizar menos agua, se reducen los daños por lixiviación, escorrentía y contaminación del suelo. Los costes laborales también se reducen. Las poblaciones de plagas son menores debido a la reducción del crecimiento de malezas y cultivos. La cosecha y otras actividades de campo son más fáciles y rápidas debido a la reducción del tamaño de las malezas y las plantas. El plástico que se utiliza en el sistema de goteo también reduce en gran medida los problemas asociados con las plagas en el suelo o el medio de cultivo. El suelo no irrigado no es un ambiente ideal para las plagas, por lo que la tubería de polietileno utilizada con el riego por goteo, al eliminar la humedad del suelo, inhibe el desarrollo de plagas en el suelo o en el medio de cultivo, con posibles excepciones en situaciones en las que hay altos niveles de humedad. viajan a través del polietileno hasta la superficie del medio. (Radcliffe, 2022)

Los elementos básicos de un sistema de goteo incluyen una unidad de bombeo, una válvula de control, un filtro y un sistema de tubos delgados colocados en la zona de las

raíces de los cultivos. Un tubo de alimentación va desde el tubo colector hasta cada planta para que las soluciones nutritivas se apliquen lo más directamente posible a las raíces de las plantas. Debido a que el suministro de agua se concentra directamente en la zona de las raíces de las plantas individuales, a diferencia de los efectos indeseables de esparcir soluciones nutritivas por áreas enteras de suelo, se reduce el potencial de contaminación del suelo y la posible lixiviación del exceso de fertilizantes. (Radcliffe, 2022)

### **1.6. Riego por aspersión**

En este método, el agua a presión se distribuye mediante bombas y otros equipos a través de tuberías que tienen cabezales giratorios que arrojan agua al aire de forma similar a la lluvia. Las gotas de agua caen al suelo y son reabsorbidas por el suelo. En términos de eficiencia, el riego por aspersión ofrece varias ventajas sobre otros métodos de aplicación. El contacto entre el agua y el aire asegura que el agua quede impregnada con un nivel relativamente bajo de sales disueltas, lo que reduce la necesidad de lixiviación. La evaporación de las superficies de las gotas es menor que la de las superficies de agua libre, particularmente en los fuertes vientos tan comunes en las regiones áridas. Este método generalmente permite el riego de cultivos de mediana altura con distribución de agua por encima de la cabeza hasta 10 m del cabezal. Se emplean ampliamente métodos de rotación de cabezales y tuberías de distribución; los ajustes en la densidad de los rociadores, el diseño y la altura del tubo vertical proporcionan una uniformidad de salida del 90%. Se pueden obtener eficiencias igualmente altas si se entierran las tuberías para facilitar el uso de aspersores montados en tractores. Con una separación típica de 30 m, los rociadores suelen proporcionar una cobertura de superficie de alrededor del 75% y están contruidos con marcos de 4 a 10 m de altura. Es posible obtener una flexibilidad adicional mediante el uso de cañones grandes en remolques, que pueden irrigar áreas circulares de radio bastante grande. También se puede utilizar un carro tirado por un camello o un caballo para mover los aspersores que funcionan en líneas de alimentación de sólo unos pocos metros de largo. (Radcliffe, 2022)

### **1.7. Impactos ambientales del riego**

Cada vez hay más pruebas que demuestran que el uso no sostenible del agua contribuye a disminuir la capacidad del medio ambiente para desempeñar su función de

apoyo a los ecosistemas y a la limpieza y reposición de los recursos hídricos. El uso excesivo de agua resulta en una disminución de la altitud media del nivel freático o en la eliminación del agua, destruyendo el equilibrio y provocando hundimientos del terreno, mientras que el exceso de riego eleva los niveles del nivel freático, provocando acumulación de sal y salinización de los suelos. la zona de las raíces, superando a aquellas plantas que dependen de los patrones de infiltración de humedad proveniente de las precipitaciones durante los períodos secos. A medida que la demanda de agua subterránea aumenta continuamente, hay una mayor sobreexplotación del recurso y la confiabilidad del sistema hidrológico se ve comprometida. (Anderson y Cantor, 2024)

El uso excesivo de la agricultura de regadío genera ciertos costos ambientales. Muy a menudo, esos costos son el resultado de estrategias de gestión del agua que no tienen en cuenta el valor de los recursos naturales y la infraestructura. Estas estrategias tienen como objetivo proporcionar apoyo financiero y recompensar económicamente a determinados usuarios o grupos de usuarios. Estos son los usuarios directos del agua y de los sistemas de drenaje y riego, cuyas principales preocupaciones son mantener el agua agrícola lo más barata posible mediante la reducción tanto como sea posible de otros costos relacionados con los subsidios externos, el uso inadecuado de la infraestructura y las políticas de laissez-faire que tendrían repercusiones negativas en otras categorías de partes interesadas y en otros sectores. (Anderson y Cantor, 2024).

### **1.8. Escasez de agua y agotamiento de los acuíferos**

La mayoría de los países de Oriente Medio y el Norte de África, especialmente los de la Península Arábiga y el Norte de África, sufren escasez de agua debido a las escasas precipitaciones y a la alta intensidad del consumo de agua, que se debe principalmente al sector energético: tecnologías de desalinización. consumir grandes cantidades de energía primaria. La protección del medio ambiente, la reducción del riesgo de contaminación del agua dulce y el control de las emisiones de gases de efecto invernadero requieren un uso racional de aplicaciones no motorizadas. En este contexto, se han desarrollado varias técnicas para la desalinización de agua salada. También es crucial reducir los caudales ascendentes en la extracción de agua potable de las reservas para controlar el riesgo de

salinidad, especialmente en los países con reservas de agua bajas, cuyo agotamiento significativo -hasta el año 25 o 50 del siglo XXI- fue detectado. (Anderson y Cantor, 2024)

### **1.9. Salinización y anegamiento**

La materia disuelta que llegará a las raíces de las plantas a través del agua hipogea es más pobre en oxígeno disuelto, menor en contenido de nutrientes, pero más rica en sales que van aumentando progresivamente en concentración. Si la concentración alcanza un alto grado, las raíces absorberán un menor volumen de agua, concentrarán iones libres dañinos en los tejidos y reducirán la evapotranspiración antes del amanecer. Más allá de un cierto nivel de salinidad específica nociva, el crecimiento de las plantas se verá parcialmente detenido y eventualmente se detendrá por completo.

El riego con agua con alto contenido de sales conducirá, a largo plazo, a la acumulación de estas sales, particularmente iones  $\text{Na}^+$ , en la zona de las raíces y en el agua de las zanjas. La lixiviación de  $\text{Na}^+$  requiere diez veces más que el agua de lluvia del mar. Cada 1% de contenido de Na en los 50 cm superiores del suelo, con un drenaje y lixiviación adecuados, contribuirá a un aumento global de las partículas de sal descargadas con el agua de drenaje. Si hay exceso de  $\text{Na}^+$  intercambiable, la tasa de infiltración de agua en el suelo disminuirá. Por lo tanto, las partículas de agua, en el caso de costras rígidas, no podrán moverse. Esto provoca anegamiento. Las partículas de agua en movimiento pueden arrastrar sólidos en suspensión, creando una capa impermeable que impide el arado profundo. (Anderson y Cantor, 2024)

### **1.10. Pérdida de biodiversidad y degradación de ecosistemas**

La estructura, la estacionalidad y la calidad del agua se modificarán directamente mediante el riego. Se encuentra que el agua de drenaje agrícola es el principal factor que cambia la diversidad biológica de la comunidad acuática en el valle, y la interacción de los cuerpos de drenaje y las variables del hábitat físico a escala fina de un interfluvio juega un papel clave en el cambio de la diversidad biológica. En la zona árida, un proyecto de riego siempre utiliza el agua superficial local o introduce agua superficial no nativa para salvaguardar las vidas de las personas y los animales domésticos y, mientras tanto, para el crecimiento económico. El diseño y la operación adecuados del sistema de riego pueden moderar la tendencia a la baja del agua superficial local, mantener el microclima y el

entorno ecológico del campo de pozos y así promover la salud y la cognición de los niños y permitir el desarrollo a largo plazo de esta comunidad. (Anderson y Cantor, 2024)

La biodiversidad es el atributo natural más valioso de la Tierra y es esencial para el bienestar humano. Las tierras áridas son el hábitat de un gran porcentaje de variedades de flora y fauna. La degradación o destrucción de estos hábitats provocará una grave pérdida de recursos genéticos. La construcción de sistemas de riego se producirá directamente en determinados casos, o supondrá el abandono de la agricultura original de la zona árida y la recuperación natural del terreno afectado por el riego, lo que a su vez se convierte en un factor clave que determina el cambio de biodiversidad. Los impactos resultantes de la pérdida de biodiversidad y la degradación de los ecosistemas se pueden clasificar en impactos sobre el cuerpo de agua, el suelo y los ambientes circundantes.

La riqueza de formas de cultivo y el extendido riego autóctono utiliza una importante superficie de erial, lo que origina fitocenosis constituidas con agricultura como estrato principal que manifiestan formas muy adaptadas a la ecología local, vinculadas en ciertos casos a relictos de formaciones vegetales naturales sometidos a ritmos diferentes, sin destruir necesariamente dichos elementos autónomos ni homogeneizar la superficie ocupada de cara a la erosión. (Anderson y Cantor, 2024)

La agricultura produce flujos de detritus muy superiores a los procesos de erosión de laderas naturales, debido al laboreo del terreno, la exposición al viento de amplias áreas sin vegetación arbórea y herbácea durante gran parte del año, y el arrastre por escorrentía superficial de los productos químicos fungicidas, herbicidas, plaguicidas y fertilizantes utilizados en los tratamientos destinados a obtener una mayor producción. Las deyecciones animales de ganado confinado, la apicultura, los corrales de aves de corral, las cuadras de mulares y caballos de labor, el sobrante de abono aplicado, y el curtido y lavado de pieles animales, contaminan la comida del ganado y modifican la composición química del suelo cultivado, favoreciendo la erosión del mismo. (Du y Col., 2024)

#### **1.11. Flujos de detritos**

En cuencas de clima árido, la erosión por parte de los arroyos constituye generalmente una parte importante de la carga que se transporta a nivel de corrientes. Esta erosión fluvial

representa otro tipo de erosión, diferente a la deposición de aluviones (cordones de coluviones, llanuras aluviales). Asimismo, existe la erosión producida por el viento. Este transporte se realiza para depositarse en las partes bajas o en la misma cuenca aportante o localmente en el lugar donde se produce la erosión. Esta erosión eólica genera un depósito particular llamado Regs (detrítico cuya morfología es variada, desde un principio hasta valles de diversa orientación, entre e intercambios de cordones dinámicos).

En el sistema hídrico superficial, los ríos efectúan una importante capacidad de transporte de partículas erosionadas de las diferentes geoformas. La erosión fluvial, así como los efectos de movilización de masa desde las laderas por gravedad, los flujos de detritus o aluviones. Este transporte de sedimentos erosivos se realiza hacia formas hídricas menores, como arroyos, que son los encargados, en la mayoría de los casos, de arrastrar esta carga hasta su conexión con el drenaje principal de la cuenca. Las combinaciones entre los dos sistemas (fluviales y gravitacionales) han generado, y continúan generando, las condiciones para la formación y mantenimiento de las geoformas y morfologías diversas de las diferentes cuencas áridas. (Du y Col., 2024)

Existen hacia el interior de los valles apilamientos de materiales aluviales y detríticos conocidos como flujos de detritus. Son planchados de modo que el declive y origen del material es relativamente plano, como en el caso de la denudación, que resulta en un producto con centenas de litros de agua pluvial superficial que transporta sedimento e inicia el movimiento ascendente de flujos de detritus con abundante contenido de agua. Estos flujos cavan surcos hasta unirse a los flujos de agua pluvial, generando en el mismo ángulo un flujo turbulento de agua y sedimentos o torrencial. Los depósitos resultantes son distintos a los de un deslizamiento, que sacan gran profusión de formas vulcanas, cuchillos, bloques, etc. Cavan surcos y se pueden observar restos espectaculares. Los depósitos de detritus están formados por material de granulometría variable, mayoritariamente de origen aluvial, localizado en los fondos de los grandes valles glaciares. La definición de estos depósitos y de los fenómenos geodinámicos que inducen su formación está relacionada con los flujos unidos a la actividad agrícola y a la doctrina de riesgos geológicos. Los depósitos aluviales de detritus no deben confundirse con las terrazas de acumulación, que también se localizan en grandes valles glaciares. Estas terrazas no están relacionadas

geodinámicamente con la actividad agrícola e indican cambios en la activología reciente del valle, ya sea en grabes de inversión o simplemente en el cambio de posición del río. .  
(Du y Col., 2024)

### **1.12. Erosión de laderas**

Existen diversos modelos para describir y comparar la base geológica de zonas arqueológicas. En términos generales, dos corrientes de divergencia, o bien las diferencias resultan de características geológicas únicas, las que desempeñaron un papel crucial en la transformación del paisaje y en las relaciones que mantuvo grupos primitivos. Los procesos de movimiento de masa que ocurren en laderas son comúnmente divididos en dos categorías: los flujos corpulentos son aquellos procesos de rápida ocurrencia y desplazamientos de flujos densos de ladera, los cuales ocurren frecuentemente relacionados a procesos meteorológicos activos; la erosión se produce por la acción del agua y el viento sobre el suelo que lo desprenden y arrastran dejando descubierto el sustrato sobre el cual la erosión física tiene una acción mayor. La formación de regolito es resultante de la disgregación física y química de los materiales rocosos del sustrato. La disgregación física la realizan hongos y raíces. Proceso clave del paisaje mediante el cual se va produciendo el modelado del relieve de la superficie terrestre. La acción del agua en movimientos de erosión deja entrever en mayor medida el modelado geológico del terreno, y en menor grado las alteraciones hechas por la vida. El régimen de precipitación en las áreas montañosas contrarresta la efectiva infiltración (escurrimiento subterráneo), generando volúmenes considerables de escurrimiento superficial, que genera incisiones en los caminos (ver la variable erosión por flujo concentrado), que dan origen a operaciones síncronas y mecanismos diversos como la conexión barranco y bajadas clasificadas en micropaisajes aluviales con pendientes mínimas sobre las que cultivaban entre los maóstiles de la pocas piedras áreas de cultivo. En el sector agrícola fue constante la atención por tratar de mitigar y prevenir tales efectos, entre las prácticas de manejo más utilizadas está el co-bandeo del suelo, utilización de opciones de miras, barreras vivas y muertas, utilización de las laderas con diferentes propósitos para reducir las pendientes con alto grado de vegetación natural y a la conservación en diversas modalidades de huertas y linderos. En respuesta a las acciones se observó el proliferar la erosión laminar que en ciertos casos llevó a la quiebra del uso de determinadas superficies reevaluadas para otras ocupaciones (pastoreo ovino y

porcino) o destinadas a agrandar cultivos (nueva quinta o barrioreta), mejorar las calidades químicas y físicas del suelo lo que reprodujo un incremento en la capacidad de carga de las veredas existentes por nuevos asentadores y ampliación y diversificación de los productos obtenidos en estado agrícola. . (Du y Col., 2024)

Los elementos estructurales del relieve del llano incluyeron a los planos aluviales proporcionados por los ríos y arroyos, que constituyeron las áreas de asentamientos humanos y agrícolas. Hasta la incorporación de la tecnología de riego, que permitió la expansión y explotación agrícola en las tierras altas. Gran cantidad de litologías prevaletentes, tipos de contactos entre las formaciones (unconformidades, contactos tectónicos, discordancias sedimentarias, erosiones cubiertas), varios cursos de agua superficiales que exceden del centenar, pendientes del suelo que oscilan entre el 5 y 15%, entre otras variables, fueron suficiente base para una rápida pérdida de suelo por erosión hídrica. Las unidades pedológicas donde los agricultores imprimieron el uso consuetudinario debido al manifiesto dominio natural resultaron afectadas principalmente por pérdidas por erosión por el deslave de las laderas, lo que llevó a plantar productos de "ciclo corto" en los depósitos aluvio coluvionales. (Du y Col., 2024).

### **1.13. Deslizamientos como procesos geodinámicos**

Las crecidas provocan taludes inestables de terrazas y de diques de canales, aumentan su energía al erosionar la base de taludes, mueven tanta erosión durante las crecidas de verano, más del 50% del total, erosionándose menos, pero de manera continua, durante el resto del año, fundamentalmente en el otoño. En el terreno de cultivo viejo las crecidas anuales son menores pero arrastran mucho detritus durante la primavera y el otoño, erodiendo la base de los taludes. La generación de lóbulos erosivos originados por el desbordamiento de sapas y acequias que riegan laderas con terrazas de cultivo nuevos, genera en el margen de ríos una gradual ladera de tonalita homogéneamente meteorizada; o depósitos aluviales. Al observar la zona del cauce, comúnmente presente en los torrentes de montaña o en los barrizales de llanura y cercanas al socavón con diferentes orientaciones, se tiene una mayor presencia de fenómenos erosivos, activos o abandonados, generados por los diferentes afluentes en respuesta temporal y espacial hacia el río. (Du y Col., 2024)

En el contexto del sistema agrícola regional, la geodinámica por la inercia del complejo procesal en las distintas subunidades del sistema de trama de valles bajo estudio, se manifiesta fundamentalmente como un obstáculo a superar para mejorar las condiciones de intolerancia antrópica en función a los riesgos sobre taxones flora y fauna social, selecta (doméstica) y valiosa (programas de articulación urbano-metropolitano) y sus biotopos respectivos, que puedan dibujarse dentro del espacio rural. En otras palabras, se trata de superar los subconsiderados órdenes geodinámicos activos contemporáneos (activos antrópicos, antropogénicos activos y procesos estructurales activos relacionados a las zonas digame- y epirogenéticas activas de la bioesfera terrestre) a fin de establecer un nuevo tipo de orden geogénico de carácter regional y transmunicipal, destinado funcionalmente a contrarrestar a los clásicos raíces escalares que lazos los sistemas dirigidos. (Du y Col., 2024)

Se puede inferir que la deforestación que origina el desmantelamiento de la superficie, el aumento de actividad de las laderas que ahora quedan desnudas, la rápida movilización de las aguas superficiales, la sobrealimentación de los cauces, el colmataje de los cauces y su elevación, el aumento de la tasa de escorrentía e infiltración en el mosaico, las sociedades de cordillera y las terrazas de los valles laterales, y el abastecimiento submarino con aguas termales a lo largo del conjunto, están vinculados al establecimiento de sistemas de irrigación por parte de los colonizadores del Perú que han elegido valles en base a cualidades menos costosas para su establecimiento pero que han llevado a tal grado de degradación los sectores de derrame de un conjunto que ahora todos los sistemas antropogénicos se encuentran condicionados por los procesos geodinámicos subyacentes y se han vuelto habituales a estos, perdiendo su naturaleza de sistemas irrigados y concentrados únicamente en un sector. (Du y Col., 2024)

#### **1.14. Análisis de Antecedentes Investigativos**

Para Rabanaque y Col (2022) en su artículo titulado “Seguimiento de la respuesta del canal y recuperación de arroyos efímeros del Mediterráneo mediante análisis de ortofotografía diacrónica con aprendizaje automático” menciona que desde los años 70, los ríos efímeros del Mediterráneo en España han sido objeto de una extracción de grava a gran escala. En la década de los 90 cesó en gran medida esta actividad, aunque en la actualidad

se han continuado realizando nuevas excavaciones controladas de gravas en el cauce. La disminución de la actividad minera de gravas, junto con el transporte longitudinal de sedimentos generado por las inundaciones, ha permitido que estos arroyos comiencen a recuperar sus formas aluviales aunque su desarrollo y continuidad está controlado por el enquistamiento de los cauces y limitado por el aporte de sedimentos. Este estudio pretende cuantificar los cambios espacio-temporales generados a lo largo del río para caracterizar la transmisión de sedimentos longitudinalmente. Para ello, los métodos de teledetección ofrecen técnicas eficaces y potentes. En particular, se realizó anualmente desde 2018 a 2021 una clasificación supervisada con SVM (máquina de vectores de soporte) en la Rambla de Cervera, un arroyo efímero en la provincia de Castelló, en el este de España. Para la clasificación se utilizaron ortofotografías del Institut Cartografic Valencia con una resolución de 0,25 m/píxel y bandas RGBI. En esta clasificación se han diferenciado tres accidentes geográficos: lecho de roca (expuesto en el lecho del río), canal (gravas de canal y barras de grava sin vegetación) y barras de grava con vegetación (barras de grava con cubierta vegetal). Posteriormente se realizó una segmentación automática a lo largo del corredor fluvial cada 100 m. Finalmente, se extrajeron los valores de clasificación para cada segmento y se realizó el análisis de datos. Los resultados preliminares muestran que la recuperación de los ríos está controlada longitudinalmente mediante controles geológicos y estructurales. En tramos aluviales amplios, el suministro lateral de los ríos procedente de la erosión de las orillas contribuye a la formación de barras laterales de grava dentro de un cinturón aluvial activo más estrecho. Por el contrario, en tramos confinados con control estructural, las barras de grava en el lecho del canal son discontinuas y se alternan con tramos de erosión que indican condiciones de suministro limitado. En las condiciones de transmisión de sedimentos más agotadas se establece una vegetación densa disminuyendo la continuidad longitudinal aluvial. El análisis diacrónico de las ortofotografías (2018-2021) indica una incipiente recuperación de los accidentes geográficos aluviales en los tramos más aguas abajo que fueron objeto de la mayor extracción de grava en el canal. En resumen, el uso combinado de ortofotografía de alta resolución con algoritmos de aprendizaje automático proporcionó una técnica eficaz para monitorear la recuperación espacio-temporal de los arroyos y la identificación de sectores fluviales donde los esfuerzos de gestión y restauración son urgentes.

Slamini, y Col. (2022) publicaron “Revisión sobre el riego por secado parcial de la zona de las raíces: impacto en el rendimiento de los cultivos, la contaminación del suelo y del agua” donde mencionan que la disponibilidad de agua es el factor más limitante para el sector de producción de cultivos y uno de los principales reguladores de la distribución espacial de las plantas. La agricultura consume más de dos tercios del agua dulce total del planeta; Este alto consumo causa importantes conflictos en términos de asignación de agua dulce entre la agricultura y otros sectores económicos. Además, el riego convencional no puede sostenerse en muchas partes del mundo debido al rápido agotamiento de los recursos hídricos, por lo que se considera un uso lujoso del agua. Se observa que en los últimos años se han mejorado los métodos de aplicación del agua de riego. Actualmente las investigaciones se han dirigido hacia estrategias de riego que reduzcan las aplicaciones de agua “Estrategias de Riego Déficit (DI)” y permitan aumentar la eficiencia de su uso sin afectar el crecimiento ni el rendimiento de las plantas. El secado parcial de la zona radicular (PRD) es un método de riego eficaz que ahorra agua, aunque puede afectar la actividad radicular de las plantas a través de la distribución heterogénea de la humedad en el suelo. De hecho, la teoría básica que subyace a esta técnica es el uso de la respuesta hormonal de las raíces al estrés hídrico, que puede inducir reacciones fisiológicas en las partes aéreas de la planta, mediante una reducción de la conductancia estomática y la transpiración. De esta forma, la planta puede limitar sus pérdidas de agua por transpiración, con una reducción no significativa del rendimiento; Además, esta técnica de riego es de suma importancia en términos de minimizar la contaminación de las aguas subterráneas al reducir el flujo de retorno del agua de riego y, en consecuencia, reducir significativamente la lixiviación de insumos agroquímicos a las aguas subterráneas. Este trabajo tiene como objetivo esclarecer el origen del riego PRD y analizar algunos aspectos fisiológicos de las plantas cultivadas bajo esta técnica, así como su aspecto respetuoso con el medio ambiente. Luego, sintetizar algunos trabajos de investigación sobre la mejora de la productividad del agua y su eficiencia en cultivos de cítricos.

Hoogesteger, (2022) Publicó “Regulación del uso agrícola de aguas subterráneas en regiones áridas y semiáridas del Sur Global: desafíos e impactos socioambientales” donde menciona que el agua subterránea constituye la base de millones de medios de vida rurales y urbanos en el Sur Global. Su uso para riego ha estimulado un desarrollo socioeconómico

generalizado en varias áreas, pero también ha provocado una sobreexplotación de los acuíferos y los impactos socioambientales relacionados. Este artículo presenta los desafíos comunes que enfrenta la regulación de las aguas subterráneas agrícolas en las áreas de uso intensivo. Muestra los principales enfoques que se han utilizado para intentar regular y controlar el uso de las aguas subterráneas. Estos giran principalmente en torno a la regulación directa por parte del Estado; diferentes formas de cogestión entre grupos de usuarios de aguas subterráneas y agencias estatales; e incentivos destinados a reducir el uso agrícola de aguas subterráneas. Esta revisión analiza por qué, en muchos contextos, estos mecanismos no han llevado a un uso más sostenible de los acuíferos. Finalmente, el artículo pretende resaltar los importantes desafíos que esto plantea en términos de sostenibilidad socioambiental.

Ingrao, y col., (2023) en su publicación “Escasez de agua en la agricultura: una descripción general de las causas, los impactos y los enfoques para reducir los riesgos” mencionan que el agua dulce es un recurso vital tanto para la salud de los ecosistemas como para la supervivencia humana, y es el recurso natural que más se extrae a nivel mundial. El consumo excesivo de agua dulce puede ser responsable de una escasez en la tasa de circulación, que ocurre cuando la demanda de agua dulce excede su disponibilidad. Por lo tanto, es necesario optimizar el consumo de agua en todas las actividades humanas, dada la creciente escasez de agua dulce debido a los cambios climáticos y al aumento neto anual de la población humana de 81.000.000. El agua dulce desempeña muchas funciones importantes en la vida diaria; por ejemplo, la agricultura es responsable de casi el 70 % de ese volumen de extracción y, por lo tanto, es el sector que consume más agua. Esto pone énfasis en la urgente necesidad de hacer una transición hacia sistemas agrícolas y de producción y consumo de alimentos más sostenibles. La Huella Hídrica (HH) desempeña cada vez más un papel rector en ese contexto. De hecho, permite cuantificar el consumo de agua y las consecuencias ambientales relacionadas. Con el objetivo de contribuir a mejorar la investigación y apoyar a los profesionales y tomadores de decisiones en la producción/consumo de alimentos ambientalmente sostenibles y resilientes, los autores de este artículo abordaron las cuestiones relevantes relacionadas con: a) la escasez física y económica de agua en la agricultura, b) prácticas y herramientas para reducir el desperdicio de agua, c) metodologías de evaluación de la WF. Se propusieron varias soluciones

ambientales, económicas y de ingeniería para mitigar la escasez de agua. La mejora de las tecnologías y prácticas de riego se identificó como una forma importante de reducir la escasez de agua. Además, en muchas partes del mundo se utiliza la “ósmosis inversa” alimentada por energía solar para producir agua de riego a partir de agua salina, reduciendo así la necesidad de extraer agua dulce de acuíferos subterráneos. Este artículo confirmó la importancia de la investigación sobre la escasez de agua; Además, puede estimular el desarrollo y la aplicación de soluciones que hagan que la producción y el consumo agrícolas sean más eficientes y resilientes.

Vidotti, y col., (2024) publicaron “Un modelo cualitativo de evaluación de riesgos para la reutilización del agua: riesgos relacionados con el riego agrícola en Brasil” donde mencionan que la urbanización y la industrialización están aumentando los fenómenos meteorológicos extremos, provocando una reducción de la cantidad y la calidad del agua. La escasez mundial de agua afecta al 32,5 % de la población urbana y está aumentando. Brasil también ha sido testigo de escasez de agua, especialmente en el sureste (2014-2015) y el sur (2019-2020), con embalses cayendo por debajo del 20 % de su capacidad. La reutilización del agua es vital para mitigar la escasez, aunque presenta riesgos debido a los contaminantes. Los estudios de análisis de riesgos son cruciales para evaluar las fuentes, vías y escenarios de exposición de la contaminación en las prácticas de reutilización del agua. Se pueden emplear varias metodologías, incluidos análisis cuantitativos, semicuantitativos y cualitativos. Dada la incertidumbre y diversos factores, se recomiendan métodos cualitativos para el análisis de riesgos de reutilización de agua no potable. Este trabajo presenta una metodología de análisis de riesgos cualitativo que permite evaluar categorías de reúso de agua no potable. Evalúa factores que afectan la salud humana y el medio ambiente, considerando escenarios de exposición, características de los receptores y fuentes de agua reutilizada. El análisis de riesgo de reúso de agua se realizó centrándose en el reúso agrícola, considerando como alternativas el riego de cultivos de soja y caña de azúcar. Mediante la revisión de la literatura, se identificaron y calificaron la probabilidad de ocurrencia y la magnitud del impacto de los factores de riesgo, utilizando una escala numérica relativa creciente. Este proceso dio como resultado un valor de riesgo general para comparar alternativas de riego agrícola. Los resultados obtenidos indican un modelo de análisis de riesgos prometedor que puede ajustarse y aplicarse a diversas modalidades

de reutilización del agua y factores clave. Este modelo adaptable de análisis de riesgos se relaciona principalmente con los métodos de tratamiento del agua, lo que motivó la propuesta de medidas de control de riesgos.

Kaab, y col. (2024) en su publicación “Evaluación de auditoría energética e impactos ambientales a lo largo del ciclo de vida de la producción de cebada bajo diferentes sistemas de riego” mencionan que se evalúa la auditoría energética y el impacto ambiental de la producción de cebada a lo largo de su ciclo de vida bajo diferentes sistemas de riego. El estudio de caso se centra en la comparación de tres sistemas de riego: inundación (FI), aspersión (SI) y goteo (DI). Los datos para el estudio se recopilarán de una granja de cebada en una región representativa. Se realizarán mediciones de campo, entrevistas con agricultores y revisiones de la literatura para recopilar la información necesaria. Se utilizará la metodología de evaluación del ciclo de vida (LCA) para analizar la auditoría energética y los impactos ambientales de cada sistema de riego. La auditoría energética analizará las entradas y salidas de energía en cada etapa de la producción de cebada, incluida la preparación de la tierra, la siembra, el riego, la fertilización, el control de plagas, la cosecha y el transporte. Los insumos de energía se cuantificarán en términos de consumo de combustibles fósiles, uso de electricidad y otras fuentes de energía. La producción de energía se medirá en términos de rendimiento de cebada y contenido energético. La evaluación de impactos ambientales considerará varios indicadores ambientales, como las emisiones de gases de efecto invernadero, el consumo de agua, la erosión del suelo y el uso de pesticidas. Estos indicadores se cuantificarán para cada sistema de riego para determinar su huella ambiental. Los resultados de este estudio proporcionarán información valiosa sobre la eficiencia energética y la sostenibilidad ambiental de diferentes sistemas de riego. Ayudará a los agricultores, los formuladores de políticas y las partes interesadas a tomar decisiones informadas sobre las prácticas de riego y promover la agricultura sostenible. Los hallazgos también se pueden utilizar para identificar áreas de mejora y desarrollar estrategias para ahorrar energía y reducir los impactos ambientales en la producción de cebada.

Li, y col. (2024) en su publicación titulada “Evaluación del impacto ambiental de la transformación de la estructura de producción agrícola: evidencia de la producción no

cerealera de tierras de cultivo en China” mencionan que lograr un desarrollo agrícola bajo en carbono es un requisito de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas. Una estructura de producción agrícola sostenible no sólo garantiza la seguridad alimentaria sino que también promueve la utilización eficiente de los recursos y la protección del medio ambiente. Sin embargo, la investigación actual aún no ha evaluado el impacto ambiental de la transformación de la estructura de producción agrícola, particularmente en relación con la producción de tierras de cultivo no cerealeras (NGPC). Al calcular la intensidad de las emisiones de carbono (CEI) y el NGPC en 338 ciudades de China entre 2000 y 2021, este estudio analiza sus características espaciotemporales. Se ha utilizado un modelo espacial autorregresivo (SAR) para evaluar el impacto ambiental de la transformación de la estructura de producción agrícola. Los hallazgos muestran una correlación espacial entre NGPC y CEI, y el NGPC exacerbará el CEI. Además, existen variaciones en el impacto de las diferentes áreas funcionales de la producción de cereales. El NGPC en el Área de Balance de Producción y Ventas (PSBA) y el Área de Gran Producción de Cereales (MGPA) han provocado un aumento en el CEI, mientras que el Área de Gran Venta de Cereales (MGSA) ha tenido un impacto contrastante. Evaluar el impacto ambiental de la transformación de la estructura de producción agrícola a nivel de ciudad puede ofrecer información valiosa para lograr una transformación sostenible.

Elmahdi, (2024) en su publicación “Abordar la escasez de agua en el riego agrícola: explorando recursos hídricos alternativos para la agricultura de riego sostenible” aborda los desafíos en el sector del agua, particularmente en la agricultura de riego, con el objetivo de proponer soluciones para satisfacer las demandas de riego y al mismo tiempo promover la seguridad alimentaria global y el desarrollo sostenible, en particular el ODS 6. Estructurado en torno a tres facetas: empoderar a los agricultores y fortalecer las fuentes convencionales de agua de riego. y aprovechar los recursos hídricos no convencionales, enfatiza la importancia de explorar los recursos de agua azul debido a la variabilidad de las precipitaciones. Muchos sistemas de riego funcionan por debajo de su eficiencia, lo que ofrece oportunidades de mejora de la productividad. La gestión del agua en la agricultura abarca varios niveles, involucrando a los agricultores como partes interesadas clave. Además del agua superficial, fuentes alternativas como el agua de lluvia, las aguas grises, las aguas residuales recicladas y las aguas subterráneas pueden satisfacer las necesidades

de riego. La agricultura de secano, que enfrenta los desafíos de las lluvias irregulares, puede beneficiarse de la recolección de agua de lluvia y de prácticas de riego insuficiente. Las aguas residuales emergen como un recurso fundamental, particularmente en las zonas periurbanas, que requieren medidas de seguridad adecuadas. Este artículo presenta el Informe General de la Cuestión 64 del Congreso de la ICID en Visakhapatnam. Proporciona una oportunidad única para centrarse en cómo los recursos hídricos alternativos podrían mejorar la resiliencia de los sistemas de riego y cerrar la brecha entre el suministro y la demanda de agua. La subdivisión del artículo en tres subtemas distintos guía las contribuciones de la investigación, fomentando respuestas que profundizan en los temas específicos de refuerzo, aprovechamiento y empoderamiento, todo dentro del contexto de la agricultura de riego sostenible.

## CAPITULO II METODOLOGIA

### 2.1. Área del conocimiento

El problema investigado se encuentra ubicado en

CAMPO : Ciencias Ambientales  
ÁREA : Gestión ambiental  
LÍNEA : Riesgos ambientales

### 2.2. Tipo y Nivel de investigación

Respecto al tipo de investigación se establecen varios criterios

En cuanto a su finalidad, se distingue como:

Aplicada, ya que sus contribuciones buscan esclarecer la comprensión de un aspecto de la realidad relacionado con los riesgos ambientales generados por una irrigación.

La investigación no experimental es denominada también como post facto, se caracteriza por basarse en el análisis de hechos que se encuentran en desarrollo, sin modificar las características del objeto de estudio, esto aplica a esta investigación debido

fundamentalmente a que los efectos de la irrigación se siguen manteniendo sobre el valle de Sigwas

De acuerdo con su duración temporal, se considera trabajo longitudinal ya que se observan los efectos del año 2004 al año 2024, a partir de la observación de imágenes satelitales.

Según el énfasis en la naturaleza de los datos manejados, se clasifican en investigación cuantitativa se caracteriza por centrarse en la cuantificación y el cálculo de los datos.

En relación al nivel de investigación.

El nivel de una investigación se determina por la profundidad y amplitud de sus objetivos.

En este caso particular, nos encontramos ante un estudio de investigación descriptiva, en el cual se analizan dos variables con el objetivo de establecer la relación entre ellas sin modificar su naturaleza.

### **2.3. Determinación de los eventos de geodinámica externa generados por las actividades de la irrigación Majes I.**

Para la determinación de los eventos de geodinámica externa generados por las actividades de irrigación Majes I se realizaron visitas a la zona de estudio, y además se apoyó la información con imágenes satelitales obtenidas por software gratuito Google Earth, el cual permitió la comparación de imágenes del año 2004, 2012, 2018 y 2024 realizando una comparación en las zonas afectadas; esto permite establecer la magnitud de las áreas afectadas como consecuencia de los eventos de geodinámica; además utilizando herramientas del Google Earth, como son la regla, y el polígono se pudo establecer las dimensiones del área alterada.

### **2.4. Determinación de los impactos ambientales generados por los eventos de geodinámica externa**

Para la identificación de impactos ambientales generados por los eventos de geodinámica externa se utilizó el método del diagrama de flujo (Mehmood y col., 2024) el

cual interrelaciona la actividad de la irrigación que impactan sobre la geodinámica externa en el valle de Sigwas que para el presente caso corresponde al regadío, junto con los aspectos ambientales, representados fundamentalmente por los eventos de geodinámica; estos a su vez se relacionan con los componentes ambientales y a partir del análisis de esta relación se identifican los diversos impactos ambientales.

## **2.5. Determinación de los riesgos ambientales**

La evaluación de riesgos ambientales para el presente trabajo de investigación se realizó mediante la aplicación de la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales, de la Dirección General de Calidad Ambiental, del Viceministerio de Gestión Ambiental; del Ministerio del Ambiente; se justifica la utilización de esta metodología por el hecho que es aplicada a impactos ambientales de una actividad antropogénica en curso, y que es considerada bajo ese criterio por la normativa vigente.

El método que propone la Guía es aplicable a diferentes realidades no importando la actividad de la cual se trate, en este caso se trata del análisis de una actividad asociada a la agricultura como es el funcionamiento de una irrigación y se efectos sobre el entorno que genera específicamente sobre el valle de Sigwas se basa en proponer una serie de escenarios de riesgo, los cuales son tomados directamente de los impactos ambientales identificados en la fase anterior, estos escenarios de riesgo van a ser validados a través de la determinación de su probabilidad de ocurrencia y de las consecuencias que generan

## **2.6. Formulación de Escenarios**

Antes de formulación los escenarios, es necesario identificar todos los riesgos potenciales derivados de la actividad. Esta identificación se logra mediante la revisión de la información recopilada en etapas anteriores y la inspección directa del sitio de investigación.

Una vez que se han identificado todos los riesgos potenciales, se procede a elaborar una serie de escenarios de riesgo. Posteriormente, se evaluará la probabilidad de ocurrencia de cada uno de ellos y la magnitud de las consecuencias asociadas.

En la formulación de Escenarios, se emplea una matriz de doble entrada. En la primera columna se listan las actividades relevantes, previamente identificadas y vinculadas

a los impactos ambientales. A estas actividades se les asignan filas adicionales que contienen los elementos esenciales de dicha actividad, los cuales pueden generar riesgos ambientales.

**Tabla 1: Formulación de escenarios**

| ESCENARIO IDENTIFICADO | ELEMENTO | ESCENARIO RIESGO | CAUSA | CONSECUENCIA |
|------------------------|----------|------------------|-------|--------------|
|                        |          |                  |       |              |
|                        |          |                  |       |              |
|                        |          |                  |       |              |
|                        |          |                  |       |              |
|                        |          |                  |       |              |
|                        |          |                  |       |              |

Fuente: Guía para Evaluación de Riesgos Ambientales del MINAM, 2010

### Estimación de la Probabilidad

De acuerdo con la Guía del Ministerio del Ambiente, es necesario asignar a cada escenario una probabilidad de ocurrencia basada en los criterios presentados en la tabla siguiente.:

**Tabla 2: Estimación de la probabilidad**

| VALOR | PROBABILIDAD       |                                                   |
|-------|--------------------|---------------------------------------------------|
| 5     | Muy probable       | Menos de Una vez al mes                           |
| 4     | Altamente probable | Entre una vez al mes y una vez al año             |
| 3     | Probable           | Entre una vez al año y una vez cada 10 años       |
| 2     | Posible            | Entre una vez cada 10 años y una vez cada 50 años |
| 1     | Improbable         | Mayor a una vez cada 50 años                      |

Fuente: Guía para Evaluación de Riesgos Ambientales del MINAM, 2010

En la tabla de formulación de escenarios, se incorpora la información de probabilidad mediante la creación de una columna específica para este propósito.

**La estimación de la gravedad de las consecuencias** es un aspecto fundamental en el análisis de riesgos.

La evaluación de la severidad de las consecuencias se lleva a cabo de manera individualizada para los ámbitos natural, humano y socioeconómico.

Se emplean las siguientes fórmulas para determinar el valor de las consecuencias en cada uno de los entornos.

**Gravedad entorno natural = cantidad + 2 peligrosidad + extensión + calidad del medio**

**Gravedad entorno humano = cantidad + 2 peligrosidad + extensión + población afectada**

**Gravedad entorno Socioeconómico = cantidad + 2 peligrosidad + extensión + patrimonio y capital productivo**

Donde:

Cantidad: cantidad de sustancia emitida al entorno

Peligrosidad: se evalúa en función de la peligrosidad intrínseca de la sustancia (toxicidad, posibilidad de acumulación, etc.).

Extensión: se refiere al espacio de influencia del impacto del entorno

Calidad del medio: se considera el impacto y su posible reversibilidad

Población afectada: número estimado de personas afectadas

Patrimonio y capital productivo: se refiere a la valoración del patrimonio económico y social (patrimonio histórico, infraestructura, actividad agraria, instalaciones industriales, espacios naturales protegidos, son las residenciales y de servicios).

La guía proporciona una evaluación específica para cada uno de los criterios mencionados.

**Tabla 3: Gravedad de las Consecuencias sobre entorno natural**

| VALOR | CANTIDAD | PELIGROSIDAD   | EXTENSIÓN    | CALIDAD DEL MEDIO |
|-------|----------|----------------|--------------|-------------------|
| 4     | Muy alta | Muy peligrosa  | Muy extenso  | Muy elevada       |
| 3     | Alta     | Peligrosa      | Extenso      | Elevada           |
| 2     | Poca     | Poco peligrosa | Poco extenso | Media             |
| 1     | Muy poca | No peligrosa   | Puntual      | Baja              |

Fuente: Guía para Evaluación de Riesgos Ambientales del MINAM, 2010

**Tabla 4: Gravedad de las Consecuencias sobre entorno humano**

| VALOR | CANTIDAD | PELIGROSIDAD                    | EXTENSIÓN    | POBLACION AFECTADA |
|-------|----------|---------------------------------|--------------|--------------------|
| 4     | Muy alta | Muerte o defectos irreversibles | Muy extenso  | Más de 100         |
| 3     | Alta     | Daños graves                    | Extenso      | Entre 25 y 100     |
| 2     | Poca     | Daños leves                     | Poco extenso | Entre 5 y 25       |
| 1     | Muy poca | Daños muy leves                 | Puntual      | Menos de 5         |

Fuente: Guía para Evaluación de Riesgos Ambientales del MINAM, 2010

**Tabla 5: Gravedad de las Consecuencias sobre entorno socioeconómico**

| VALOR | CANTIDAD | PELIGROSIDAD   | EXTENSIÓN    | PATRIMONIO Y CAPITAL PRODUCTIVO        |
|-------|----------|----------------|--------------|----------------------------------------|
| 4     | Muy alta | Muy peligrosa  | Muy extenso  | Perdida 100 % medio receptor           |
| 3     | Alta     | Peligrosa      | Extenso      | Perdida 50 % medio receptor            |
| 2     | Poca     | Poco peligrosa | Poco extenso | Perdida entre 10 a 20 % medio receptor |
| 1     | Muy poca | No peligrosa   | Puntual      | Perdida entre 1 a 2 % medio receptor   |

Fuente: Guía para Evaluación de Riesgos Ambientales del MINAM, 2010

Se asigna una puntuación del uno al cinco a la gravedad de las consecuencias en cada escenario identificado, siguiendo un baremo o escala arbitraria. Esta evaluación se realiza para cada entorno identificado.

**Tabla 6: Estimación de la Gravedad de las Consecuencias**

| VALOR               | VALORACIÓN | VALOR ASIGNADO |
|---------------------|------------|----------------|
| <b>Crítico</b>      | 26-18      | 5              |
| <b>Grave</b>        | 17-15      | 4              |
| <b>Moderado</b>     | 14-11      | 3              |
| <b>Leve</b>         | 10-8       | 2              |
| <b>No relevante</b> | 7-5        | 1              |

Fuente: Guía para Evaluación de Riesgos Ambientales del MINAM, 2010

## 2.7. Determinación de Riesgo Ambiental

La estimación del riesgo ambiental se logra al multiplicar la probabilidad y la gravedad de las consecuencias previamente evaluadas. Se determina para los tres contextos analizados: el natural, el humano y el socioeconómico.

En el proceso de evaluación del riesgo ambiental, se construyen tres tablas de doble entrada correspondientes a cada uno de los entornos considerados (natural, humano y socioeconómico). En estas tablas se representan gráficamente los distintos escenarios, tomando en cuenta tanto su probabilidad como sus consecuencias, los cuales se derivan de la evaluación de riesgo efectuada.

La disposición de los escenarios en la tabla permitirá a cada organización evaluar la regulación del riesgo ambiental y proponer mejoras en la gestión para reducir dicho riesgo.

**Tabla 7: Determinación del Riesgo Ambiental**

|              |   | GRAVEDAD ENTORNO         |   |   |   |   |
|--------------|---|--------------------------|---|---|---|---|
|              |   | 1                        | 2 | 3 | 4 | 5 |
| PROBABILIDAD | 1 |                          |   |   |   |   |
|              | 2 |                          |   |   |   |   |
|              | 3 |                          |   |   |   |   |
|              | 4 |                          |   |   |   |   |
|              | 5 |                          |   |   |   |   |
|              |   | Riesgo muy alto: 21 a 25 |   |   |   |   |
|              |   | Riesgo alto: 16 a 20     |   |   |   |   |
|              |   | Riesgo medio: 11 a 15    |   |   |   |   |
|              |   | Riesgo moderado: 6 a 10  |   |   |   |   |
|              |   | Riesgo bajo: 1 a 5       |   |   |   |   |

Fuente: Guía para Evaluación de Riesgos Ambientales del MINAM, 2010

## 2.8. Campo de Verificación. -

### Ubicación Espacial. -

El trabajo de investigación se realizó en el valle de Sigwas, en la zona correspondiente al área de influencia de la irrigación Majes I, en la que se llevan a cabo eventos de geodinámica externa.

### Ubicación Temporal. -

La presente investigación abarca desde el mes de septiembre a marzo del año 2023 - 2024.; Sin embargo la data considerada corresponde a información del año 2004, 2012, 2018 y 2024, esta obtenida partir del software Google Earth.

### Unidades de estudio, universo y muestra. -

La unidad de estudio corresponde al valle de Sihuas, específicamente en la zona de influencia que tiene la irrigación Majes I, el universo de muestra se puede considerar todos los eventos de geodinámica externas que vayan a ser identificados en la unidad de estudio; y por la naturaleza propia del estudio se carece de muestra ya que se trabajará con toda la población (totalidad de eventos de geodinámica externa)

## CAPITULO III

### RESULTADOS Y DISCUSION

#### 3.1. Descripción de área de estudio

El área considerada para la investigación involucra la zona de influencia de la irrigación Majes Sigvas I sobre el río Sigvas, considerándose área de influencia como aquella que se sospechaba que por cercanía se veía afectada en sus condiciones hidrogeológicas. Mohanavelu, Naganna, y Al-Ansari, (2021) refieren impactos significativos se producen sobre territorios aledaños a los lugares irrigaciones instaladas



**Figura 1: Imagen satelital de la ubicación del área de influencia de la irrigación Majes Sigvas I sobre el río Sigvas.**

En la figura 1 se observa la irrigación Majes Sigvas I, en color verde, y hacia la izquierda en ríos Sigvas, en el tramo que viene siendo afectado por las filtraciones generadas como consecuencia del riego dado en la irrigación



**Figura 2: Delimitación del área de influencia de la irrigación Majes Sigwas I sobre el río Sigwas.**

En la figura 2 se aprecia el área de influencia delimitada la cual involucra 3420 ha constituidas fundamentalmente por laderas, y fondos de valle; en estos últimos se han instalado terrenos de cultivo reportados desde épocas milenarias y que hasta la fecha realizan producción agrícola significativa. Yao y Col. (2024) describen una situación similar en la China en la cual una irrigación es instalada aledaña un valle, siendo este último afectado de manera significativa en su productividad como consecuencia de las actividades de irrigación, constituida fundamentalmente por las malas prácticas en regadío.

**Tabla 8: Ubicación del área de influencia de la irrigación Majes Sigwas I sobre el río Sigwas**

| <b>PUNTO DE MEDICION</b> | <b>Este</b>   | <b>Sur</b>     | <b>Altitud<br/>msnm</b> |
|--------------------------|---------------|----------------|-------------------------|
| <b>Límite norte</b>      | 809425.94 m E | 8194334.85 m S | 1451                    |
| <b>Límite sur</b>        | 800103.98 m E | 8179035.77 m S | 1028                    |

En la tabla 8 se observa la ubicación geográfica en grados UTM del área de influencia de la irrigación Majes Sigwas I sobre el río Sigwas, además de la altura sobre el nivel del mar; si se considera la longitud del fondo del río se establece una dimensión de 20.8 km desde el punto norte hasta el punto sur.

### 3.2. Procesos geodinámicos observados

A través de visitas a la zona de influencia estudiada, se ha logrado identificar fundamentalmente tres procesos geodinámicos, los cuales pueden ser atribuidos a la presencia de la irrigación sobre el valle estos corresponden a:

#### 3.2.1. Erosión de laderas

La erosión es definida como la pérdida de capas superficiales del suelo, en este caso, la erosión de laderas indica la pérdida de la estructura de las laderas del valle de Sigwas generada fundamentalmente por la saturación de humedad como consecuencia la filtración del agua remanente del regadío de la irrigación; la degradación de laderas se evalúa como un proceso geodinámico remanente, es decir, lo que queda luego del desplazamiento del material.



**Figura 3: Erosión de laderas en el valle de Sigwas**

En la figura No. 3 se observa el fenómeno el proceso geodinámico de erosión de laderas, donde se puede apreciar el remanente luego del desplazamiento del material hacia la parte baja del valle; debe considerarse que este fenómeno es bastante común debido a la textura del suelo comprometido, básicamente por ser depósitos aluviales y coluviales. Hills

y Greene, (2024), en su análisis de irrigación en tierras áridas, considera como impacto significativo a la erosión de laderas en los valles colindantes a las irrigaciones, y que generan daños potenciales sobre los medios receptores, los cuales pueden ser terrenos de cultivo de data más antigua que la irrigación.

### 3.2.2. Flujo de detritos

El flujo de detritos se define como el movimiento rápido de material poco consolidado, que incluye una mezcla variada en la cual puede haber piedra, disgregados y materia orgánica; si bien es cierto, es relativo hablar de volumen al respecto, ya que puedes tardado en gran cantidad, sin embargo, este se encuentran relacionado fundamentalmente a la velocidad del desplazamiento, es decir el flujo de detritos tiene volúmenes bajos por unidad de tiempo, pero al ser procesos veloces al final el resultado termina siendo significativo; en este caso el flujo de detritos se encuentra asociado a la erosión de laderas, que es donde se genera el material que es transportado valle abajo.



**Figura 4: Flujo de detritos en el valle de Sigwas**

La figura No.4 muestra una imagen del flujo de detritos observado hacia el valle de Sigwas, autores como Anderson y Cantor, (2024) refieren a este proceso geodinámico como bastante común y relacionado a los impactos que generan la instalación de irrigaciones en terrenos áridos.

### 3.2.3. Deslizamientos

Al igual que el flujo de detritos se trata desplazamiento de material, pero en este caso el desplazamiento del material es en bloque, es decir grandes cantidades de material que se desplazan valle abajo como consecuencia fundamental de la gravedad pero exacerbados por la presencia de la humedad que en este caso es generado por las filtraciones de la irrigación.



**Figura 5: Deslizamientos en el valle de Sigwas**

En la figura No. 5 se muestra un escenario de deslizamiento observado en el valle de Sigwas; Wang, Wu y Feng, J (2024), para diferentes territorios de China, identifican este deslizamiento como el fenómeno más significativo respecto a los impactos de las irrigaciones, dejando como efecto remanente terrenos en los cuales se observa la erosión de laderas; mencionan la importancia de este último relacionado con el riesgo que se genera como consecuencia de futuros deslizamientos o flujo de detritos que a la larga generan daño en las partes bajas de los valles; todo ello como consecuencia de las malas prácticas de regadío en las irrigaciones.

### 3.2.4. Observación general de los fenómenos de geodinámica presentes en el valle de Sigwas

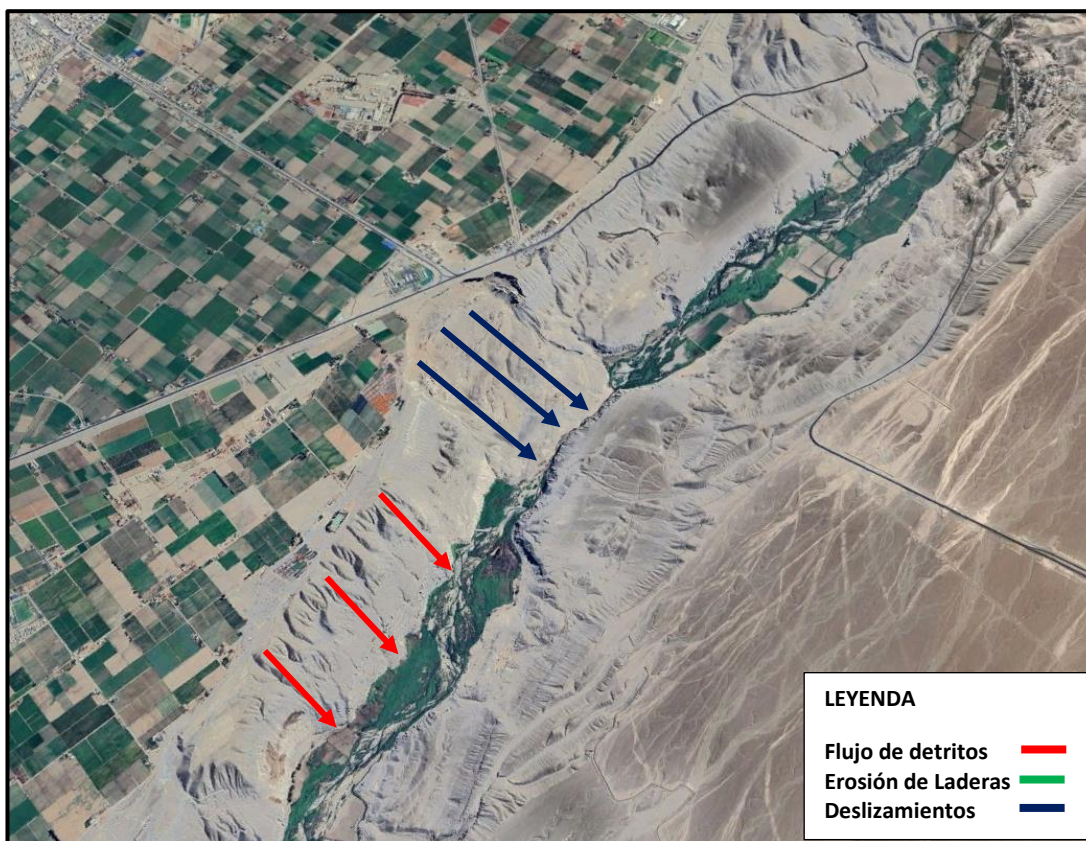
Para realizar la observación general de los fenómenos de geodinámica presentes en el valle de Sigwas se ha utilizado el software libre Google earth, el cual genera imágenes satelitales de la zona estudiada; autores como Du y Col. (2024), Wang, Wu y Feng, J (2024),

Singha y col. (2024), entre otros; reportan la efectividad del uso de esta herramienta informática para la evaluación de territorios dañados como consecuencia de impactos ambientales a gran escala. El área de influencia fue separada en tres sectores, que corresponden a la parte alta, la parte media y la parte baja de la zona afectada del valle.



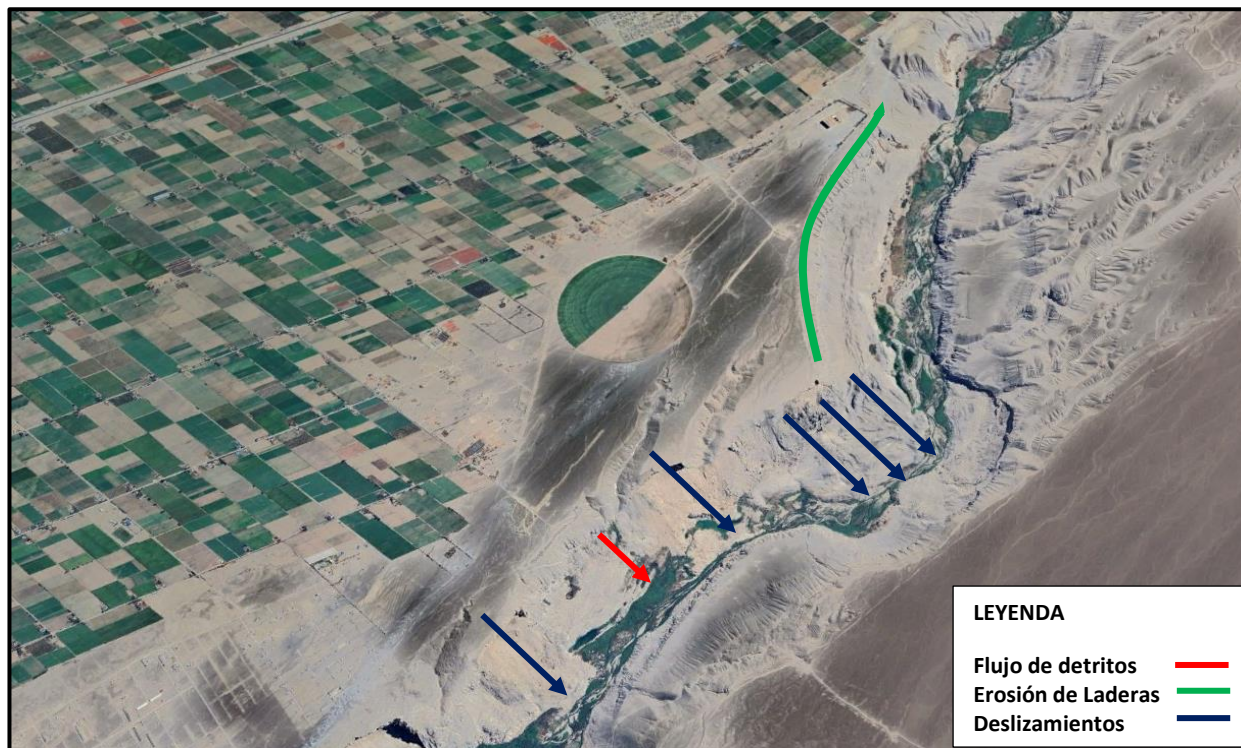
**Figura 6: Parte alta del valle de Sigüas, incluida en la zona de influencia de la irrigación**

La figura 6 muestra la imagen de la parte alta del valle de Sigüas que es afectada por la irrigación, de acuerdo a la leyenda se observan de manera significativa la presencia de flujo de detritus y erosión de laderas, no observándose deslizamiento; se debe indicar que esta zona es poco afectada ya que como consecuencia de la gravedad la parte alta recibe reducido impacto del agua de filtración que viene de la irrigación.



**Figura 7: Parte media del valle de Sigüas, incluida en la zona de influencia de la irrigación**

La figura No. 7 Muestra imagen satelital de la parte media del valle de Sigüas que es afectada por la presencia de la irrigación, claramente se observa gran cantidad de zona de flujo de detritos, además de zonas de deslizamiento; es de notarse que no se observa la presencia de erosión de laderas debido a que el material desplazado y ha llegado hasta la zona de los terrenos de cultivo de la propia irrigación

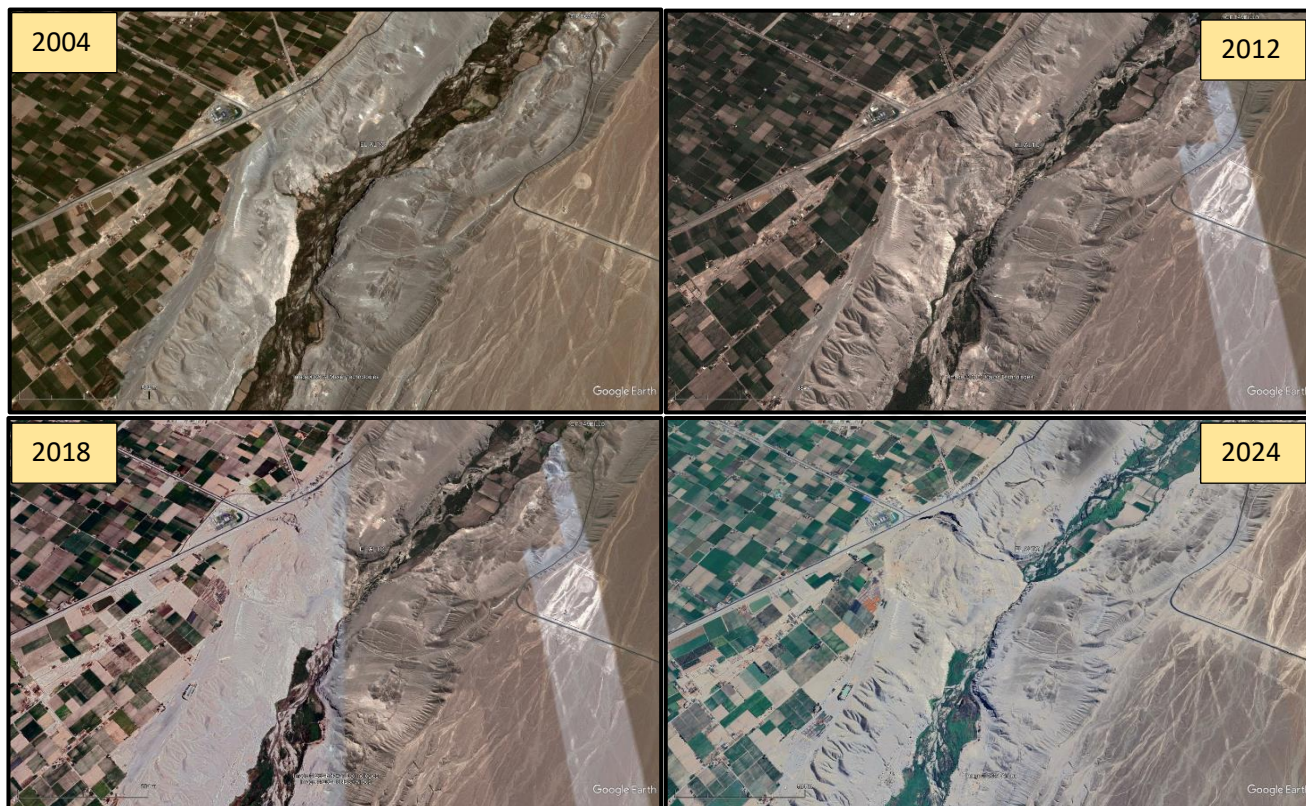


**Figura 8: Parte baja del valle de Sigüas, incluida en la zona de influencia de la irrigación**

En la figura No. 8 Se observa la imagen satelital de la parte baja del valle de Sigüas que es afectada por las actividades de la irrigación, en este caso se observan fenómenos de geodinámica asociados fundamentalmente a deslizamientos, zonas de erosión de laderas de flujo de detritus; esta recibe gran cantidad el impacto generado como consecuencia de las filtraciones de la irrigación debido a la pendiente del terreno.

### **3.2.5. Análisis de zonas significativas afectadas por las actividades de la irrigación**

De toda la zona afectada por la irrigación se ha considerado para el presente trabajo tres lugares en los cuales el impacto resulta siendo bastante importante estas son: El Alto, Pachaqui y Alto Cornejo



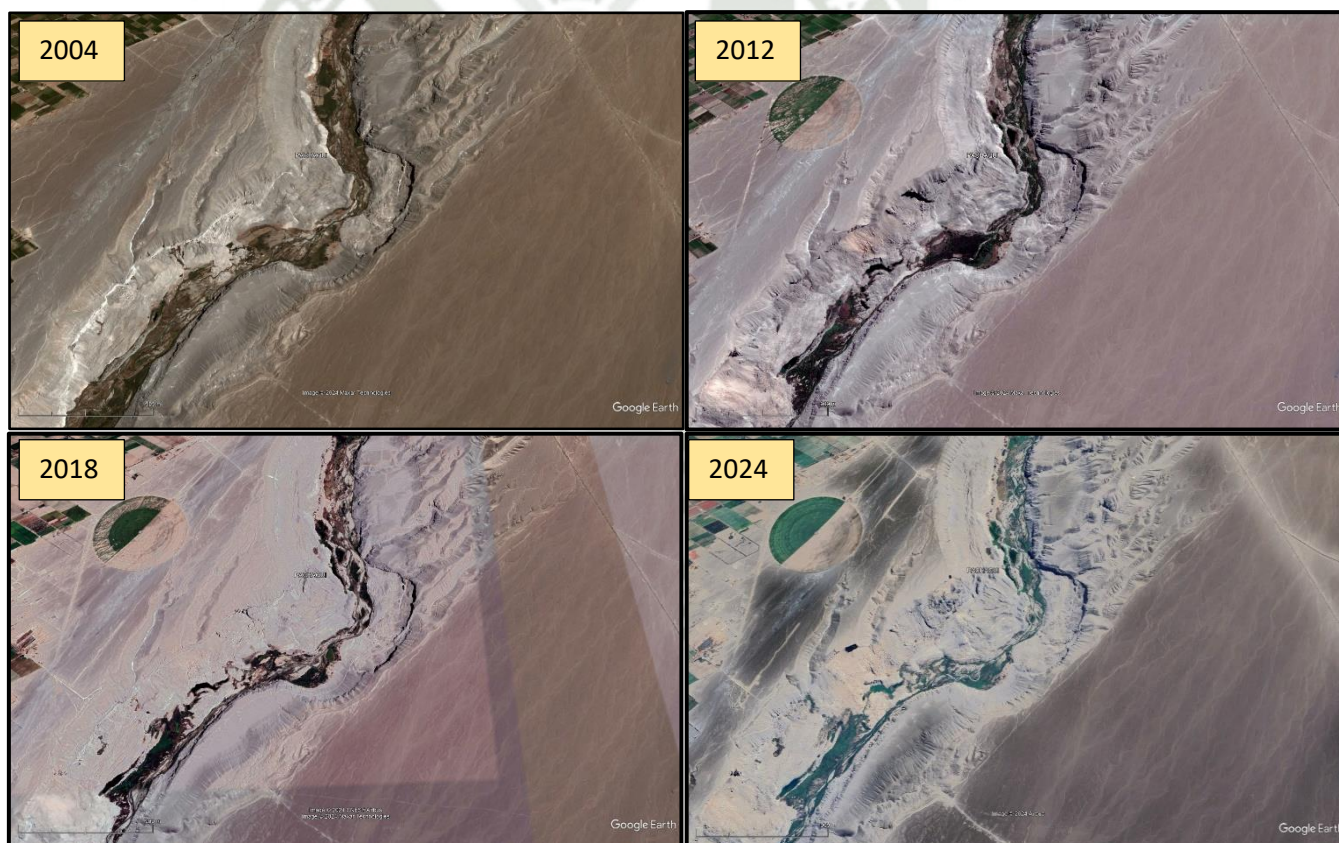
**Figura 9: Secuencia temporal de imágenes satelitales en la zona el Alto en el valle de Sigwas**

En la figura No. 9 se observa la secuencia temporal de imágenes satelitales en la zona denominada “El Alto” en el valle de Sigwas, estas imágenes satelitales históricas han sido tomadas a partir del Google earth, los años considerados fueron el año 2004, 2012, 2018, y 2024. La ubicación geográfica de la zona El Alto es 803815.53 m E 8188071.62 m S.

Claramente se observa el desplazamiento de material de la parte alta de la irrigación hacia el fondo del valle provocando la pérdida de áreas cultivables y productivas utilizadas a través de cientos de años, se ha estimado un área de 34.6 hectáreas, sólo en esta zona

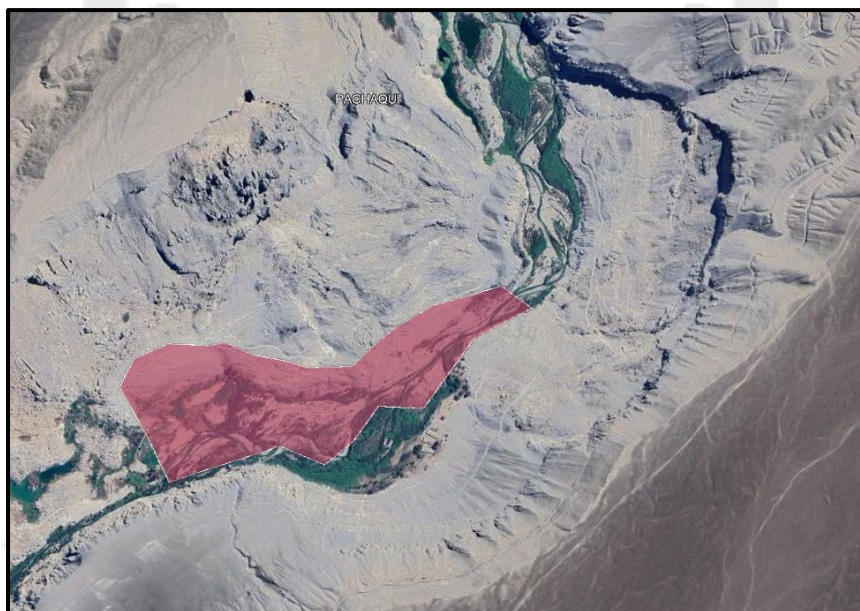


**Figura 10: Terrenos agrícolas cubiertos por el material desplazado en la zona denominada El Alto**

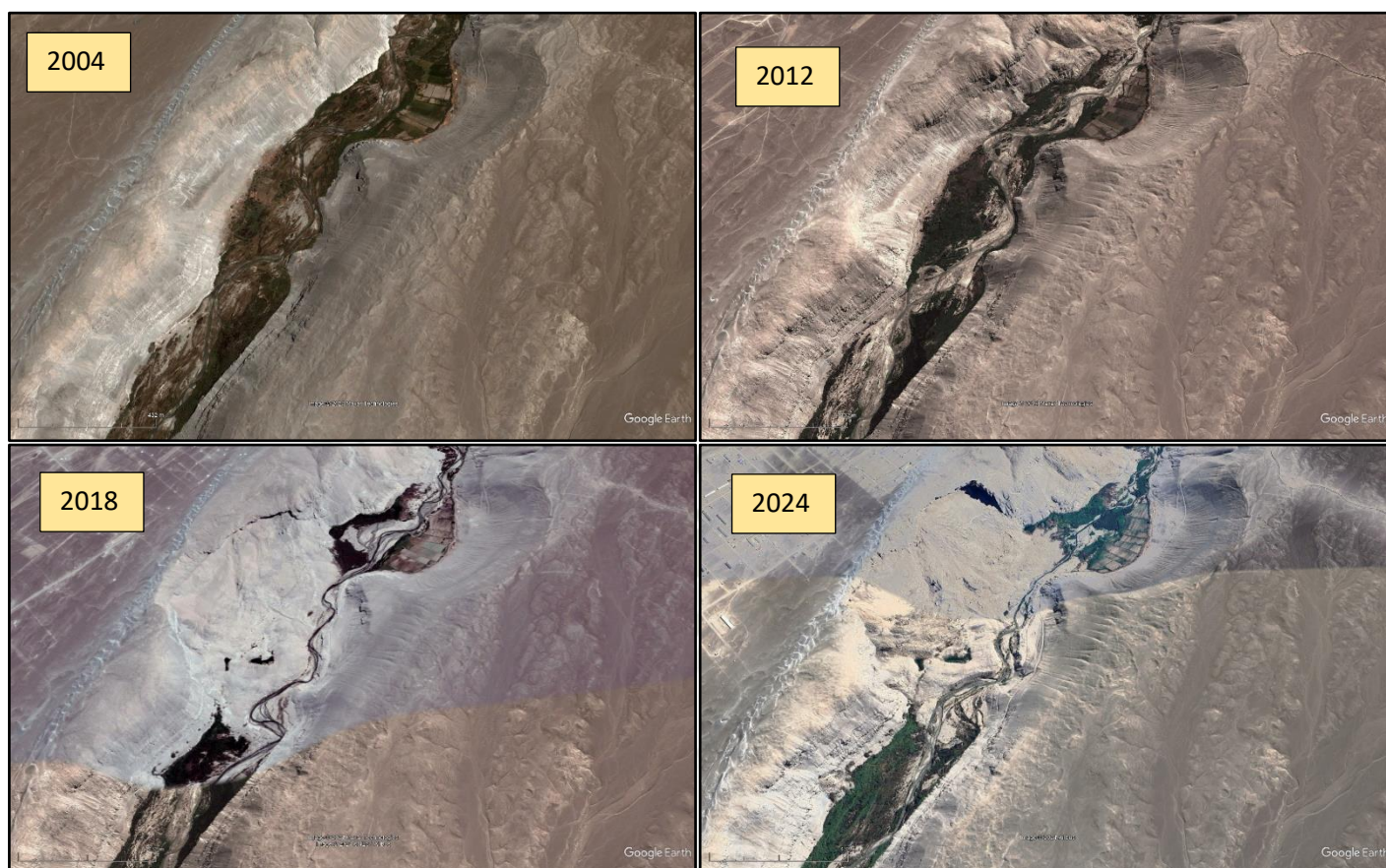


**Figura 11: Secuencia temporal de imágenes satelitales en la zona Pachaqui en el valle de Sigwas**

En la figura No. 11 Se muestra la secuencia temporal de imágenes satelitales para la zona de Pachaqui, otra de las zonas fuertemente afectadas como consecuencia de la geodinámica producida por la actividad de la irrigación. Ésta se encuentra geográficamente ubicada en 802167.85 m E 8182154.34 m S; la figura muestra imágenes del 2004, 2012, 2018 y 2024 donde se observa claramente el desplazamiento del material provocando la pérdida de terrenos de cultivo que se ubicaban en el fondo del valle, se estima una pérdida de 20.8 ha de terrenos de cultivo que se encontraban en pleno proceso productivo.



**Figura 12: Terrenos agrícolas cubiertos por el material desplazado en la zona denominada Pachaqui PARTE ALTA DE CORNEJO**



**Figura 13: Secuencia temporal de imágenes satelitales en la zona Alto de Cornejo en el valle de Sigüas**

La figura No.13 Muestra la secuencia temporal de imágenes satelitales en la zona de Alto de Cornejo, en la cual se ha observado efecto significativo respecto a los impactos como consecuencia de las actividades de la irrigación; la ubicación geográfica de esta zona es 800393.09 m E 8179741.22 m S y se muestran imágenes temporales del año 2004, 2012, 2018 y 2024.

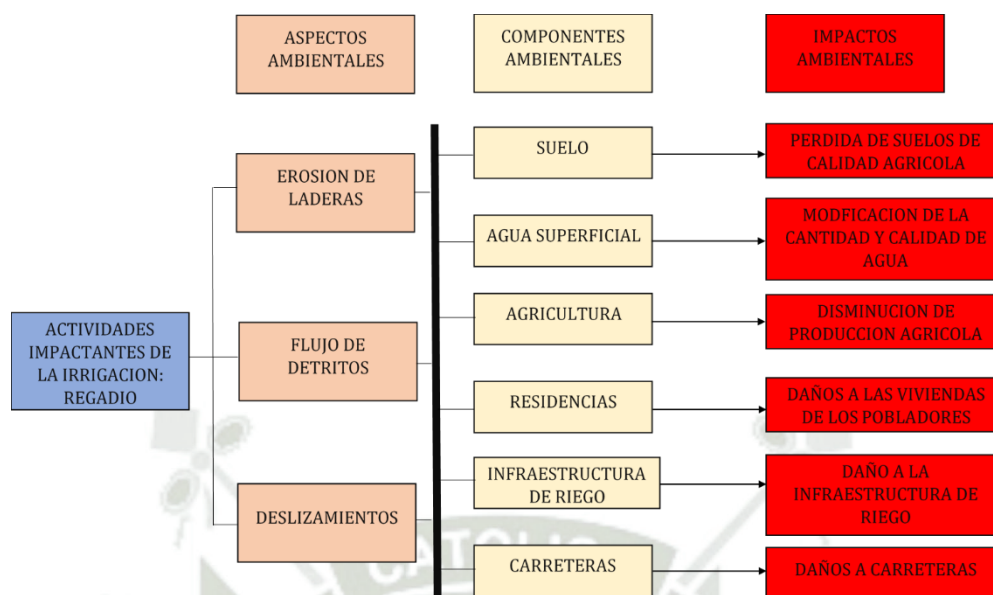
En las imágenes claramente se puede percibir el desplazamiento de gran cantidad de material de la parte alta, es decir, de la zona de la irrigación, hacia la parte profunda del valle, cubriendo áreas cultivables que en este caso alcanzan un área total de 37 ha aproximadamente.



**Figura 14: Terrenos agrícolas cubiertos por el material desplazado en la zona denominada Alto de Cornejo**

### **3.2.6. Impactos ambientales que se producen debido a las actividades de la irrigación**

Para la identificación de los impactos ambientales se utilizó la metodología del diagrama de flujo, la cual consiste en relacionar la actividad o actividades que en este caso realiza la irrigación con aspectos ambientales y los componentes ambientales del entorno; a partir de esta relación se pueden identificar los impactos ambientales; para autores como Mehmood y col., (2024), la utilización de diagramas de flujo para la identificación de impactos de actividades relacionadas con irrigaciones se aplica de una manera adecuada, basan esta afirmación en el hecho de que queda claramente determinadas las actividades en la fase operación de las irrigaciones, y los aspectos ambientales normalmente son pocos.



**Figura 15: Diagrama de flujo para la identificación de los impactos ambientales de la irrigación Majes Sigwas I**

En la figura No. 15 se muestra el diagrama de flujo para la identificación de los impactos ambientales de la irrigación Majes Sigwas I sobre el valle de Sigwas; a continuación se presenta una explicación de este diagrama de flujo con cada uno de sus componentes.

### 3.2.7. Actividades impactantes del irrigación

En este componente del análisis considerado en el diagrama de flujo se ha considerado incluir las actividades que generan daño sobre el área de estudio, es decir, al tramo del valle de Sigwas que está siendo afectada por las actividades de la mencionada irrigación; y si bien es cierto las actividades propias de la irrigación son varias, la que se considera prioritaria respecto a su efecto sobre el valle de Sigwas corresponde al regadío, ya que como consecuencia del mismo se da el fenómeno de filtración de agua que a la larga afecta al suelo y provoca los aspectos ambientales que se mencionarán posteriormente.

### 3.2.8. Aspectos ambientales

Por definición se establece que los aspectos ambientales son las actividades específicas que generan impactos ambientales, la relación que existe entre el aspecto ambiental el impacto ambiental es una relación de causa efecto, siendo la causa del aspecto ambiental y el efecto el impacto ambiental; en el presente análisis los aspectos ambientales

vienen a ser los procesos geodinámicos que se generan como consecuencia del regadío que se lleva a cabo en irrigación, en este caso, y como ya se describió anteriormente, estos corresponden a la erosión de laderas, al flujo de detritus y al deslizamiento; si bien es cierto existe una similitud respecto al efecto que generan, sin embargo el análisis se realiza por separado teniendo en cuenta las diferentes acciones que se tomarán para poder controlar el riesgo generado por los mismos.

### **3.2.9. Componentes ambientales**

Se debe hacer notar que la acción de los aspectos ambientales es recibida en un entorno, el cual se conoce como componentes ambientales, si bien es cierto estos componentes ambientales pueden ser muy variados, se debe hacer notar que se consideran solo los que reciben modificaciones significativas respecto al aspecto ambiental; para el presente análisis se ha considerado como componentes ambientales fundamentales al suelo, al agua superficial, agricultura, residencias o viviendas, infraestructura de riego, y carreteras.

#### **3.2.10. Impactos ambientales**

Los impactos ambientales surgen de la interacción entre los aspectos ambientales y los componentes ambientales; se identifica un total de seis impactos ambientales generales, que debido a la naturaleza de los mismos, no necesitan ser valorados para entender su significancia; estos impactos son los siguientes:

##### **Pérdida de suelo de calidad agrícola**

Se aprecia claramente como los tres aspectos ambientales, es decir la erosión de laderas, el flujo de detritus y los deslizamientos, terminan provocando la pérdida del suelo que tiene calidad agrícola; como se estableció previamente, y sólo considerando tres zonas de referencia, se considera a la zona de El Alto con una pérdida de 34.6 ha; Pachaqui con una pérdida de 20.8 ha, y Alto de Cornejo con una pérdida de 37 ha; se debe considerar que esto sólo es de referencia ya que la pérdida de terrenos de cultivo de es mucho mayor de acuerdo a lo que se puede apreciar en el valle de Sigwas.



**Figura 16: Pérdida de suelo de calidad agrícola en el valle de Sigwas**

### **Modificación de la cantidad y calidad de agua**

El impacto relacionado con la modificación de la cantidad y calidad de agua viene dado también por la acción de los tres aspectos ambientales, es decir erosión de laderas, flujo de detritus y deslizamiento, el cual arrastra material hacia el fondo del río y al entrar en contacto con el modifica sus características de calidad; por otro lado la cantidad se ve mermada como consecuencia de fenómenos de represamiento de pequeños flujos de agua en la parte alta de la cuenca que poco a poco van disminuyendo el volumen real que discurre en el valle.

### **Disminución de la producción agrícola**

Este impacto ambiental que puede ser considerado como un impacto secundario, ya que la pérdida de suelo de calidad agrícola y la modificación en la cantidad y calidad de agua redundan en la disminución de la producción agrícola la cual es un impacto bastante severo sobre la economía de los pobladores del lugar cual lo cual involucra también un aspecto social bastante fuerte.

### **Daño sobre la vivienda de los pobladores**

Los procesos geodinámicos que han sido considerados como aspectos ambientales, de entre ellos fundamentalmente la erosión de laderas y el deslizamiento, generan problemas sobre la vivienda de los pobladores provocando la pérdida parcial o total de los mismos o aumentando el riesgo de vivir en ellas ya que existe el peligro latente de que

puedan destruirse como consecuencia de los aspectos ambientales anteriormente mencionados.



**Figura 17: Vivienda de poblador destruirla en el valle de Sigwas**

### **Daño sobre la infraestructura de riego**

Los aspectos ambientales como la erosión de laderas y el deslizamiento generan daños sobre la infraestructura de riego, básicamente por la destrucción de canales que en algunos casos tienen importancia significativa no sólo para el área propia afectada sino para zonas que se encuentran en la parte baja de la cuenca del valle de Sigwas ya que ven perjudicada su capacidad de transportar agua para los regadíos de las mismas.



**Figura 18: Infraestructura de riego dañada en el valle de Sigwas**

### **Daño a carreteras**

Dentro de los impactos ambientales como consecuencia de los aspectos ambientales observados, se ha establecido también que la erosión de laderas y el deslizamiento de materiales provoque impactos sobre las carreteras, generando daños en muchos casos bastante severos perdiendo la capacidad de el traslado de pobladores de un lugar a otro y generando perdiendo la calidad de vida y otros servicios que requiere la población para su subsistencia adecuada.



**Figura 19: Carretera dañada en el valle de Sigas**

### **3.3. Riesgos ambientales**

En el proceso de evaluación de riesgos ambientales, se ha considerado la guía de evaluación de riesgos ambientales del Ministerio del Ambiente (MINAM) del año 2010. La guía en cuestión propone un marco normativo para la detección, examen y valoración de los riesgos medioambientales que pudieran manifestarse en distintos ámbitos vinculados con la existencia humana.

El modelo presentado se basa en la creación de varios escenarios de riesgo, los cuales son situaciones potenciales dentro del entorno de la irrigación que podrían resultar en daños al medio ambiente. Luego, se analiza la probabilidad de que estos escenarios ocurran y sus respectivas consecuencias.

La formulación de escenarios es un proceso fundamental en la planificación estratégica. Este proceso implica la creación de posibles situaciones futuras basadas en

diferentes variables y factores relevantes. Los escenarios son herramientas que permiten a las organizaciones anticipar y prepararse para diferentes situaciones que podrían surgir en el futuro.

Antes de formular los escenarios, es necesario identificar todos los posibles peligros generados, los cuales se refieren a los impactos ambientales identificados a través del análisis de los procesos geodinámicos y los componentes ambientales del área de estudio en el valle de Sigüas. A partir de estos impactos, se elaboran una serie de escenarios de riesgo, para los cuales se estimará la probabilidad de ocurrencia y la severidad de las consecuencias.

**Tabla 9: Formulación de Escenarios de Riesgo**

| ESCENARIO IDENTIFICADO                          | ELEMENTO            | ESCENARIO RIESGO                          | CAUSA                                                | CONSECUENCIA                        |
|-------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Pérdida de la calidad del Suelo agrícola</b> | Proceso geodinámico | agotamiento de suelo agrícola             | Desplazamiento o cobertura del suelo agrícola actual | Sin agricultura                     |
| <b>Modificación cantidad y calidad de agua</b>  | Proceso geodinámico | agotamiento de agua apta para agricultura | Ingreso de material no consolidado                   | Agua insuficiente y de mala calidad |
| <b>Disminución de la producción agrícola</b>    | Proceso geodinámico | Pérdida de potencial agrícola             | Sin suelo ni agua                                    | Sin agricultura                     |
| <b>Daño a vivienda de pobladores</b>            | Proceso geodinámico | Viviendas escasas o de alto riesgo        | Modificación de la estructura de vivienda            | Sin viviendas adecuadas             |
| <b>Daño a infraestructura de riego</b>          | Proceso geodinámico | Infraestructura de riego pérdida          | Caída de material no consolidado                     | Sin infraestructura de riego        |
| <b>Daño a Carreteras</b>                        | Proceso geodinámico | Carreteras intransitables                 | Caída de material no consolidado                     | Sin carreteras                      |

En la tabla No. 9 se ha realizado la identificación de los escenarios de riesgos a partir de los impactos ambientales identificados en el paso anterior, a su vez se ha establecido la causa y consecuencia de los mismos de acuerdo establecido en la metodología correspondiente.

### 3.3.1. Estimación de la Probabilidad

Según la Guía para la Evaluación de Riesgos Ambientales del Ministerio del Ambiente, es fundamental que la organización atribuya a cada escenario una probabilidad de ocurrencia en función de los criterios establecidos en la tabla respectiva.

**Tabla 10: Tabla para La Estimación de la Probabilidad**

| VALOR | PROBABILIDAD       |                                                   |
|-------|--------------------|---------------------------------------------------|
| 5     | Muy probable       | Menos de Una vez al mes                           |
| 4     | Altamente probable | Entre una vez al mes y una vez al año             |
| 3     | Probable           | Entre una vez al año y una vez cada 10 años       |
| 2     | Posible            | Entre una vez cada 10 años y una vez cada 50 años |
| 1     | Improbable         | Mayor a una vez cada 50 años                      |

Fuente: Guía para Evaluación de Riesgos Ambientales del MINAM, 2010

En la tabla de formulación de escenarios, se incorpora la información de probabilidad mediante la creación de una columna específica para este propósito.

**Tabla 11: Estimación de la Probabilidad**

| ESCENARIO IDENTIFICADO                          | ELEMENTO            | ESCENARIO RIESGO                          | PROBABILIDAD |
|-------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------|--------------|
| <b>Pérdida de la calidad del Suelo agrícola</b> | Proceso geodinámico | agotamiento de suelo agrícola             | 4            |
| <b>Modificación cantidad y calidad de agua</b>  | Proceso geodinámico | agotamiento de agua apta para agricultura | 4            |
| <b>Disminución de la producción agrícola</b>    | Proceso geodinámico | Pérdida de potencial agrícola             | 3            |
| <b>Daño a vivienda de pobladores</b>            | Proceso geodinámico | Viviendas escasas o de alto riesgo        | 3            |
| <b>Daño a infraestructura de riego</b>          | Proceso geodinámico | Infraestructura de riego pérdida          | 3            |
| <b>Daño a Carreteras</b>                        | Proceso geodinámico | Carreteras intransitables                 | 3            |

La tabla No. 11 muestra la probabilidad de ocurrencia en el escenario de riesgo, la probabilidad calificada en los escenarios mostrados se encuentra entre altamente probable y probable.

### 3.3.2. Estimación de la Gravedad de las Consecuencias

La evaluación de la gravedad de las consecuencias se lleva a cabo de manera individualizada para los ámbitos natural, humano y socioeconómico.

Se emplean las siguientes fórmulas para determinar el valor de las consecuencias en cada uno de los entornos.

**Gravedad entorno natural = cantidad + 2 peligrosidad + extensión + calidad del medio**

**Gravedad entorno humano = cantidad + 2 peligrosidad + extensión + población afectada**

**Gravedad entorno Socioeconómico = cantidad + 2 peligrosidad + extensión + patrimonio y capital productivo**

Donde:

Cantidad: cantidad de sustancia emitida al entorno

Peligrosidad: se evalúa en función de la peligrosidad intrínseca de la sustancia (toxicidad, posibilidad de acumulación, etc.).

Extensión: se refiere al espacio de influencia del impacto del entorno

Calidad del medio: se considera el impacto y su posible reversibilidad

Población afectada: número estimado de personas afectadas

Patrimonio y capital productivo: se refiere a la valoración del patrimonio económico y social (patrimonio histórico, infraestructura, actividad agraria, instalaciones industriales, espacios naturales protegidos, son las residenciales y de servicios).

Según la Guía para la Evaluación de Riesgos Ambientales del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MINAM) de 2010, se realiza una valoración que abarca tres entornos distintos.

**Tabla 12: Estimación de la Gravedad de las consecuencias sobre entorno natural**

| VALOR | CANTIDAD | PELIGROSIDAD   | EXTENSIÓN    | CALIDAD DEL MEDIO |
|-------|----------|----------------|--------------|-------------------|
| 4     | Muy alta | Muy peligrosa  | Muy extenso  | Muy elevada       |
| 3     | Alta     | Peligrosa      | Extenso      | Elevada           |
| 2     | Poca     | Poco peligrosa | Poco extenso | Media             |
| 1     | Muy poca | No peligrosa   | Puntual      | Baja              |

Fuente: Guía para Evaluación de Riesgos Ambientales del MINAM, 2010

**Tabla 13: Estimación de la Gravedad de las consecuencias sobre el entorno Humano**

| VALOR | CANTIDAD | PELIGROSIDAD                    | EXTENSIÓN    | POBLACION AFECTADA |
|-------|----------|---------------------------------|--------------|--------------------|
| 4     | Muy alta | Muerte o defectos irreversibles | Muy extenso  | Más de 100         |
| 3     | Alta     | Daños graves                    | Extenso      | Entre 25 y 100     |
| 2     | Poca     | Daños leves                     | Poco extenso | Entre 5 y 25       |
| 1     | Muy poca | Daños muy leves                 | Puntual      | Menos de 5         |

Fuente: Guía para Evaluación de Riesgos Ambientales del MINAM, 2010

**Tabla 14: Estimación de la Gravedad de las consecuencias sobre el entorno socioeconómico**

| VALOR | CANTIDAD | PELIGROSIDAD   | EXTENSIÓN    | PATRIMONIO Y CAPITAL PRODUCTIVO        |
|-------|----------|----------------|--------------|----------------------------------------|
| 4     | Muy alta | Muy peligrosa  | Muy extenso  | Perdida 100 % medio receptor           |
| 3     | Alta     | Peligrosa      | Extenso      | Perdida 50 % medio receptor            |
| 2     | Poca     | Poco peligrosa | Poco extenso | Perdida entre 10 a 20 % medio receptor |
| 1     | Muy poca | No peligrosa   | Puntual      | Perdida entre 1 a 2 % medio receptor   |

Fuente: Guía para Evaluación de Riesgos Ambientales del MINAM, 2010

En última instancia, se otorga una calificación del uno al cinco a la severidad de las consecuencias en cada escenario identificado, de acuerdo con el criterio establecido.

**Tabla 15: Estimación de la Gravedad de las Consecuencias**

| VALOR               | VALORACIÓN | VALOR ASIGNADO |
|---------------------|------------|----------------|
| <b>Crítico</b>      | 26-18      | 5              |
| <b>Grave</b>        | 17-15      | 4              |
| <b>Moderado</b>     | 14-11      | 3              |
| <b>Leve</b>         | 10-8       | 2              |
| <b>No relevante</b> | 7-5        | 1              |

Fuente: Guía para Evaluación de Riesgos Ambientales del MINAM, 2010

**Tabla 16: Estimación de la gravedad de las consecuencias Entorno Natural**

| No. | Escenario de riesgo                      | Cantidad | Peligrosidad | Extensión | Calidad del medio | Gravedad | Puntuación total |
|-----|------------------------------------------|----------|--------------|-----------|-------------------|----------|------------------|
| S1  | Pérdida de la calidad del Suelo agrícola | 3        | 3            | 2         | 4                 | 15       | 4                |
| S2  | Modificación cantidad y calidad de agua  | 4        | 3            | 4         | 4                 | 18       | 5                |
| S3  | Disminución de la producción agrícola    | 2        | 2            | 3         | 3                 | 12       | 3                |
| S4  | Daño a vivienda de pobladores            | 2        | 3            | 2         | 3                 | 13       | 3                |
| S5  | Daño a infraestructura de riego          | 2        | 4            | 2         | 3                 | 15       | 4                |
| S6  | Daño a Carreteras                        | 2        | 3            | 2         | 3                 | 13       | 3                |

Con respecto al entorno natural se ha establecido que la modificación en calidad y cantidad de agua tiene la más alta gravedad; seguido de la pérdida de la calidad de suelo agrícola y el daño a la infraestructura de riego.

**Tabla 17: Estimación de la gravedad de las consecuencias Entorno Humano**

| No. | Escenario de riesgo                      | Cantidad | Peligrosidad | Extensión | Población afectada | Gravedad | Puntuación total |
|-----|------------------------------------------|----------|--------------|-----------|--------------------|----------|------------------|
| S1  | Pérdida de la calidad del Suelo agrícola | 3        | 3            | 2         | 4                  | 14       | 3                |
| S2  | Modificación cantidad y calidad de agua  | 4        | 3            | 4         | 4                  | 18       | 5                |
| S3  | Disminución de la producción agrícola    | 2        | 2            | 3         | 3                  | 12       | 3                |
| S4  | Daño a vivienda de pobladores            | 3        | 4            | 2         | 3                  | 16       | 4                |
| S5  | Daño a infraestructura de riego          | 3        | 4            | 2         | 4                  | 17       | 4                |
| S6  | Daño a Carreteras                        | 3        | 3            | 2         | 4                  | 15       | 4                |

En el caso del entorno humano la gravedad de las consecuencias más alta se observa para el daño a infraestructura de riego, seguido de pérdida de calidad de suelo agrícola, daño a vivienda de pobladores y a carreteras.

**Tabla 18: Estimación de la gravedad de las consecuencias Entorno Socio Económico**

| No. | Escenario de riesgo                      | Cantidad | Peligrosidad | Extensión | Patrimonio y capital productivo | Gravedad | Puntuación total |
|-----|------------------------------------------|----------|--------------|-----------|---------------------------------|----------|------------------|
| S1  | Pérdida de la calidad del Suelo agrícola | 3        | 3            | 2         | 2                               | 13       | 3                |
| S2  | Modificación cantidad y calidad de agua  | 4        | 3            | 4         | 4                               | 18       | 5                |
| S3  | Disminución de la producción agrícola    | 2        | 2            | 3         | 2                               | 11       | 3                |
| S4  | Daño a vivienda de pobladores            | 3        | 3            | 2         | 2                               | 13       | 3                |
| S5  | Daño a infraestructura de riego          | 3        | 4            | 2         | 3                               | 16       | 4                |
| S6  | Daño a Carreteras                        | 3        | 3            | 2         | 3                               | 14       | 3                |

Con respecto al entorno socioeconómico la gravedad de consecuencias más altas es establecida para la modificación de cantidad y calidad de agua, seguido de daño a la infraestructura de riego.

### 3.3.3. Evaluación del Riesgo Ambiental

La estimación del riesgo ambiental se logra al multiplicar la probabilidad y la gravedad de las consecuencias previamente evaluadas. Se determina para los tres entornos considerados: naturales, humanos y socioeconómicos.

En el proceso de evaluación del riesgo ambiental, se construyen tres tablas de doble entrada correspondientes a cada uno de los entornos considerados (natural, humano y socioeconómico). En estas tablas se representa de forma gráfica cada escenario, tomando en consideración tanto su probabilidad como sus consecuencias, las cuales se derivan de la estimación de riesgo efectuada.

**Tabla 19: Evaluación del Riesgo Ambiental**
**Entorno natural**

|              |   | GRAVEDAD ENTORNO |   |               |     |     |
|--------------|---|------------------|---|---------------|-----|-----|
| PROBABILIDAD | n | 1                | 2 | 3             | 4   | 5   |
|              | 1 |                  |   |               |     |     |
|              | 2 |                  |   |               |     |     |
|              | 3 |                  |   | S3, S4,<br>S6 | S5  |     |
|              | 4 |                  |   |               | S1, | S2, |
|              | 5 |                  |   |               |     |     |

**Entorno Humano**

|              |   | GRAVEDAD ENTORNO |   |    |               |     |
|--------------|---|------------------|---|----|---------------|-----|
| PROBABILIDAD | h | 1                | 2 | 3  | 4             | 5   |
|              | 1 |                  |   |    |               |     |
|              | 2 |                  |   |    |               |     |
|              | 3 |                  |   | S3 | S4, S6,<br>S5 |     |
|              | 4 |                  |   |    | S1,           | S2, |
|              | 5 |                  |   |    |               |     |

**Entorno Socio Económico**

|              |    | GRAVEDAD ENTORNO |   |                |    |     |
|--------------|----|------------------|---|----------------|----|-----|
| PROBABILIDAD | se | 1                | 2 | 3              | 4  | 5   |
|              | 1  |                  |   |                |    |     |
|              | 2  |                  |   |                |    |     |
|              | 3  |                  |   | S3, S4,<br>S6, | S5 |     |
|              | 4  |                  |   | S1,            |    | S2, |
|              | 5  |                  |   |                |    |     |

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
|  | <b>Riesgo muy alto: 21 a 25</b> |
|  | <b>Riesgo alto: 16 a 20</b>     |
|  | <b>Riesgo medio: 11 a 15</b>    |
|  | <b>Riesgo moderado: 6 a 10</b>  |
|  | <b>Riesgo bajo: 1 a 5</b>       |

**Tabla 20: Consolidado del Riesgo Ambiental**

| No. | Escenario de riesgo                      | Entorno Natural | Entorno Humano | Entorno Socio económico |
|-----|------------------------------------------|-----------------|----------------|-------------------------|
| S1  | Pérdida de la calidad del Suelo agrícola | 16              | 16             | 12                      |
| S2  | Modificación cantidad y calidad de agua  | 20              | 20             | 20                      |
| S3  | Disminución de la producción agrícola    | 9               | 9              | 9                       |
| S4  | Daño a vivienda de pobladores            | 9               | 12             | 9                       |
| S5  | Daño a infraestructura de riego          | 12              | 15             | 12                      |
| S6  | Daño a Carreteras                        | 9               | 9              | 9                       |

Como se observa en la tabla No. 20 de todos los escenarios evaluados se ha establecido que la modificación de calidad y cantidad de agua tiene un riesgo alto para los tres entornos; en cambio la pérdida de calidad de suelo agrícola tiene un riesgo alto para el entorno natural y el entorno humano, siendo para el entorno socioeconómico un nivel de riesgo medio. Para todos los demás escenarios y en todos los entornos el riesgo calculado ha sido un riesgo medio.

Vidotti y col., (2024), en el Brasil determinan riesgos moderados para la mayor parte de escenarios propuestos en irrigaciones, sin embargo, identifican riesgos altos para el caso de algún tipo de infraestructura; por otro lado, comentan que en el balance de beneficios y riesgos, la parte beneficios es mucho mayor sin dejar de considerar la forma de controlar los riesgos generados por estas irrigaciones.

Dueñas-Moreno y col., (2024), determinan un riesgo alto en la operación de las irrigaciones, pero ellos consideran la presencia de contaminantes en el agua utilizada, situación que para el presente trabajo se podría descartar debido al origen del agua.

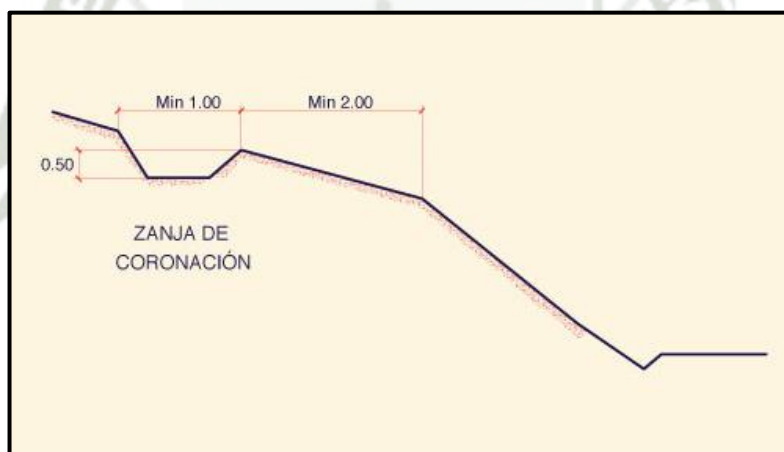
Edirisooriya, y col., (2024), en forma general asocian los riesgos en el funcionamiento de las irrigaciones sobre el suelo fundamentalmente generando problemas de deslizamientos y salinización del mismo.

### 3.4. Propuestas de solución

Tanto en el contexto de la identificación de los impactos ambientales como de la evaluación de los riesgos se establece que el problema fundamental radica en el desplazamiento de materiales que se realiza como consecuencia de los aspectos ambientales tales como la erosión de laderas, el flujo de detritos y los deslizamientos; por lo que las estrategias o propuestas de solución deben estar ligadas a controlar estos fenómenos.

#### 3.4.1. Aplicación de zanjas de coronación

Son construcciones civiles que se utilizan para controlar el flujo de agua y material no consolidado en función del proceso geodinámico a controlar. En zonas de deslizamiento, se recomienda la construcción de zanjas de coronación. Estas estructuras se ubican en la parte superior de la zona de deslizamiento con el propósito de recolectar y dirigir el agua de las pendientes naturales hacia el sistema de drenaje, previniendo así la erosión del terreno, especialmente en áreas con pendientes pronunciadas.



**Figura 20: Detalle considerado en una zanja de coronación.**

Las zanjas de coronación suelen tener una forma rectangular, aunque en caso de necesitar dimensiones más amplias, también pueden adoptar una forma trapezoidal.

Se sugiere la siembra de especies naturales, como pastos, maleza, raíces o árboles, a lo largo de ambos lados de la zanja. Además, es posible incorporar ramas cortadas que se encuentren atadas entre sí para formar estructuras alargadas. Las estacas se entierran o colocan a lo largo del talud para prevenir la erosión del suelo y la obstrucción de la cuneta por sedimentos.

Cuando la pendiente longitudinal excede el 2%, se requiere que la zanja o canal cuente con un revestimiento de concreto simple o enrocado.

### 3.4.2. Zanja de coronación escalonada

Para la instalación de pendientes mayores, es necesario que las zanjas sean escalonadas y cuenten con un emboquillado de piedra debajo de la pendiente. Es preferible que estas zanjas se dirijan hacia la quebrada más cercana.

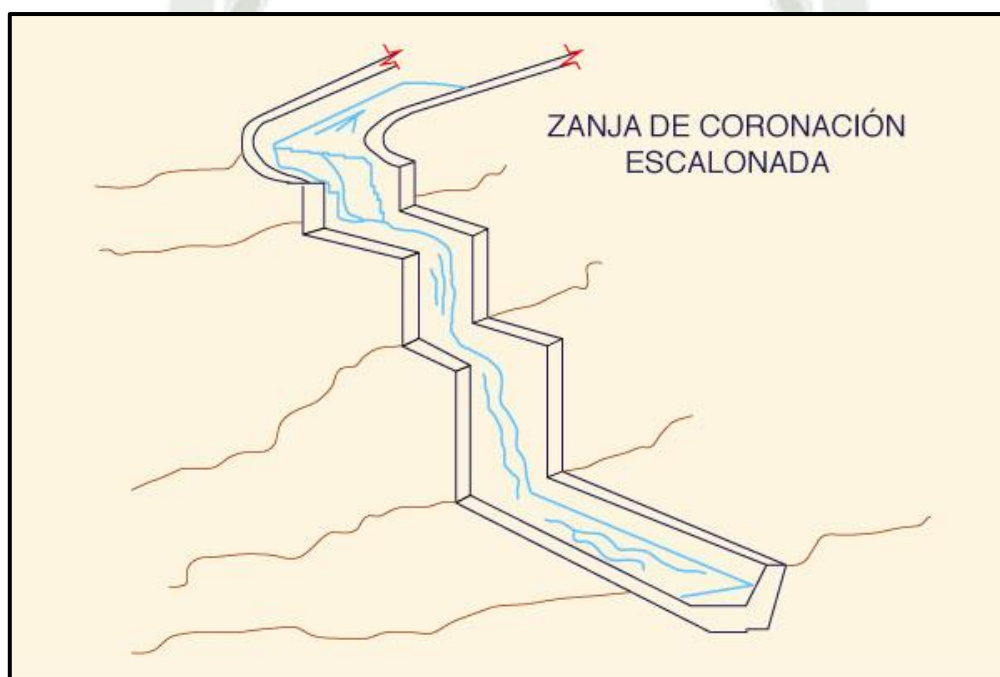
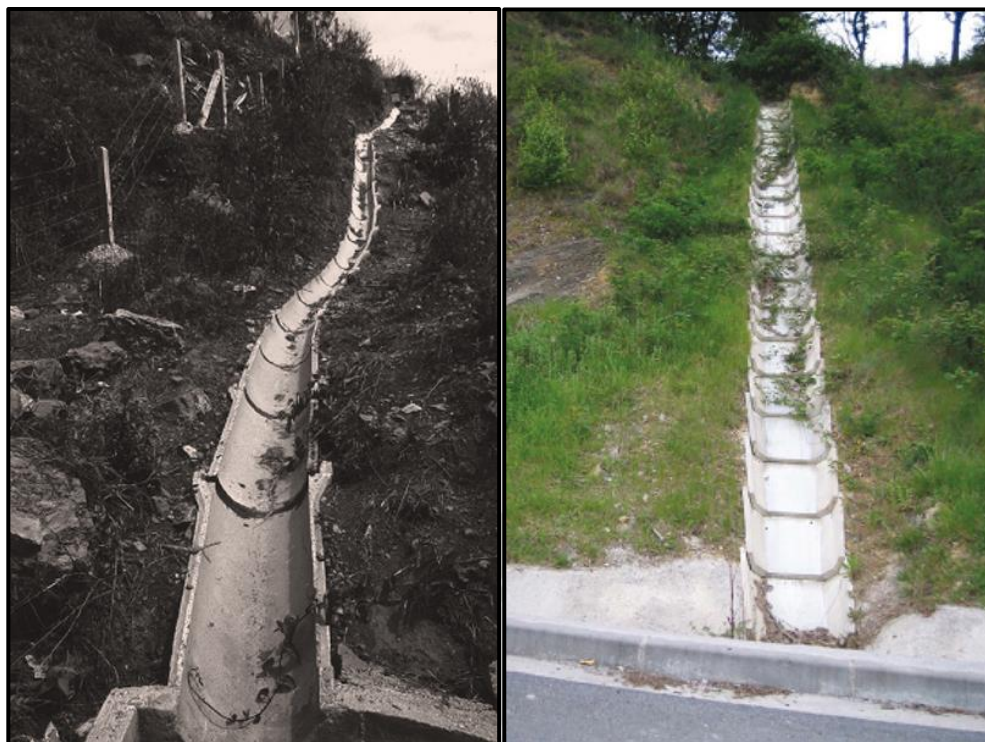


Figura 21: Detalle de una zanja de coronación escalonada

### 3.4.3. Bajantes o rápidas

Las bajantes o rápidas son una disposición de pequeñas canaletas prefabricadas alineadas para formar un canal con una pendiente pronunciada. Su propósito es drenar de forma controlada el flujo de agua de las zanjas de coronación. Es necesario que la tubería de desagüe se conecte directamente a un punto de salida de agua que haya sido previamente planificado.



**Figura 22: Ejemplos de bajante. (imagen referencial)**

#### **3.4.4. Diques de contención**

En el contexto de los flujos de detritus a través de cárcavas, se recomienda la instalación de diques de contención en distintas áreas de la cárcava. Esta medida permite disminuir de manera progresiva tanto el caudal de agua como la cantidad de material que podría ser arrastrado.



**Figura 23: Diques de contención (imagen referencial)**

La figura 23 muestra un ejemplo de dique de contención en cárcava que puede ser aplicado en las zonas donde se ha identificado flujo de detritos

**Tabla 21: Propuesta de control físico para cada proceso geodinámico identificado**

| PROCESOS GEODINÁMICOS<br>ASOCIADOS A LOS ASPECTOS<br>AMBIENTALES | PROPUESTA DE CONTROL                                |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Flujo de Detritus                                                | Diques de Contención, bajantes o rápidas            |
| Erosión de ladera                                                | Zanja de coronación                                 |
| Deslizamiento                                                    | Zanja de coronación, Zanja de coronación escalonada |

En la tabla anterior se muestra la propuesta de control establecidas para los procesos geodinámicos asociados a los aspectos ambientales identificados en el presente trabajo.

## CONCLUSIONES

Primera. - Considerando la actividad fundamental de la irrigación respecto al efecto que tiene sobre el valle de Sigüas al regadío, se identifican como eventos de geodinámica externa a la erosión de laderas, el flujo de detrituos y los deslizamientos; de ellas el de mayor dimensión y de mayor gravedad corresponden a los deslizamientos.

Segunda. - Los impactos ambientales identificados a través del proceso de diagrama de flujo corresponden a la pérdida de suelos de calidad agrícola, modificación de la cantidad y calidad de agua, disminución de la producción agrícola, daño a las viviendas de pobladores, daño a la infraestructura de riego y daño a las carreteras.

Tercera. - De acuerdo a la valoración de riesgos se establece que la modificación de calidad y cantidad de agua tiene un riesgo alto para los tres entornos; en cambio la pérdida de calidad de suelo agrícola tiene un riesgo alto para el entorno natural y el entorno humano, siendo para el entorno socioeconómico un nivel de riesgo medio. Para todos los demás escenarios y en todos los entornos el riesgo calculado ha sido un riesgo medio.

Cuarto. – En la zona Alto de Cornejo en el valle de Sigüas, se tiene áreas cultivables cubiertas por el desplazamiento de material que alcanza un área total de 37 ha aproximadamente; de la misma manera en la zona de Pachaqui parte Alta de Cornejo se tiene un área total afectada de 20.8 ha; finalmente se tiene en la zona denominado el Alto se tiene un área estimada de 34.6 ha.

## RECOMENDACIONES

Considerar las propuestas de control físico y desarrollarlas en un proyecto de inversión Perú para a la brevedad posible implementar las medidas ya que los eventos de geodinámica externa son constantes y cada vez van en aumento, provocando la pérdida de terrenos de cultivo en el valle de Sigwas.

Dar a conocer a las autoridades encargadas del manejo de la irrigación Majes Sigwas I, la información generada partir del presente trabajo de investigación para que se tomen las medidas pertinentes para el control de los impactos.

Considera la información generada en el presente trabajo de investigación para proyectos futuros como el denominado Majes Sigwas II.

Monitorear las zonas de erosión de laderas, flujo de detritos y sobre todo los deslizamientos como El Alto, para así prevenir y mitigar futuros eventos geodinámicos. Dichos fenómenos naturales se plasman mediante un plano geodinámico utilizando el software ARCSIG, para la identificación y ubicación de dichos fenómenos

Para la estabilidad de las zonas afectadas en la zona de estudio se recomienda realizar los estudios geomecánicos de suelos para dar a conocer la capacidad portante sobre todo, y realizar diseños de sostenimiento y así dar la seguridad a las zonas afectadas

## BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, R., & Cantor, A. (2024). The complexities of irrigation efficiency: Groundwater data, agro-hydrology, and water decision-making in Central Oregon. *Environmental Science & Policy*, 154, 103702.
- Besser, H., Dhaouadi, L., & Hamed, Y. (2022). Groundwater quality evolution in the agro-based areas of southern Tunisia: environmental risks of emerging farming practices. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, 7(1), 65-78.
- Condori, R. M. C. (2023). Geomorfología Estructural Exógena Como Material Didáctico Para La Enseñanza De La Geografía Local. *Revista de Investigaciones*, 12(2), 115-127.
- Du, J., Li, Z., Song, C., Zhu, W., & Tomás, R. (2024). Coupling effect of impoundment and irrigation on landslide movement in Maoergai Reservoir area revealed by multi-platform InSAR observations. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 129, 103802.
- Dueñas-Moreno, J., Vázquez-Tapia, I., Mora, A., Cervantes-Avilés, P., Mahlnecht, J., Capparelli, M. V., ... & Wang, C. (2024). Occurrence, ecological and health risk assessment of phthalates in a polluted urban river used for agricultural land irrigation in central Mexico. *Environmental Research*, 240, 117454.
- Edirisooriya, E. M. N. T., Wang, H., Banerjee, S., Longley, K., Wright, W., Mizuno, W., & Xu, P. (2024). Economic feasibility of developing alternative water supplies for agricultural irrigation. *Current Opinion in Chemical Engineering*, 43, 100987.
- Elmahdi, A. (2024). Addressing water scarcity in agricultural irrigation: By exploring alternative water resources for sustainable irrigated agriculture. *Irrigation and Drainage*.
- García, C. A. B. (2023). Variabilidad climática en la ciudad de Trujillo (Perú). *Human Review. International Humanities Review/Revista Internacional de Humanidades*, 19(3), 1-12.

- Garnero, G. (2023). Socio-naturalezas hídricas, turismo y espirales de riesgo ambiental: Las sierras de Córdoba durante el siglo XX (Argentina). *Estudios Rurales*, 13(27).
- Guno, C. S., & Agaton, C. B. (2022). Socio-economic and environmental analyses of solar irrigation systems for sustainable agricultural production. *Sustainability*, 14(11), 6834.
- Hills, E. S., & Greene, H. (2024). Irrigation in Arid Lands. In *Arid Lands* (pp. 255-271). Routledge.
- Henriksen, M. V., Arlé, E., Pili, A., Clarke, D. A., García-Berthou, E., Groom, Q., ... & McGeoch, M. A. (2024). Global indicators of the environmental impacts of invasive alien species and their information adequacy. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 379(1902), 20230323.
- Hoogesteger, J. (2022). Regulating agricultural groundwater use in arid and semi-arid regions of the Global South: Challenges and socio-environmental impacts. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 27, 100341.
- Ingrao, C., Strippoli, R., Lagioia, G., & Huisingh, D. (2023). Water scarcity in agriculture: An overview of causes, impacts and approaches for reducing the risks. *Heliyon*.
- Kaab, A., Khanali, M., Shadamanfar, S., & Jalalvand, M. (2024). Assessment of energy audit and environmental impacts throughout the life cycle of barley production under different irrigation systems. *Environmental and Sustainability Indicators*, 100357.
- Kalboussi, N., Biard, Y., Pradeleix, L., Rapaport, A., Sinfort, C., & Ait-Mouheb, N. (2022). Life cycle assessment as decision support tool for water reuse in agriculture irrigation. *Science of the Total Environment*, 836, 155486.
- Khan, M. M., Siddiqi, S. A., Farooque, A. A., Iqbal, Q., Shahid, S. A., Akram, M. T., ... & Khan, I. (2022). Towards sustainable application of wastewater in agriculture: A review on Reusability and risk assessment. *Agronomy*, 12(6), 1397.
- Mahjoub, O., Mauffret, A., Michel, C., & Chmingui, W. (2022). Use of groundwater and reclaimed water for agricultural irrigation: Farmers' practices and attitudes and related environmental and health risks. *Chemosphere*, 295, 133945.

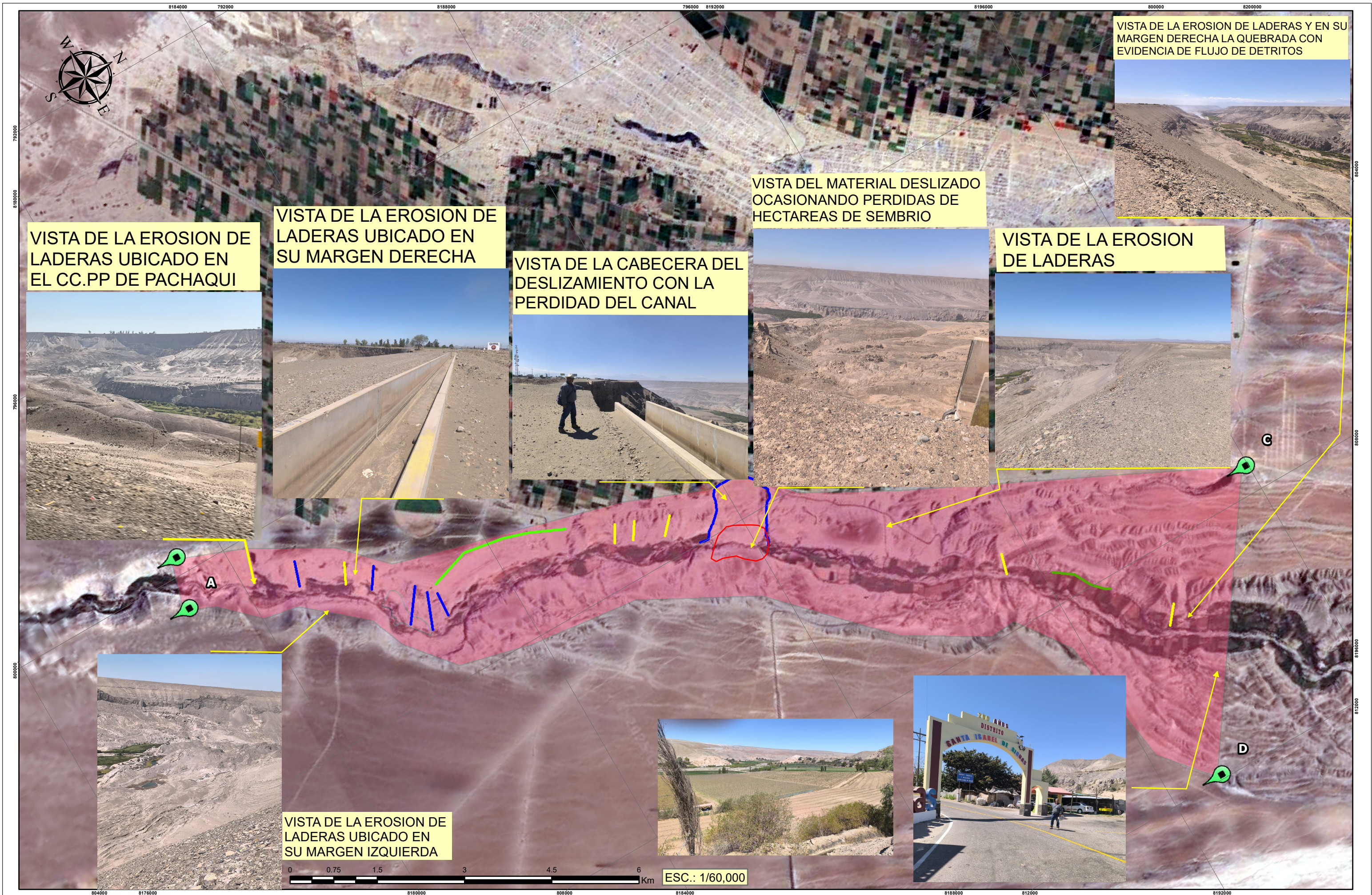
- Mata, G. M. M., Ortiz, R. M., Reséndiz, R. F., & Ortiz, C. M. (2023). Riesgo de la seguridad alimentaria en la subcuenca del río Apatlaco (México). *Perspectivas Rurales Nueva Época*, 21(42), 1-28.
- Mehmood, K., Tischbein, B., Mahmood, R., Borgemeister, C., Flörke, M., & Akhtar, F. (2024). Analysing and evaluating environmental flows through hydrological methods in the regulated Indus River Basin. *Ecohydrology*, e2624.
- MINAM (2010) Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales, de la Dirección General de Calidad Ambiental, del Viceministerio de Gestión Ambiental; del Ministerio del Ambiente, Lima Perú
- Minhas, P. S., Saha, J. K., Dotaniya, M. L., Sarkar, A., & Saha, M. (2022). Wastewater irrigation in India: Current status, impacts and response options. *Science of the Total Environment*, 808, 152001.
- Ministerio del Ambiente (MINAM), (2010) Guía de evaluación de riesgos ambientales, Lima Perú
- Mohanavelu, A., Naganna, S. R., & Al-Ansari, N. (2021). Irrigation induced salinity and sodicity hazards on soil and groundwater: An overview of its causes, impacts and mitigation strategies. *Agriculture*, 11(10), 983.
- Mora, A., Torres-Martínez, J. A., Capparelli, M. V., Zabala, A., & Mahlknecht, J. (2022). Effects of wastewater irrigation on groundwater quality: An overview. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 25, 100322.
- Mora, E. M., Jiménez, K. B., Sandí, W. B., & Jiménez, L. C. (2022). Evaluación de riesgo por arsénico, en bajas concentraciones, para trabajadores agrícolas de Cartago, Costa Rica. *UNED Research Journal*, 14(2), e4070-e4070.
- Li, Q., Chen, W., Shi, H., & Zhang, S. (2024). Assessing the environmental impact of agricultural production structure transformation—evidence from the non-grain production of cropland in China. *Environmental Impact Assessment Review*, 106, 107489.

- Rabanaque, M. P., Martínez-Fernández, V., Calle, M., Sanchis-Ibor, C., Segura-Beltrán, F., Sánchez-Moya, Y., & Benito, G. (2022). Monitoring channel response and recovery of ephemeral Mediterranean streams using diachronic orthophotography analysis with machine learning (Rambla de Cervera, Spain) (No. ICG2022-579). Copernicus Meetings.
- Radcliffe, J. C. (2022). Current status of recycled water for agricultural irrigation in Australia, potential opportunities and areas of emerging concern. *Science of the Total Environment*, 807, 151676.
- Radmehr, A., Bozorg-Haddad, O., & Loáiciga, H. A. (2022). Developing strategies for agricultural water management of large irrigation and drainage networks with fuzzy MCDM. *Water Resources Management*, 36(13), 4885-4912.
- Rand, G., Morgan, J., Lindberg, M., Immroth, B. C., & Evans, D. (2024). SEPA Environmental Checklist.
- Rodríguez, L. G., López, P. S., Souvanell, Á. L. B., & Hernández, A. H. (2023). Potencial hidroeléctrico en cuencas hidrográficas de montaña sujetas a regulaciones ambientales cubanas: Apuntes para su aprovechamiento. *Boletín de Ciencias de la Tierra*.
- Saidón, M., Christel, L., & Levatino, B. (2023). Tecnologías emergentes asociadas a riesgos ambientales: El fracking en Mendoza y la termo-valorización en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires: coaliciones en controversia. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad-CTS*, 18(53), 51-74.
- Slamini, M., Sbaa, M., Arabi, M., & Darmous, A. (2022). Review on Partial Root-zone Drying irrigation: Impact on crop yield, soil and water pollution. *Agricultural Water Management*, 271, 107807.
- Singha, C., Swain, K. C., Pradhan, B., Rusia, D. K., Moghimi, A., & Ranjgar, B. (2024). Mapping groundwater potential zone in the subarnarekha basin, India, using a novel hybrid multi-criteria approach in Google earth Engine. *Heliyon*, 10(2).

- Vidotti, D. B. M., Soares, P. F., Lukiantchuki, J. A., & Benatti, C. T. (2024). A qualitative risk assessment model for water reuse: Risks related to agricultural irrigation in Brazil. *Science of The Total Environment*, 931, 172965.
- Wang, J., Wu, Z., & Feng, J. (2024). Livelihood, irrigation, and landslide: Unfolding the human-water-land nexus using an integrative framework. *Land Use Policy*, 142, 107190.
- Yao, X., Zhang, Z., Yuan, F., & Song, C. (2024). The impact of global cropland irrigation on soil carbon dynamics. *Agricultural Water Management*, 296, 108806.
- Zhao, Z. Y., Wang, P. Y., Xiong, X. B., Wang, Y. B., Zhou, R., Tao, H. Y., ... & Xiong, Y. C. (2022). Environmental risk of multi-year polythene film mulching and its green solution in arid irrigation region. *Journal of Hazardous Materials*, 435, 128981.
- Zinck, J. A. (2023). The geopedologic approach. In *Geopedology: An Integration of Geomorphology and Pedology for Soil and Landscape Studies* (pp. 35-67). Cham: Springer International Publishing.



## **ANEXO MAPA GEODINAMICO**





**ANEXO DE LA GUIA DE EVALUACION DE RIESGOS AMBIENTALES**

**Ministerio del Ambiente – MINAM**

Antonio Brack Egg  
Ministro del Ambiente

**Viceministerio de Gestión Ambiental**

Ana María González del Valle  
Vice Ministra

**Dirección General de Calidad Ambiental**

Raúl Roca Pinto  
Director General

**Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales**

© Ministerio del Ambiente – MINAM, 2009.  
Av. Javier Prado Oeste 1440, San Isidro, Lima 27, Perú  
Teléfono (511) 611-6000  
correo electrónico: [webmaster@minam.gob.pe](mailto:webmaster@minam.gob.pe)  
Página Web: [www.minam.gob.pe](http://www.minam.gob.pe)  
Perú, 2010

**Equipo Técnico Responsable:**

Ing. Ysabel Montalvo Figueroa  
Ing. Jennifer Luque Luque

**Edición:**

Verónica Mendoza Díaz

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional  
del Perú N° 2010-09144  
2010  
Impreso en el Perú  
Tiraje: 500 unidades

**Diagramación e Impresión:**

Serv. Gen. Q&F Hnos. S.A.C.

## CONTENIDO

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>PRESENTACIÓN</b>                                                                               | 7  |
| <b>INTRODUCCIÓN</b>                                                                               | 8  |
| <b>ANTECEDENTES</b>                                                                               | 9  |
| <b>I. GENERALIDADES</b>                                                                           | 10 |
| 1.1. Objetivos de la guía                                                                         | 10 |
| 1.2. Alcances y propósitos de la guía                                                             | 10 |
| <b>II. MARCO DE REFERENCIA</b>                                                                    | 11 |
| 2.1. Experiencia internacional                                                                    | 11 |
| 2.2. Avances en el ámbito nacional                                                                | 12 |
| <b>III. FUNDAMENTO TEÓRICO-METODOLÓGICO</b>                                                       | 13 |
| 3.1 Descripción del marco teórico conceptual de la evaluación de riesgo ambiental                 | 13 |
| 3.2 Consideraciones para la evaluación de riesgos ambientales                                     | 13 |
| 3.2.1. Gerencia de Recursos Naturales y de Medio Ambiente                                         | 13 |
| 3.2.1.1. Fases del proceso de la evaluación de riesgos ambientales                                | 13 |
| 3.2.1.2. Criterios para la evaluación de riesgos ambientales                                      | 14 |
| 3.2.2. Identificación de peligros ambientales                                                     | 15 |
| 3.2.2.1. Determinación de escenarios                                                              | 15 |
| 3.2.2.2. Lista de verificación de cumplimiento                                                    | 16 |
| 3.2.2.3. Análisis de escenarios Identificación y definición de causas y peligros                  | 16 |
| <b>IV. GUIA MATRICIAL DE RIESGOS AMBIENTALES</b>                                                  | 18 |
| 4.1. Propuesta del procedimiento técnico administrativo para la Evaluación de Riesgos Ambientales | 18 |
| 4.2. Metodología análisis y evaluación de riesgos ambientales                                     | 19 |
| 4.2.1. Descripción de la metodología                                                              | 19 |
| 4.3. Procesos del sistema matricial del riesgo ambiental                                          | 20 |
| 4.3.1. Análisis de riesgos ambientales                                                            | 20 |
| 4.3.1.1. Definición de suceso iniciador                                                           | 22 |
| 4.3.1.2. Formulación de escenarios                                                                | 24 |
| 4.3.1.3. Estimación de la probabilidad                                                            | 26 |
| 4.3.1.4. Estimación de la gravedad de las consecuencias                                           | 27 |
| 4.3.1.5. Estimación del riesgo ambiental                                                          | 31 |
| 4.3.2. Evaluación del riesgos ambientales                                                         | 33 |
| 4.3.3. Caracterización del riesgo ambiental                                                       | 33 |
| <b>V. PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS AMBIENTALES</b>                                                   | 34 |
| 5.1. Estrategia de prevención                                                                     | 34 |
| 5.1.1. Evaluación de riesgos para la prevención                                                   | 34 |
| 5.1.2. Modelos de predicción                                                                      | 35 |

|                                                                                                                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>VI. BIBLIOGRAFIA .....</b>                                                                                                                                   | <b>36</b> |
| <b>VII. ANEXOS</b>                                                                                                                                              |           |
| <b>Anexo N° 01:</b> Glosario de términos .....                                                                                                                  | 37        |
| <b>Anexo N° 02:</b> Siglas, acrónimos, abreviaturas y unidades de medida .....                                                                                  | 46        |
| <b>Anexo N° 03:</b> Marco legal .....                                                                                                                           | 49        |
| <b>Anexo N° 04:</b> Sistema de clasificación de riesgo de materiales peligrosos .....                                                                           | 56        |
| <b>Anexo N° 05:</b> Pictogramas oficiales sobre manipulación de sustancias peligrosas .....                                                                     | 57        |
| <b>Anexo N° 06:</b> Lista de materiales peligrosos .....                                                                                                        | 59        |
| <b>Anexo N° 07:</b> Categoría de toxicidad para la salud humana .....                                                                                           | 61        |
| <b>Anexo N° 08:</b> Categoría de toxicidad para la ecología .....                                                                                               | 64        |
| <b>Anexo N° 09:</b> Principales contaminantes y oportunidades de prevención .....                                                                               | 66        |
| <b>Anexo N° 10:</b> Estándar de calidad ambiental para aire .....                                                                                               | 73        |
| <b>Anexo N° 11:</b> Estándar de calidad ambiental para agua .....                                                                                               | 74        |
| <b>Anexo N° 12:</b> Valor anual de concentración de plomo .....                                                                                                 | 75        |
| <b>Anexo N° 13:</b> Estándar nacional de calidad ambiental para ruido .....                                                                                     | 75        |
| <b>Anexo N° 14:</b> Límites máximos permisibles de radiaciones no ionizantes en telecomunicaciones .....                                                        | 76        |
| <b>Anexo N° 15:</b> Límites máximos permisibles para emisiones de la industria de harina y aceite de pescado y harina de residuos hidrobiológicos .....         | 77        |
| <b>Anexo N° 16:</b> Límites máximos permisibles para efluentes de la industria de harina y aceite de pescado .....                                              | 78        |
| <b>Anexo N° 17:</b> Límites máximos permisibles para efluentes de la industria del cemento, cerveza, papel y curtiembre .....                                   | 79        |
| <b>Anexo N° 18:</b> Límites máximos permisibles para suelos y sedimentos contaminados .....                                                                     | 82        |
| <b>Anexo N° 19:</b> Límites máximos permisibles para efluentes de líquidos para las actividades del subsector hidrocarburos .....                               | 83        |
| <b>Anexo N° 20:</b> Niveles máximos permisibles para efluentes líquidos minero metalúrgicos .....                                                               | 84        |
| <b>Anexo N° 21:</b> Niveles de alerta para contaminantes del aire .....                                                                                         | 85        |
| <b>Anexo N° 22:</b> Niveles máximos permisible de elementos y compuestos presentes en emisiones gaseosas provenientes de las unidades minero-metalúrgicas ..... | 87        |
| <b>Anexo N° 23:</b> Lista de verificación para opciones de prevención de la contaminación .....                                                                 | 89        |
| <b>Anexo N° 24:</b> Instructivo para la recopilación de información para la evaluación de riesgos ambientales .....                                             | 92        |
| <b>Anexo N° 25:</b> Instructivo estudio preliminar y estudio al detalle: identificación, análisis, evaluación y caracterización de riesgos ambientales .....    | 95        |
| <b>Anexo N° 26:</b> Formato para el informe de evaluación de riesgos ambientales .....                                                                          | 96        |
| <b>Anexo N° 27:</b> Formulario medidas de prevención de la contaminación .....                                                                                  | 97        |
| <b>Anexo N° 28:</b> Aplicación práctica sobre metodología de evaluación del riesgo ambiental .....                                                              | 99        |

## PRESENTACION

La presente guía, es una herramienta de apoyo para la Gestión Ambiental, que se pone a disposición de las autoridades de los gobiernos regionales, para que los profesionales a cargo de las **Gerencias de Recursos Naturales y Medio Ambiente o sus similares**, puedan desarrollar evaluaciones ambientales, con la finalidad de determinar los niveles de riesgos en un área geográfica, basados en indicadores y criterios de evaluación.

La Guía, permite tener un marco conceptual de la terminología nacional e internacional, con nociones básicas en temas ambientales, en la cual se establece una "EVALUACIÓN PRELIMINAR", orientada al estudio y análisis de un problema o situación emergente, seguido de la identificación de escenarios del entorno a evaluar ya sea humano, ecológico y socioeconómico, finalmente la estimación de los niveles de riesgo; orientada a la recopilación de datos de campo (resultados de monitoreos ambientales, balance de masa y energía, grado de vulnerabilidad de poblaciones a eventos antrópicos o naturales, etc.), para estudiar, analizar, comparar y enmarcarlos con los rangos o parámetros establecidos por la normatividad nacional o internacional, los cuales conducen a la estimación del riesgo ambiental, a través de un sistema de matrices, de igual forma para los tres entornos (humano, ambiental y socioeconómico), luego el cuadro resumen en el que se identifica el nivel de riesgo (los mismos que van desde el no riesgo a alto riesgo).

La Guía será un instrumento de orientación para los especialistas o evaluadores de los Gobiernos Regionales, con apoyo de los sectores involucrados, con el único objetivo de uniformizar lineamientos y criterios para la estimación del riesgo durante una evaluación ambiental.

Hoy en día las evaluaciones de riesgo ambiental constituyen una necesidad técnica, la misma que es requerida por las autoridades nacionales, para estimar los posibles daños ambientales que pudieran generarse por diversos factores de origen antrópico y natural. La normatividad peruana esta armonizada con la legislación nacional e internacional, en la que contempla nuevos escenarios para los sectores productivos, con implicancia del uso de sustancias químicas.

## INTRODUCCIÓN

La Guía para Evaluación de Riesgos Ambientales se aplicará a áreas determinadas, afectadas o propensas a daños de origen antrópico o natural; para situaciones definidas y acorde a su naturaleza, el **Gobierno Regional a través de sus Gerencias de Recursos Naturales y Medio Ambiente o similares**, convocará a profesionales (con experiencia, especialización o estudios concluidos en Gestión Ambiental, Medio Ambiente, Recursos Naturales o similar) contando con la asesoría de las Direcciones Regionales de los sectores involucrados, de igual forma solicitará el apoyo de las instituciones y organismos científicos de ser el caso.

La presente guía está estructurada en 07 Capítulos, de tal manera que aborda lo siguiente:

### Capítulo I

Generalidades: en la que se describe sus objetivos, importancia, alcances y propósito,

### Capítulo II

Marco de Referencia: se otorga los avances en el ámbito nacional e internacional,

### Capítulo III

Fundamento Teórico Metodológico: en este capítulo se otorga la terminología propia de la evaluación de riesgos ambientales, así como el de la metodología empleada,

### Capítulo IV

Guía Matricial de Riesgos Ambientales: se expone la secuencia de la identificación, análisis, evaluación y caracterización del riesgo ambiental,

### Capítulo V

Prevención de Riesgos Ambientales: se plantea las estrategias a desarrollarse ante los riesgos ambientales de alcance regional,

### Capítulos VI y VII

Referido a la bibliografía y anexos.

## ANTECEDENTES

El Ministerio del Ambiente es la Autoridad Ambiental Nacional y ente rector del Sistema Nacional de Gestión Ambiental que genera y promueve el uso de instrumentos o medios operativos diseñados, normados y aplicados para efectivizar el cumplimiento de la Política Nacional Ambiental aprobada mediante D.S. N°012-2009-MINAM.

El Ministerio del Ambiente viene abordando la problemática ambiental nacional, a través de la elaboración y aprobación de normas y la promoción de proyectos, para mejorar la calidad ambiental del país.

Al respecto, la gestión de riesgos ambientales es una labor que comprende a diversas entidades del estado, en los tres niveles de gobierno (nacional, Regional y local), así como el sector privado, considerando que la ocurrencia de un evento peligroso puede ocasionar un daño ambiental que afecte a la comunidad en general.

En cuanto a antecedentes de **episodios ambientales** en el ámbito nacional, los más relevantes son: contaminación y muerte de niños por plaguicidas en la Comunidad de Taucamarca- Cusco, derrame de mercurio en Cajamarca, incendio forestal en Macchu Picchu-Cusco, emisiones de gases del volcán Sabancaya en Arequipa y volcán San Pedro de Ubinas en Moquegua, entre otros.

En el caso de **episodios ambientales crónicos**, se tiene la contaminación de cuencas o microcuencas por metales pesados generados por diversas actividades económicas, contaminación de ríos por tratamiento ineficiente de aguas residuales y contaminación de áreas urbanas y periurbanas por ineficiente gestión de residuos sólidos.

## I. GENERALIDADES

### 1.1. Objetivos de la guía

Dotar a los profesionales de un instrumento ambiental, de fácil comprensión y aplicación que ayude a determinar el nivel de riesgos ambientales de un área en estudio y que permita después implementar acciones sustentadas en un informe técnico.

### 1.2. Alcances y propósitos de la guía

La Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales es un instrumento que aplica toda la normatividad ambiental vigente, durante el análisis, evaluación y hasta la culminación del informe técnico de la evaluación del riesgo ambiental.

El propósito de la Guía es facilitar al profesional o evaluador de una herramienta práctica la cual incluye anexos, los mismos que contienen cuadros, listados, gráficos, ejemplos prácticos, y todo aquello que sea necesario para una eficiente y eficaz evaluación, y al término se tenga óptimos resultados, de tal manera que se recomienden estudios definitivos, y se traduzcan en oportunas y correctas decisiones.

## II. MARCO DE REFERENCIA

### 2.1. Experiencia internacional

#### EEUU:

La EPA estuvo trabajando por espacio de 10 años en un estándar denominado “Control de la exposición de la población a emisiones gaseosas de la industria de coque”, producto de esto, se publicó un primer borrador de informe de Evaluación de Riesgo Ambiental en 1979, la EPA anunció la disponibilidad de borradores de documentos de evaluación para las emisiones de los hornos de coque en 1982, posteriormente se celebraron audiencias públicas para evaluar los borradores de documentos entre 1982 y 1983, sin embargo la agencia decidió no añadir las emisiones de los hornos a la lista de contaminantes peligrosos del aire sino hasta setiembre de 1984, finalmente La EPA consideró tres opciones de reglamentación y propuso en 1987 un estándar que implicaba un costo de menos de 20 millones dólares al año.

#### MÉXICO:

Tan solo en el área metropolitana de la Ciudad de México funcionan más de mil ladrilleras, con sistemas tecnológicos obsoletos que causan serios problemas directos e indirectos a más de 20 mil personas, dichas industrias ante las denuncias se vieron obligadas a migrar hacia zonas menos pobladas.

El Artículo 170 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) indica que cuando exista un riesgo inminente de desequilibrio ambiental o casos de contaminación con repercusiones peligrosas para los ecosistemas, sus componentes, o la salud pública, la Secretaría (en este caso la de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca) podrá intervenir como medida de seguridad (en la Ley se detalla la naturaleza de estas intervenciones). Por otro lado, el 9 de enero de 1996, el Diario Oficial de la Federación publicó la Norma Oficial que establece el método normalizado para la evaluación de riesgos a la salud como consecuencia de agentes ambientales (NOM- 048-SSA1-1993). Como se indica en la introducción, dicha norma es producto de la necesidad de contar con un instrumento útil que permita a la autoridad sanitaria valorar el grado de riesgo de una población determinada. Es decir, la LGEEPA permite intervenir si existe un riesgo en salud pública y, por otro lado la NOM-048 de la SSA indica cómo debe determinarse un riesgo en salud. Se concluye, entonces, que nuestra legislación cuenta ya con los puntos suficientes para permitir una mayor trascendencia de la SSA en materia de residuos peligrosos.

#### CHILE:

Chile durante estas últimas dos décadas ha trabajado incansablemente en el resurgimiento de su economía, situación alcanzada, sin embargo, paralelamente a ello, la CONAMA ente rector de los aspectos ambientales, también ha realizado su parte, destacando diversas acciones ambientales, una de estas, es el desarrollo de una Metodología de Implementación de un Catastro Priorizado de Sitios Contaminados con COPs y su correspondiente análisis de la legislación vigente sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes. La CONAMA a través del Proyecto GEF-UNEP desde el 2004, ha desarrollado el Plan Nacional de Implementación para la Gestion de Contaminantes Orgánicos Persistentes en Chile 2006-2010, además tiene a cargo la agenda sobre los diversos agentes químicos, físicos y biológicos, a fin de evitar episodios críticos.

## **COLOMBIA:**

El Instituto de Estudios Ambientales (IDEA) de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, formuló recientemente un Sistema de Indicadores de Riesgo y Gestión del Riesgo para las Américas, con el apoyo del BID, con el fin de iniciar un monitoreo de la gestión del riesgo en la región. Este sistema incluyó entre sus indicadores el Índice de Gestión del Riesgo (IGR), mediante el cual se hizo una primera “medición” del desempeño y la efectividad de la gestión del riesgo.

### **2.2. Avances en el ámbito nacional**

El Ministerio de la Producción ha elaborado la Guía de Prevención de la Contaminación para la Industria Manufacturera, en la que se incorpora el principio de prevención en la gestión ambiental, la cual promueve prácticas ambientales como la reducción o eliminación de elementos o sustancias contaminantes en la fuente generadora y la implementación de cambios en los procesos de producción, operación, uso de energía y de materias primas en general, este instrumento fue aprobado por Resolución Ministerial N° 198-2006-PRODUCE.

El año 2001, el aquel entonces Ministerio de Industria, Turismo, Integración y Negociaciones Comerciales Internacionales - MITINCI, en su condición de autoridad competente encargado de la implementación de los instrumentos de gestión ambiental para el sector, propuso el estudio, evaluación, ejecución y aprobación de la Guía de Matriz de Riesgo Ambiental con Resolución Ministerial N° 133-2001-ITINCI-DM.

En el ámbito nacional se ha tomado acciones sobre la eliminación gradual de las existencias de Bifenilos Policlorados (PCB), a fin de contribuir a la disminución de la contaminación por PCB y proteger la salud y el ambiente, mediante la puesta en marcha del Plan Nacional de Implementación del Convenio de Estocolmo y Contaminantes Orgánicos Persistentes (PNI-COP Perú), el cual viene siendo abordado por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) del Ministerio de Salud por el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) del Ministerio de Agricultura, y el Ministerio del Ambiente; el Gobierno del Perú firmó dicho Convenio el 23 de mayo del 2001, y cuya ratificación fue el 10 de agosto del 2005, entrando oficialmente en vigor el 13 de diciembre del 2005.

Para afianzar sus acciones se ha desarrollado el Segundo Taller Nacional y Primer Taller Internacional de “Planes de Acción en el Marco del Plan Nacional de Implementación (PNI) del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (septiembre del 2006) y las reuniones del SNC - PCBs (septiembre y octubre de 2006). Perú terminó su PNI en 2007 y dentro de este se identificó la necesidad del desarrollo de un Registro de Emisiones y transferencia de Contaminantes (RETC) como sistema de vigilancia e información para Materiales y Sustancias Peligrosas, contando con el apoyo de ONUDI para la implementación del mismo el año 2009.

### III. FUNDAMENTO TEÓRICO - METODOLÓGICO

#### 3.1. DESCRIPCIÓN DEL MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL

##### 3.1.1. Riesgo ambiental

Se define como la probabilidad de ocurrencia que un peligro afecte directa o indirectamente al ambiente y a su biodiversidad, en un lugar y tiempo determinado, el cual puede ser de origen natural o antropogénico.

##### 3.3.2. Escenario de exposición

Es el área física que comprende el área geográfica en riesgo.

##### 3.3.3. Ruta de exposición

Es la trayectoria que sigue un contaminante desde la fuente de emisión hasta el cuerpo receptor identificado como potencialmente expuesto.

##### 3.3.4. Estimación de la exposición

Es el estudio de la ruta de exposición, tiene por objeto llegar a determinar la cantidad de sustancia tóxica está en contacto con un organismo durante el período de exposición.

##### 3.3.5. Amenaza potencial

Proceso mediante el cual se determina un peligro o amenaza que comprometa la calidad del agua, aire o suelo el cual pone en riesgo a la salud del ser humano y a la biodiversidad como consecuencia de la exposición a fuentes contaminantes del ambiente en un lugar y tiempo determinado como consecuencia de actividades de origen natural o antropogénico.

##### 3.3.6. Evaluación del riesgo ambiental

Es el proceso mediante el cual se determina si existe una amenaza potencial que comprometa la calidad del agua, aire o suelo, poniendo en peligro la salud del ser humano como consecuencia de la exposición a todos los productos tóxicos presentes en un sitio, incluyendo aquellos compuestos tóxicos presentes que son producto de actividades industriales ajenas al sitio o cualquier otra fuente de contaminación, y define un rango o magnitud para el riesgo.

#### 3.2. CONSIDERACIONES PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES

##### 3.2.1. Gerencia de Recursos Naturales y de Medio Ambiente

La responsabilidad ambiental conlleva a la necesidad de que las **Gerencia de Recursos Naturales y de Medio Ambiente** conozcan los riesgos ambientales asociados a las diferentes actividades que desarrollan dentro del ámbito de su región y que deben cumplir con todos los instrumentos de Gestión Ambiental aprobados y autorizados por los sectores competentes y la normatividad vigente, con el objeto de aplicar correctamente medidas preventivas y de minimización de los riesgos. Este proceso de identificación, evaluación y tratamiento de los riesgos, se lleva a cabo mediante programas de Gerencia de los Riesgos Ambientales.

##### 3.2.1.1. Fases del proceso de la evaluación de riesgos ambientales

Actualmente existen diversas metodologías para la Evaluación de los Riesgos Ambientales. Cada metodología va a requerir, para su aplicación, personal calificado en esta materia, así como un conocimiento avanzado del ámbito o espacio productivo.

### 3.2.1.2. Criterios para la evaluación de riesgos ambientales

El desarrollo de esta fase permite conocer los riesgos más relevantes (riesgos significativos), posteriormente el diseño y priorización de las estrategias de prevención y minimizaciones adecuadas, facilitando la elección de las posibles alternativas de actuación y la toma final de decisiones.

El objetivo es definir un marco de responsabilidad con la finalidad de garantizar la prevención y reparación de los daños ambientales, que puedan producir efectos adversos significativos en: especies y hábitats protegidos, estado de las aguas y suelo.

El proceso de evaluación consta de las siguientes etapas principales que se destacan, según lo mostrado en el **Gráfico N° 01**.



En la primera fase del estudio es preciso definir la composición, experiencia y conocimiento de los miembros del equipo de trabajo, de tal forma que se garantice una adecuada evaluación de riesgos ambientales.

### 3.2.2. Identificación de peligros ambientales

Es la preparación del material que será necesario durante el proceso de identificación de peligros, definición de objetivos y alcances del trabajo. Para la identificación de peligros que puedan generar riesgos, es posible utilizar herramientas de apoyo que faciliten esta tarea. En la selección de los métodos de identificación más apropiados, se deben tener en cuenta las características del ámbito (superficie, tipo de fuentes contaminantes, sustancias y agentes manejadas, cantidades almacenadas, vulnerabilidad del entorno, etc.), así como verificar el cumplimiento de los instrumentos de gestión autorizados y aprobados por el sector competente.

A continuación se explicará cada una de ellas:

#### 3.2.2.1. Determinación de Escenarios

Esto se realizará mediante un Registro de Actividades en la zona, el levantamiento de información de las actividades que se desarrollan en la zona, identificando los instrumentos de gestión ambiental (Diagnóstico ambiental, Plan Regional de Gestión Ambiental y Plan Regional de Acción Ambiental, entre otros) que se aplican en el ámbito regional. El Diagnóstico ambiental constituye una herramienta clave para identificar peligros en la Región.

El objetivo de esta fase de la metodología es recopilar información suficiente para determinar los elementos que pueden constituir un peligro ambiental y definir los escenarios. En el **Gráfico N° 2**, se refiere a los aspectos que deben tomarse en cuenta para el levantamiento de información durante la inspección visual.

GRAFICO N° 02

#### CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA LA RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN 3



### 3.2.2.2. Lista de Verificación de Cumplimiento

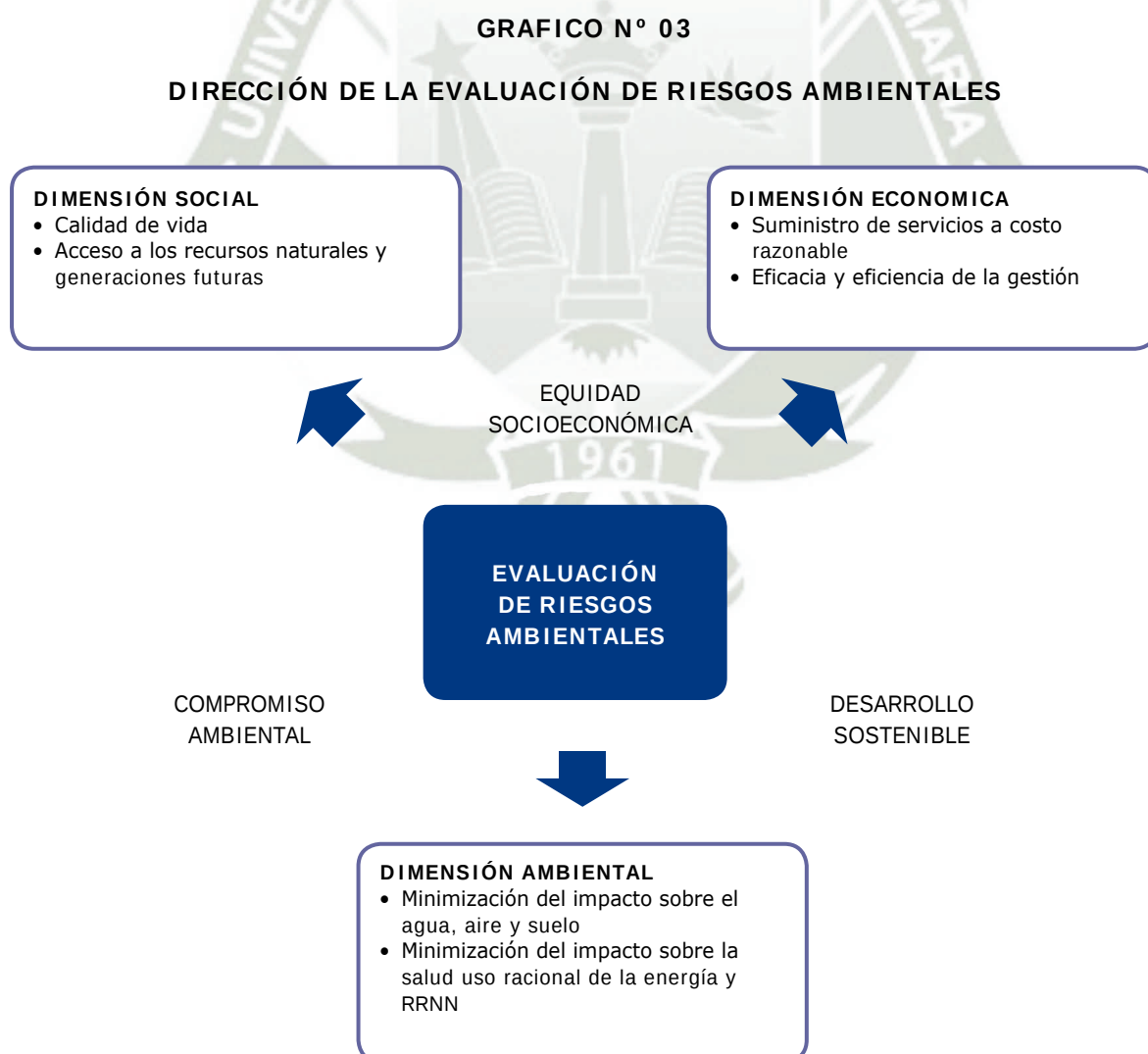
Es un listado de preguntas, que permite la verificación del cumplimiento respecto a un reglamento o un procedimiento determinado. Los incumplimientos detectados identifican peligros para el ambiente.

La identificación de riesgos ambientales se inicia con el conocimiento a detalle de los peligros que pueden ser fuente de riesgo dentro del ámbito local y regional. El objetivo final es disponer de un listado completo de los peligros ambientales, que servirá como base para la definición de los riesgos ambientales.

### 3.2.2.3. Análisis de Escenarios Identificación y definición de causas y peligros

Mediante un análisis de la información disponible y/o visita de campo se logra identificar y definir las causas de los probables peligros que pueden dañar los entornos naturales o ambientales, humanos y económicos, de esta manera se estructura el listado que va a permitir establecer los escenarios de la evaluación de riesgos ambientales.

Ayuda a obtener información precisa que permita, de forma sistemática y rigurosa, jerarquizar los riesgos de un ámbito o espacio de producción en base a una serie de criterios económicos, sociales y ambientales, según **Gráfico N° 03**.



Consiste en cuestionar las modificaciones que sucederían si aparecen sucesos indeseados o el incumplimiento de la implementación o desarrollo de los instrumentos de gestión ambiental, como son el caso de los pasivos ambientales de una minera, el colapso de los muros de contención de la relavera, el exceso de la capacidad del volumen, presión del relave y condiciones climáticas (zona de alta precipitación pluviométrica), finalmente se identifican los peligros que se derivan de la situación planteada. Ver **Cuadro N° 01**.

En esta etapa una buena prospección de la situación y un adecuado manejo técnico, permitirá obtener una matriz estructurada.

**CUADRO N° 01**  
**ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN PRESENTADA**

| QUE PASA SÍ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | PELIGRO IDENTIFICADO                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los pasivos ambientales de una minera permanentemente están desprotegidas.</li> <li>• Falta de implementación de plan de cierre de un pasivo ambiental.</li> <li>• Las estructuras de concreto de los muros de contención de una relavera de oro y plata colapsan.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposición de la población a contaminación crónica.</li> <li>• Contaminación de áreas adyacentes a la zona de la relavera y sistema hídrico;</li> <li>• Exposición de la población a la contaminación.</li> </ul> |

## IV. GUÍA MATRICIAL DE RIESGOS AMBIENTALES

### 4.1. Propuesta del procedimiento técnico administrativo para la Evaluación de Riesgos Ambientales

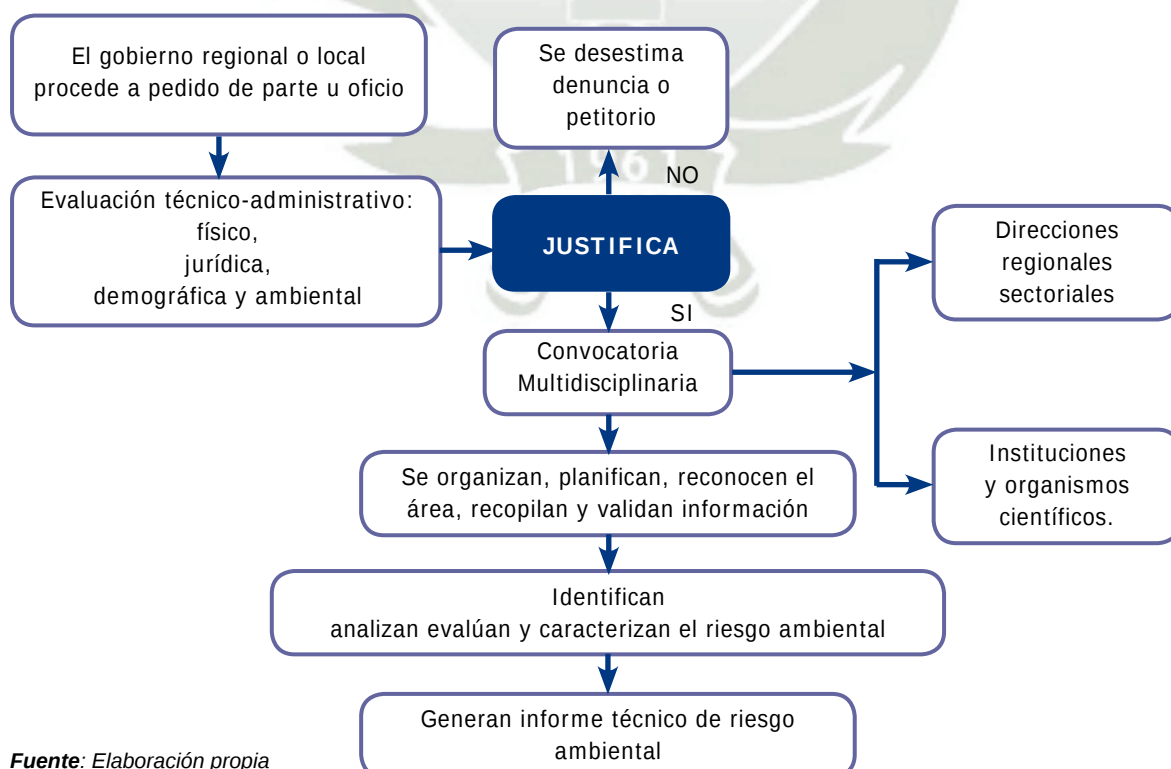
Los Gobiernos Regionales son las autoridades que pueden proceder de oficio o a solicitud de parte, la evaluación de riesgos sobre espacios físicos vulnerables a peligros de origen tecnológico (antropico) o como consecuencia de un origen natural, que puedan generar problemas ambientales; el deterioro va desde leve hasta significativo, estos alteran los ecosistemas, áreas naturales, entre otros; ante estos problemas identificados o conflictos generados, la autoridad tiene la obligación de atender estos asuntos ambientales, a través de sus Gerencias de recursos naturales y Medio Ambiente o aquella que funcionalmente opere con el tema ambiental.

El Gobierno Regional podrá solicitar la participación de las Direcciones Regionales de los sectores competentes e involucrados, con la finalidad de poder contar con el asesoramiento e información necesaria para poder realizar su evaluación, asimismo para el caso de Gobiernos Locales involucrados.

Una vez convocado los profesionales, estos se constituyen y conforman el Equipo Técnico Multidisciplinario de Evaluación de Riesgo Ambiental, recopilan y validan la información, identifican los peligros, analizan, evalúan y caracterizan el riesgo, finalmente generan el informe técnico, el mismo que es presentado a sus **Gerencias de Recursos Naturales y Medio Ambiente** del Gobierno Regional para los fines correspondientes, según **Gráfico N° 04**.

GRAFICO N° 04

#### FLUJOGRAMA DE PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO - EVALUACION DE RIESGO AMBIENTAL



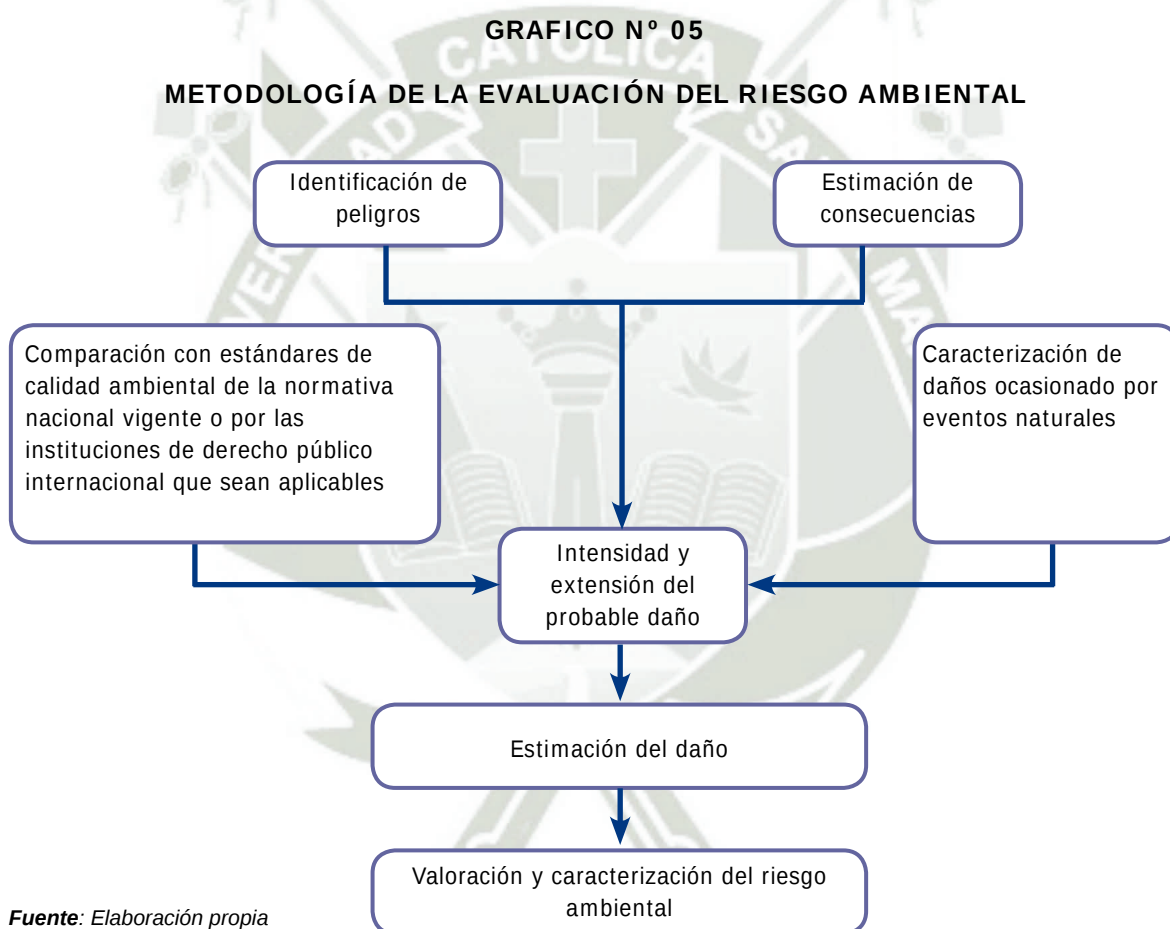
Fuente: Elaboración propia

En la primera fase del estudio es preciso definir la composición, experiencia y conocimiento de los miembros del equipo de trabajo, de tal forma que se garantice una adecuada evaluación de riesgos ambientales.

## 4.2. Metodología análisis y evaluación de riesgos ambientales

### 4.2.1. Descripción de la metodología

La guía de evaluación de riesgos ambientales propone un **modelo estandarizado** para la identificación, análisis y **evaluación** de los **riesgos ambientales** que generan las actividades productivas en un área geográfica, así como la consecuencia de los peligros naturales. Ver detalle en el **Gráfico N° 05**.



El procedimiento descrito en esta guía es de aplicación para evaluar el nivel de riesgo que pudiese generar daño al ecosistema a los aspectos sociales y económicos de la población en una zona determinada. Se puede tener en:

- Etapa de cierre de una planta industrial o minera;
- Etapa de operatividad de actividades productivas y/o constructivas;
- Etapas de funcionamiento y mantenimiento de las actividades de la organización proponente, tanto en las condiciones normales de operación, como en situaciones accidentales;
- Etapa de abandono de pasivos ambientales; entre otros.

### 4.3. Procesos del sistema matricial del riesgo ambiental

#### 4.3.1. Análisis de riesgos ambientales

Los lineamientos y criterios a definirse son prioritarios, ya que permiten establecer las bases técnicas, denotar los límites de la evaluación, determinar el tipo de información, así como otorgar con claridad que criterios y/o decisiones el evaluador debe de considerar en situaciones no contempladas, todo ello permitirá alcanzar una óptima evaluación del riesgo ambiental.

El evaluador antes de iniciar la identificación deberá recopilar toda la información de gabinete y campo que sea necesaria, con este marco se podrá discernir el problema central, posteriormente con facilidad desarrollará la identificación de las fuentes de peligro, cada peligro identificado deberá ser ingresado en el correspondiente cuadrante de la matriz, según **Cuadro N° 02 y 03**, el contenido que se consigne es únicamente para ilustrar al lector.

**CUADRO N° 02**  
**IDENTIFICACIÓN TÍPICA DE FUENTES DE PELIGRO**

| Causas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Humano                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Ecológico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Socioeconómico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Ámbito organizativo:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Errores humanos;</li> <li>Sistemas de Gestión</li> <li>Condiciones ambientales</li> <li>Esporádica capacitación del personal técnico y auxiliar de la empresa, organización o entidad gubernamental.</li> </ul> <b>Instalaciones y actividades:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Manipulación de materia prima;</li> <li>Manipulación de combustibles;</li> <li>Generación de diversos productos terminados;</li> <li>Generación de diversos productos intermedios;</li> <li>Generación de residuos sólidos;</li> <li>Generación de efluentes;</li> <li>Generación de emisiones atmosféricas;</li> <li>Operación de equipos y maquinaria pesada;</li> <li>Deficiente nivel de medidas de seguridad;</li> <li>Diversas condiciones del proceso;</li> <li>Deficiente gestión de mantenimiento;</li> <li>Elevada tasa de ruidos y vibraciones;</li> <li>Deficiente calidad de tratamiento de aguas;</li> <li>Deficiente calidad de tratamiento de emisiones atmosféricas.</li> <li>Inadecuada implementación de los planes de cierre de los pasivos mineros.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tala indiscriminada de especies forestales;</li> <li>Movimiento continuo de masas de tierra;</li> <li>Alteración del paisaje natural;</li> <li>Manejo inapropiado de los recursos hídricos;</li> <li>Uso de sustancias a base de Fluor entre otros;</li> <li>Sobreexplotación de los recursos naturales;</li> <li>Intensificación del uso de maquinaria agrícola y pesada;</li> <li>Uso excesivo de plaguicidas a base de arsénico y otros;</li> <li>Uso excesivo de sustancias contaminantes;</li> <li>Uso excesivo de detonantes en minería;</li> <li>Incremento de la tasa turística en zonas reservadas.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bajo nivel de ingresos que cubre necesidades básicas;</li> <li>Baja oferta laboral;</li> <li>Deficiente nivel organizacional;</li> <li>Baja participación de la población en trabajos comunales en post del restablecimiento turístico de la zona (pérdida de ingresos);</li> <li>Escasa área urbana para habitabilidad, tienden a expandirse en zonas de riesgo, posteriormente esto representa un alto costo para la autoridad local;</li> <li>Proceso migratorio de zonas rurales a zonas urbanas.</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Escaso conocimiento sobre la ocurrencia de desastres naturales;</li> <li>Falta de actitud frente a la ocurrencia de desastres naturales;</li> <li>Construcción de viviendas cercanas a zonas ribereñas.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Incremento de especies forestales, consecuentemente se tiene un aumento de taladores informales;</li> <li>Incremento de fauna nociva (caso de la Langosta migratoria entre el 2000 y 2002 zona norte del país).</li> <li>Incremento de precipitaciones pluviométricas.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Aprovechamiento de bancadas de arena en zonas ribereñas;</li> <li>Aprovechamiento de los recursos naturales indiscriminadamente;</li> <li>Extracción continuada de material de acarreo de zonas ribereñas.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

**Fuente:** Elaboración propia

CUADRO N° 03

DEFINICIÓN DE FUENTES DE PELIGRO

| Tipología de Peligro | Causa Físico Química |      |   |              |    |    |     |     |     |     |                     | Causa Geo Hidrometeorológica |                               |            |      |         |
|----------------------|----------------------|------|---|--------------|----|----|-----|-----|-----|-----|---------------------|------------------------------|-------------------------------|------------|------|---------|
|                      | Sustancia            | Tipo |   | Peligrosidad |    |    |     |     |     |     | Interior Tierra (1) | Superficie Tierra (2)        | Hidrológico Meteorológico (3) | Intensidad |      |         |
|                      |                      | MP   | R | Mi           | Mt | Ii | Exp | Inf | Cor | Com |                     |                              |                               |            | Otro | Volumen |
| Antrópico            |                      |      |   |              |    |    |     |     |     |     |                     |                              |                               |            |      |         |
|                      |                      |      |   |              |    |    |     |     |     |     |                     |                              |                               |            |      |         |
|                      |                      |      |   |              |    |    |     |     |     |     |                     |                              |                               |            |      |         |
|                      |                      |      |   |              |    |    |     |     |     |     |                     |                              |                               |            |      |         |
|                      |                      |      |   |              |    |    |     |     |     |     |                     |                              |                               |            |      |         |
|                      |                      |      |   |              |    |    |     |     |     |     |                     |                              |                               |            |      |         |
| Natural              |                      |      |   |              |    |    |     |     |     |     |                     |                              |                               |            |      |         |
|                      |                      |      |   |              |    |    |     |     |     |     |                     |                              |                               |            |      |         |
|                      |                      |      |   |              |    |    |     |     |     |     |                     |                              |                               |            |      |         |
|                      |                      |      |   |              |    |    |     |     |     |     |                     |                              |                               |            |      |         |
|                      |                      |      |   |              |    |    |     |     |     |     |                     |                              |                               |            |      |         |
|                      |                      |      |   |              |    |    |     |     |     |     |                     |                              |                               |            |      |         |

Fuente: Elaboración propia

**Causas Físico Química:**

(Comprende sustancias por su clasificación)

MP = Materia Prima, R = Residuo, Mi = Muy inflamable, Mt = Muy tóxico, li = Irreversible inmediato, Exp = Explosiva,

Inf = Inflamable, Cor = Corrosivo y Com = Combustible.

**Causa Geo Hidrometeorológica:**

(Comprende eventos naturales)

(1) Sismo, maremoto, actividad volcánica

(2) Deslizamiento, aluvión, derrumbe, alud, erosión

(3) Inundación, viento, lluvia, helada, sequía, granizada, nevada, friaje

#### 4.3.1.1. Definición de suceso iniciador

Los sucesos iniciadores se desarrollan para cada entorno humano, ambiental y socioeconómico, según Cuadros N° 04, 05, y 06.

CUADRO N° 04

#### ANÁLISIS DEL ENTORNO HUMANO

| Elemento de Riesgo                                                                                                                                             |                                         | Suceso Iniciador /<br>Parámetros de Evaluación                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Fuente de<br>Información                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Exposición potencial de agua a:</b><br>Contaminación superficial<br>Contaminación subterránea                                                               |                                         | Se identifica y contrasta los contaminantes emitidos. Según la información requerida (Revisar anexos N° 6, 7, 9, 11, 15, 16, 17, 19, 20 y 23)<br><br>Efluentes generados o a generarse (Proporcionado por la empresa u organización solicitante) son parametradas con los ECA y/o LMP nacionales para el establecimiento preliminar del riesgo ambiental | Consultar flujogramas de procesos - balance de Materia y Energía de la Planta Industrial o Centro Minero |
| <b>Exposición Potencial de Aire a:</b><br>▪ Contaminación por ruidos<br>▪ Contaminación por material particulado<br>▪ Contaminación por emisiones atmosféricas |                                         | Se identifica y contrasta los contaminantes emitidos<br>Según la información requerida (Revisar anexos N° 8, 9, 10, 12, 13, 14, 21, 22 y 23)<br><br>Emisiones generadas o a generarse (Proporcionado por la empresa u organización solicitante) son parametradas con los ECA y/o LMP nacionales para el establecimiento preliminar del riesgo ambiental  | Consultar flujogramas de procesos - balance de materia y energía de la planta industrial o centro minero |
| <b>Exposición potencial de suelo a:</b><br>Contaminación por Residuos<br>Contaminación por sustancias químicas                                                 |                                         | Se identifica y contrasta los contaminantes emitidos. Según la información requerida (Revisar anexo N° 18)<br><br>Deposiciones generadas o a generarse (Proporcionado por la empresa u organización solicitante) son parametradas con LMP internacionales para el establecimiento preliminar del riesgo ambiental                                        | Consultar flujogramas de procesos - balance de materia y energía de la planta industrial o centro minero |
| <b>Factores</b>                                                                                                                                                | <b>Incendio</b>                         | Se detalla según sea el caso.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Consultar fuente del generador.                                                                          |
|                                                                                                                                                                | <b>Explosión</b>                        | Se detalla según sea el caso.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Consultar fuente del generador.                                                                          |
|                                                                                                                                                                | <b>Fuga</b>                             | Se detalla según sea el caso.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Consultar fuente del generador.                                                                          |
|                                                                                                                                                                | <b>Error humano</b>                     | Se detalla según sea el caso.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Consultar fuente del generador.                                                                          |
|                                                                                                                                                                | <b>Vertimiento accidental</b>           | Se detalla según sea el caso.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Consultar fuente del generador.                                                                          |
|                                                                                                                                                                | <b>Derrame de sustancias peligrosas</b> | Se detalla según sea el caso.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Consultar fuente del generador.                                                                          |

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 05

ANÁLISIS DEL ENTORNO ECOLÓGICO O NATURAL

| Elemento de Riesgo                                                                                                                                                                               |                                                                       | Suceso Iniciador /<br>Parámetros de Evaluación                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Fuente de<br>Información                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Exposición potencial de agua a:</b><br>Contaminación superficial<br>Contaminación subterránea                                                                                                 |                                                                       | Se identifican y contrastan los contaminantes emitidos Según la información requerida (Revisar anexos N° 6, 7, 9, 11, 15, 16, 17, 19, 20 y 23)<br><br>Efluentes generados o a generarse (Proporcionado por la empresa u organización solicitante) son parametradas con los ECA y/o LMP nacionales para el establecimiento preliminar del riesgo ambiental | Consultar flujogramas de procesos - balance de materia y energía de la planta industrial o centro minero |
| <b>Exposición potencial a la atmósfera:</b><br>▪ Contaminación por ruidos<br>▪ Contaminación por material particulado<br>▪ Contaminación por emisiones atmosféricas<br>Radiaciones no ionizantes |                                                                       | Se identifica y contrasta los contaminantes emitidos Según la información requerida (Revisar anexos N° 8, 9, 10, 12, 13, 14, 21, 22 y 23)<br><br>Emisiones generados o a generarse (Proporcionado por la empresa u organización solicitante) son parametradas con los ECA y/o LMP nacionales para el establecimiento preliminar del riesgo ambiental      | Consultar flujogramas de procesos - balance de materia y energía de la planta industrial o centro minero |
| <b>Exposición potencial de suelo a:</b><br>▪ Contaminación por residuos<br>▪ Contaminación por sustancias químicas                                                                               |                                                                       | Se identifica y contrasta los contaminantes emitidos Según la información requerida (Revisar anexo N° 18)<br><br>Deposiciones generados o a generarse (Proporcionado por la empresa u organización solicitante) son parametradas con LMP internacional para el establecimiento preliminar del riesgo ambiental                                            | Consultar flujogramas de procesos - balance de materia y energía de la planta industrial o centro minero |
| <b>Exposición potencial de flora a:</b><br>Efectos directos sobre la cubierta vegetal                                                                                                            |                                                                       | Se identifican especies, posteriormente se evalúan y cuantifica.                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Consultar o levantar línea de base del ámbito en estudio                                                 |
| <b>Exposición potencial de fauna a:</b><br>Efectos directos sobre especies de la zona                                                                                                            |                                                                       | Se identifican especies, posteriormente se evalúan y cuantifica.                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Consultar o levantar línea de base del ámbito en estudio                                                 |
| <b>Factores</b>                                                                                                                                                                                  | <b>Sismo:</b><br>Exposición de sustancias peligrosas                  | Evento registrado según espacio y tiempo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Gobiernos Regionales, Locales, Defensa Civil, Sectores y entre otros.                                    |
|                                                                                                                                                                                                  | <b>Actividad volcánica:</b><br>Contaminación del aire, suelo y agua   | Evento registrado según espacio y tiempo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Gobiernos Regionales, Locales, Defensa Civil, Sectores y entre otros.                                    |
|                                                                                                                                                                                                  | <b>Deslizamiento:</b><br>Arrastre de sustancias y residuos peligrosos | Evento registrado según espacio y tiempo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Gobiernos Regionales, Locales, Defensa Civil, Sectores y entre otros.                                    |
|                                                                                                                                                                                                  | <b>Inundación:</b><br>Arrastre de sustancias y residuos peligrosos    | Evento registrado según espacio y tiempo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Gobiernos Regionales, Locales, Defensa Civil, Sectores y entre otros.                                    |

Fuente: Elaboración propia

**CUADRO N° 06**

**ANÁLISIS DEL ENTORNO SOCIOECONÓMICO**

| <b>Elemento de Riesgo</b>                                                             | <b>Suceso Iniciador /<br/>Parámetros de Evaluación</b>                                                                                   | <b>Fuente de<br/>Información</b>                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Exposición potencial del espacio físico en aire, agua y /o suelo</b>               | Cambio de uso<br>Variabilidad del medio                                                                                                  | Sector, organismos, instituciones, ONG y gobiernos regionales y gobiernos locales                               |
| <b>Exposición potencial de la infraestructura según actividad productiva</b>          | Cambios en la disponibilidad de área<br>Cambios en la accesibilidad<br>Cambios en la red de servicios<br>Cambios en el tráfico vehicular | Organismos, instituciones, ONG, gobiernos regionales y gobiernos locales                                        |
| <b>Exposición potencial de recursos humanos</b>                                       | Cambios en la seguridad<br>Cambios en el bienestar<br>Cambios en el hábitat                                                              | Entidades públicas, sector, organismos, ONG y gobiernos regionales y gobiernos locales                          |
| <b>Exposición potencial de economía y población</b>                                   | Cambio del valor del suelo<br>Variabilidad de empleo fijo<br>Variabilidad de empleo estacional<br>Variabilidad de ingresos económicos    | Entidades públicas, sector, organismos, ONG y gobiernos regionales y gobiernos locales                          |
| <b>Exposición potencial de centros antropológicos, arqueológicos e históricos</b>     | Alteración del espacio físico con valor antropológico, arqueológico e histórico.                                                         | Información del INC entidades públicas, organismos, ONG y gobiernos regionales, gobiernos locales               |
| <b>Exposición potencial de zonas reservadas y/o protegidas por el SERNANP - MINAM</b> | Alteración del espacio físico y /o la diversidad biológica con valor ambiental.                                                          | Información del INC entidades públicas, organismos, instituciones, ONG, gobiernos regionales, gobiernos locales |

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.3.1.2. Formulación de escenarios

Una vez identificados todos los peligros potenciales, se formulan una serie de escenarios de riesgo para cada uno, en los cuales se estimará la probabilidad de que se materialice y la gravedad de las consecuencias, según formatos mostrados en el **Cuadro N° 07**. Con fines didácticos se incluyen ejemplos de escenarios de riesgo en el ámbito nacional, según lo mostrado en el **Cuadro N° 08**.

CUADRO N° 07

FORMULACIÓN DE ESCENARIOS

| Tipología de peligro |         | Sustancia o evento | Escenario de riesgo                     | Causas                              | Consecuencias                                |
|----------------------|---------|--------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Ubicación de Zona    | Natural |                    |                                         |                                     |                                              |
|                      |         |                    |                                         |                                     |                                              |
| Identificar Peligros |         | Identificar        | Posible desencadenante suceso iniciador | Principales causas suceso iniciador | Consecuencias asociadas en primera instancia |

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 08

CASUÍSTICAS - ESCENARIOS A NIVEL NACIONAL

| Tipología de peligro |                              |           | Sustancia o evento | Escenario de riesgo                                                                                                                                                    | Causas                                                                          | Consecuencias                                                                                                          |
|----------------------|------------------------------|-----------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ubicación de Zona    | Natural                      | Antrópico |                    |                                                                                                                                                                        |                                                                                 |                                                                                                                        |
|                      | Peligros de origen antrópico |           |                    |                                                                                                                                                                        |                                                                                 |                                                                                                                        |
| Ancash               |                              | ×         |                    | Emisión de contaminantes a la atmósfera de las Plantas harineras en Chimbote                                                                                           | Actividad productiva de la industria harinera SIDERPERU                         | Afectación a la calidad de aire de Chimbote; Incremento de enfermedades respiratorias                                  |
| Arequipa             |                              | ×         |                    | Vertimiento de contaminantes al río Chili de actividad Industrial                                                                                                      | Actividad productiva del sector curtiembre y diversas industrias                | Afectación a la producción agrícola (mercado de exportación y nacional); Incremento de enfermedades gastrointestinales |
| Cajamarca            |                              | ×         |                    | Emisiones gaseosas y efluentes de contaminantes de la minera actividad                                                                                                 | Actividad productiva de la minería                                              | Afectación calidad de aire de Cajamarca; Incremento de enfermedades gastrointestinales y respiratorias                 |
| Lima                 |                              | ×         |                    | Emisión de contaminantes en Lima Metropolitana del Parque automotor                                                                                                    | Actividad del parque automotor (Vehículos obsoletos)                            | Afectación a la calidad de aire de Lima; Incremento de enfermedades respiratorias                                      |
| Tumbes               |                              | ×         |                    | Emisión de efluentes aguas servidas al río Tumbes de la Población establecida cerca a las riberas del río Tumbes y de la pequeña minería en la parte alta del a cuenca | Modo de vida de la población rural y actividad productiva de la pequeña minería | Afectación a la calidad de vida de la población de Tumbes                                                              |

Continúa...

### CASUISTICAS ESCENARIOS A NIVEL NACIONAL

| Tipología de peligro |                              |           | Sustancia o evento | Escenario de riesgo                                                           | Causas                                                                                      | Consecuencias                                                             |
|----------------------|------------------------------|-----------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Ubicación de Zona    | Natural                      | Antrópico |                    |                                                                               |                                                                                             |                                                                           |
|                      | Peligros de origen antrópico |           |                    |                                                                               |                                                                                             |                                                                           |
| Ancash               | ×                            |           | Deslizamiento      | Deslizamiento de área agrícola colindante a relavera (Minería informal)       | Altas precipitaciones entre noviembre y abril y riegos continuos en la zona                 | Contaminación de áreas colindantes, quebrada y río Santa                  |
| Cajamarca            | ×                            |           | Deslizamiento      | Deslizamiento de una porción de relave minero al río Llaucano                 | Altas precipitaciones en el mes de mayo                                                     | Contaminación de áreas agrícolas, recurso hídrico                         |
| Arequipa             | ×                            |           | Sismo              | Desborde de pozas de la planta de tratamiento de aguas residuales de Chilpina | Alta sismicidad agrieta pozas de la planta de tratamiento de aguas residuales               | Contaminación de áreas agrícolas de Chilpina, sistema hídrico de Socabaya |
| Cusco                | ×                            |           | Avalancha          | Avalancha sobre centro minero en la provincia de Espinar                      | Altas precipitaciones en la zona                                                            | Arrastre de contaminantes e ingreso de quebrada a centro poblado          |
| Moquegua             | ×                            |           | Inundación         | Inundación de pozas de planta de tratamiento de aguas residuales de Moquegua  | Desborde del río Moquegua e inundación a cuasa de planta de tratamiento de aguas residuales | Arrastre de aguas contaminadas a áreas agrícolas de la zona               |

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.1.3. Estimación de la probabilidad

Durante la evaluación se debe asignar a cada uno de los escenarios una probabilidad de ocurrencia en función a los valores de la escala, según **Cuadro N° 09**.

**CUADRO N° 09**

#### RANGOS DE ESTIMACIÓN PROBABILÍSTICA

| Valor | Probabilidad       |                                           |
|-------|--------------------|-------------------------------------------|
| 5     | Muy probable       | < una vez a la semana                     |
| 4     | Altamente probable | > una vez a la semana y < una vez al mes  |
| 3     | Probable           | > una vez al mes y < una vez al año       |
| 2     | Posible            | > una vez al año y < una vez cada 05 años |
| 1     | Poco probable      | > una vez cada 05 años                    |

Fuente: En base a Norma UNE 150008-2008 - Evaluación de riesgos ambientales.

En base a diversas fuentes de información como pueden ser los registros de las propias industrias o bien datos históricos es posible adjudicar una puntuación según la frecuencia asignada a cada uno de los escenarios según la tabla comentada anteriormente.

#### 4.3.1.4. Estimación de la gravedad de las consecuencias

La estimación de la gravedad de las consecuencias se realiza de forma diferenciada para el entorno natural, humano y socioeconómico.

Para el cálculo del valor de las consecuencias en cada uno de los entornos, ver el **Cuadro N° 10**.

**CUADRO N° 10**  
**FORMULARIO PARA LA ESTIMACIÓN DE LA GRAVEDAD DE LAS CONSECUENCIAS**

| Gravedad               | Limites del entorno                     | Vulnerabilidad                    |
|------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|
| Entorno natural        | = Cantidad + 2 peligrosidad + extensión | + Calidad del medio               |
| Entorno humano         | = Cantidad + 2 peligrosidad + extensión | + Población afectada              |
| Entorno socioeconómico | = Cantidad + 2 peligrosidad + extensión | + Patrimonio y capital productivo |

*Fuente: En base a norma UNE 150008 2008 - Evaluación de riesgos ambientales.*

- **Cantidad:**  
Es el probable volumen de sustancia emitida al entorno;
- **Peligrosidad:**  
Es la propiedad o aptitud intrínseca de la sustancia de causar daño (toxicidad, posibilidad de acumulación, bioacumulación, etc.);
- **Extensión:**  
Es el espacio de influencia del impacto en el entorno;
- **Calidad del medio:**  
Se considera el impacto y su posible reversibilidad;
- **Población afectada:**  
Número estimado de personas afectadas;
- **Patrimonio y capital productivo:**  
Se refiere a la valoración del patrimonio económico y social (patrimonio histórico, infraestructura, actividad agraria, instalaciones industriales, espacios naturales protegidos, zonas residenciales y de servicios).

La valoración conduce a establecer rangos definidos, según lo mostrado en los **Cuadros N° 11, 12A, 12B y 12C**.

**CUADRO N° 11**  
**RANGOS DE LOS LÍMITES DE LOS ENTORNOS**

| SOBRE EL ENTORNO HUMANO         |          |                |                                 |                    |
|---------------------------------|----------|----------------|---------------------------------|--------------------|
| Valor                           | Cantidad | Peligrosidad   | Extensión                       | Población afectada |
| 4                               | Muy alta | Muy peligrosa  | Muy extenso                     | Muy Alto           |
| 3                               | Alta     | Peligrosa      | Extenso                         | Alto               |
| 2                               | Poca     | Poco peligrosa | Poco extenso<br>(Emplazamiento) | Bajo               |
| 1                               | Muy poca | No peligrosa   | Puntual<br>(Área afectada)      | Muy bajo           |
| SOBRE EL ENTORNO NATURAL        |          |                |                                 |                    |
| Valor                           | Cantidad | Peligrosidad   | Extensión                       | Población afectada |
| 4                               | Muy alta | Muy peligrosa  | Muy extenso                     | Muy elevada        |
| 3                               | Alta     | Peligrosa      | Extenso                         | Elevada            |
| 2                               | Poca     | Poco peligrosa | Poco extenso<br>(Emplazamiento) | Media              |
| 1                               | Muy poca | No peligrosa   | MPuntual<br>(Área afectada)     | Baja               |
| SOBRE EL ENTORNO SOCIOECONOMICO |          |                |                                 |                    |
| Valor                           | Cantidad | Peligrosidad   | Extensión                       | Población afectada |
| 4                               | Muy alta | Muy peligrosa  | Muy extenso                     | Muy alto           |
| 3                               | Alta     | Peligrosa      | Extenso                         | Alto               |
| 2                               | Poca     | Poco peligrosa | Poco extenso<br>(Emplazamiento) | Bajo               |
| 1                               | Muy poca | No peligrosa   | MPuntual<br>(Área afectada)     | Muy bajo           |

**Fuente:** En base a norma UNE 150008 2008 - Evaluación de riesgos ambientales.

**CUADRO N° 12A**  
**VALORACIÓN DE CONSECUENCIAS**  
**(ENTORNO HUMANO)**

| Cantidad (Según ERA)(Tn) |              |                                        | Peligrosidad (Según caracterización) |                |                                                                                                                                            |
|--------------------------|--------------|----------------------------------------|--------------------------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4                        | Muy Alta     | Mayor a 500                            | 4                                    | Muy Peligrosa  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Muy inflamable</li> <li>• Muy tóxica</li> <li>• Causa efectos irreversibles inmediatos</li> </ul> |
| 3                        | Alta         | 50 - 500                               | 3                                    | Peligrosa      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explosiva</li> <li>• Inflamable</li> <li>• Corrosiva</li> </ul>                                   |
| 2                        | Muy Poca     | 5 - 49                                 | 2                                    | Poco peligrosa | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Combustible</li> </ul>                                                                            |
| 1                        | Poca         | Menor a 5                              | 1                                    | No peligrosa   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Daños leves y reversibles</li> </ul>                                                              |
| Extensión (Km)           |              |                                        | Población afectada (personas)        |                |                                                                                                                                            |
| 4                        | Muy extenso  | Radio mayor a 1 km.                    | 4                                    | Muy Alto       | Más de 100                                                                                                                                 |
| 3                        | Extenso      | Radio hasta 1 Km.                      | 3                                    | Alto           | Entre 50 y 100                                                                                                                             |
| 2                        | Poco extenso | Radio menos a 0.5 Km. (zona emplazada) | 2                                    | Bajo           | Entre 5 y 50                                                                                                                               |
| 1                        | Puntual      | Area afectada (zona delimitada)        | 1                                    | Muy bajo       | < 5 personas                                                                                                                               |

Fuente: UNE 150008 2008 – Evaluación de riesgos ambientales

**CUADRO N° 12B**  
**VALORACIÓN DE CONSECUENCIAS**  
**(ENTORNO ECOLÓGICO)**

| Cantidad (Según ERA)(Tn) |              |                                        | Peligrosidad (Según caracterización) |                |                                                                                                                                                    |
|--------------------------|--------------|----------------------------------------|--------------------------------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4                        | Muy Alta     | Mayor a 500                            | 4                                    | Muy Peligrosa  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Muy inflamable</li> <li>• Muy tóxica</li> <li>• Causa efectos irreversibles inmediatos</li> </ul>         |
| 3                        | Alta         | 50 - 500                               | 3                                    | Peligrosa      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explosiva</li> <li>• Inflamable</li> <li>• Corrosiva</li> </ul>                                           |
| 2                        | Muy Poca     | 5 - 49                                 | 2                                    | Poco peligrosa | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Combustible</li> </ul>                                                                                    |
| 1                        | Poca         | Menor a 5                              | 1                                    | No peligrosa   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Daños leves y reversibles</li> </ul>                                                                      |
| Extensión (m)            |              |                                        | Calidad del medio                    |                |                                                                                                                                                    |
| 4                        | Muy extenso  | Radio mayor a 1 km.                    | 4                                    | Muy elevada    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Daños muy altos: Explotación indiscriminada de RRNN, y existe un nivel de contaminación alto</li> </ul>   |
| 3                        | Extenso      | Radio hasta 1 Km.                      | 3                                    | Elevada        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Daños altos: Alto nivel de explotación de RRNN y existe un nivel de contaminación moderado</li> </ul>     |
| 2                        | Poco extenso | Radio menos a 0.5 Km. (zona emplazada) | 2                                    | Media          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Daños moderados: Nivel moderado de explotación de RRNN y existe un nivel de contaminación leve</li> </ul> |
| 1                        | Puntual      | Area afectada (zona delimitada)        | 1                                    | Baja           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Daños leves: conservación de los RRNN, y no existe contaminación</li> </ul>                               |

Fuente: UNE 150008 2008 – Evaluación de riesgos ambientales / Manual de Estimación del Riesgo INDECI / Ley 28804

**CUADRO N° 12C**  
**VALORACIÓN DE CONSECUENCIAS**  
**(ENTORNO SOCIOECONÓMICO)**

| Cantidad      |              |                                        | Peligrosidad                    |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------|--------------|----------------------------------------|---------------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4             | Muy Alta     | Mayor a 500                            | 4                               | Muy Peligrosa  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Muy inflamable</li> <li>• Muy tóxica</li> <li>• Causa efectos irreversibles inmediatos</li> </ul>                                                                                                                                                                                            |
| 3             | Alta         | 50 - 500                               | 3                               | Peligrosa      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explosiva</li> <li>• Inflamable</li> <li>• Corrosiva</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                              |
| 2             | Muy Poca     | 5 - 49                                 | 2                               | Poco peligrosa | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Combustible</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 1             | Poca         | Menor a 5                              | 1                               | No peligrosa   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Daños leves y reversibles</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Extensión (m) |              |                                        | Patrimonio y capital productivo |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 4             | Muy extenso  | Radio mayor a 1 km.                    | 4                               | Muy Alto       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Letal: Pérdida del 100% del cuerpo receptor. Se aplica en los casos en que se prevé la pérdida total del receptor. Sin productividad y nula distribución de recursos</li> </ul>                                                                                                              |
| 3             | Extenso      | Radio hasta 1 Km.                      | 3                               | Alto           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Agudo: Pérdida del 50% del receptor. Cuando el resultado prevé efecto agudos y en los casos de una pérdida parcial pero intensa del receptor. Escasamente productiva</li> </ul>                                                                                                              |
| 2             | Poco extenso | Radio menos a 0.5 Km. (zona emplazada) | 2                               | Bajo           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Crónico: Pérdida de entre el 10% y 20% del receptor. Los efectos a largo plazo implican pérdida de funciones que puede hacerse equivalente a ese rango de pérdida del receptor, también se aplica en los casos de escasas pérdidas directas del receptor. Medianamente productiva</li> </ul> |
| 1             | Puntual      | Area afectada (zona delimitada)        | 1                               | Muy bajo       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de entre el 1% y 2% del receptor. Esta se puede clasificar los escenarios que producen efectos pero difícilmente medido o evaluados, sobre el receptor. Alta productividad</li> </ul>                                                                                                |

Finalmente, para cada uno de los escenarios identificados, se asigna una puntuación de 1 a 5 a la gravedad de las consecuencias en cada entorno, según **Cuadro N° 13**.

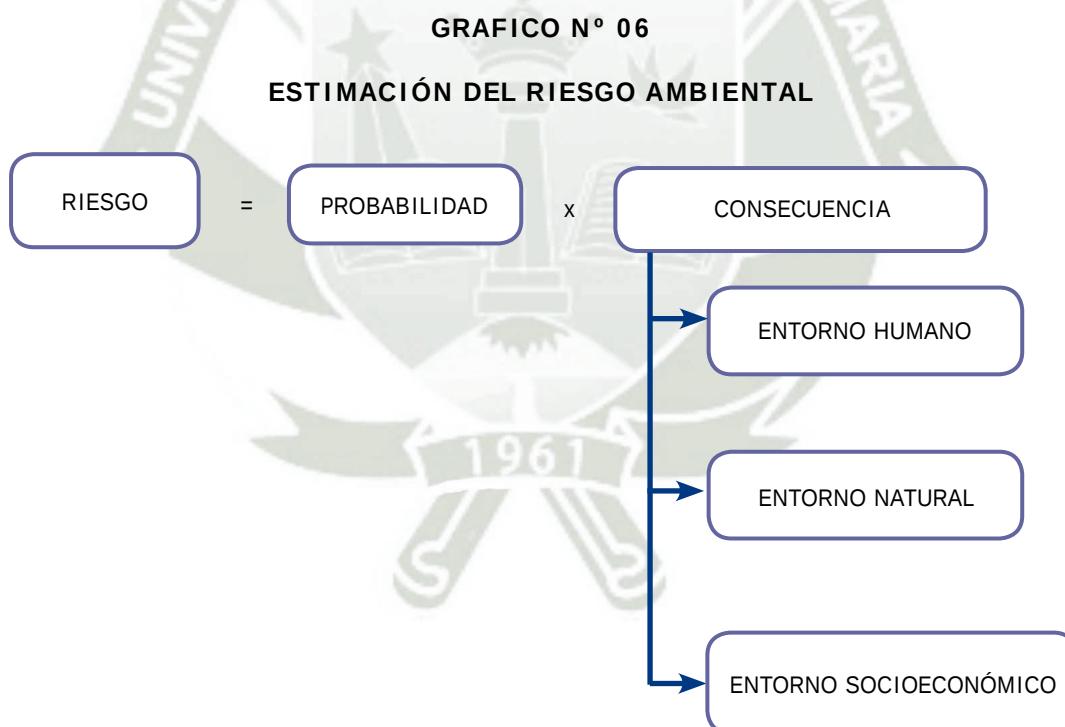
**CUADRO N° 13**  
**VALORACIÓN DE LOS ESCENARIOS IDENTIFICADOS**

| VALOR        | VALORACIÓN | VALOR ASIGNADO |
|--------------|------------|----------------|
| Crítico      | 20 – 18    | 5              |
| Grave        | 17 – 15    | 4              |
| Moderado     | 14 – 11    | 3              |
| Leve         | 10 – 8     | 2              |
| No relevante | 7 – 5      | 1              |

**Fuente:** UNE 150008 2008 Evaluación de los riesgos ambientales.

#### 4.3.1.5. Estimación del riesgo ambiental

El producto de la probabilidad y la gravedad de las consecuencias anteriormente estimadas, permite la estimación del riesgo ambiental. Éste se determina para los tres entornos considerados, natural, humano y socioeconómico según se muestra en la fórmula, del **Gráfico N° 06**.



**Fuente:** UNE 150008 – 2008, Evaluación de riesgos ambientales

Para la evaluación final del riesgo ambiental se elaboran tres tablas de doble entrada, una para cada entorno (natural, humano y socioeconómico), en las que gráficamente debe aparecer cada escenario teniendo en cuenta su probabilidad y consecuencias, resultado de la estimación del riesgo realizado, ver **Tabla N° 01**.

**TABLA N° 01**

**ESTIMADOR DEL RIESGO AMBIENTAL**

|              |   | Consecuencia |   |    |   |   |
|--------------|---|--------------|---|----|---|---|
|              |   | 1            | 2 | 3  | 4 | 5 |
| Probabilidad | 1 |              |   |    |   |   |
|              | 2 | E1           |   |    |   |   |
|              | 3 |              |   |    |   |   |
|              | 4 |              |   | E2 |   |   |
|              | 5 |              |   |    |   |   |

|  |                        |         |
|--|------------------------|---------|
|  | Riesgo Significativo : | 16 - 25 |
|  | Riesgo Moderado :      | 6 - 15  |
|  | Riesgo Leve :          | 1 - 5   |

**Fuente:** En base a la Norma UNE 150008 2008 - Evaluación de los riesgos ambientales

La ubicación de los escenarios en la tabla permitirá a cada organización, emitir un juicio sobre la evaluación del riesgo ambiental y plantear una mejora de la gestión para la reducción del riesgo.

Veamos un supuesto de cómo se colocan los escenarios en la tabla N° 02, siguiendo este ejemplo, se tiene una probabilidad de ocurrencia de “2”, y un valor para la gravedad de sus consecuencias para el entorno natural de “1”.

**TABLA N° 02**

**ESCENARIOS EN EL ESTIMADOR DEL RIESGO AMBIENTAL**

|              |    | Consecuencia |   |    |   |   |
|--------------|----|--------------|---|----|---|---|
|              |    | 1            | 2 | 3  | 4 | 5 |
| Probabilidad | G1 |              |   |    |   |   |
|              | P2 | E1           |   |    |   |   |
|              |    |              |   |    |   |   |
|              |    |              |   | E2 |   |   |
|              |    |              |   |    |   |   |

|  |                        |         |
|--|------------------------|---------|
|  | Riesgo Significativo : | 16 - 25 |
|  | Riesgo Moderado :      | 6 - 15  |
|  | Riesgo Leve :          | 1 - 5   |

**Fuente:** En base a la Norma UNE 150008 2008 Evaluación de los riesgos ambientales

#### 4.3.2. Evaluación de riesgos ambientales

El escenario E1 se colocaría en la tabla según se ve en el gráfico. Los riesgos se catalogan en función del color de la casilla en la que se ubican en la tabla N° 01 mostrada anteriormente. En este caso es un riesgo Leve.

Esta metodología permite una vez que se han ubicado los riesgos en la tabla antes mostrada y se han catalogado (ya sea como riesgos muy altos, altos, medios, moderados o bajos), identificar aquellos riesgos que deben eliminarse o en caso de que esto no sea posible reducirse. Los riesgos críticos sobre los que es necesario actuar son los riesgos considerados como altos. Ver **Cuadro N° 14**.

**CUADRO N° 14**

#### ESTABLECIMIENTO DEL RIESGO ALTO EN LA ESCALA DE EVALUACIÓN DE RIESGO AMBIENTAL

|                                                                                                                  | Valor Matricial | Equivalencia Porcentual (%) | Promedio (%) |                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <b>Riesgo Significativo :</b> | <b>16 - 25</b>  | <b>64 - 100</b>             | <b>82</b>    |  <b>RIESGO ALTO</b> |
|  Riesgo Moderado :            | 6 - 15          | 24 - 60                     | 42           |                                                                                                         |
|  Riesgo Leve :                | 1 - 5           | 1 - 20                      | 10,50        |                                                                                                         |

**Fuente:** En base a la Norma UNE 150008 2008 Evaluación de los riesgos ambientales

#### 4.3.3. Caracterización del riesgo ambiental

Esta es la última etapa de la evaluación del riesgo ambiental, y se caracteriza, porque el riesgo se efectúa en base a los tres entornos humano, natural y socioeconómico, previamente se determina el promedio de cada uno, expresado en porcentaje, finalmente la sumatoria y media de los tres entornos, el cual es el resultado final, se enmarca en uno de los tres niveles establecidos: Riesgo Significativo, Moderado o Leve.

## V. PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS AMBIENTALES

La mitigación o disminución de la contaminación en nuestro medio ya se está aplicando, para ello tenemos la Política Nacional del Ambiente y el Sistema Nacional del Gestión Ambiental el cual incluye los Planes de Gestión Ambiental Regionales y Locales, los instrumentos de gestión ambiental a nivel empresarial de la mano la normativa vigente, los que establecen parámetros que definen estándares y garantizan un avance en la calidad ambiental.

Se estima que se usan más de 100 mil sustancias en las distintas fases de la producción manufacturera industrial, por otro lado, una escasa base de datos de contaminantes.

Los actores sociales en la prevención de la contaminación necesitan identificar lo siguiente:

- a) Que sustancias en uso son peligrosas y que sustancias inocuas podrían sustituirlas;
- b) Cómo se puede evitar contaminar el ambiente;
- c) Cómo reducir el costo de evitar la contaminación ambiental, al enfocar los esfuerzos de prevención al manejo de las sustancias verdaderamente tóxicas y no gastar tiempo y recursos al tratar sustancias inocuas como si fueran tóxicos.

Para identificar y aprovechar las oportunidades de evitar la contaminación, se necesita contar con la información para predecir los riesgos y diseñar estrategias que mantengan los riesgos dentro de un nivel aceptable.

### 5.1. Estrategia de prevención

- Las empresas deben cumplir con los instrumentos y herramientas de gestión ambiental aprobados por los sectores competentes, para lo que han sido autorizados;
- La contaminación, siempre que se pueda, se debe de evitar en la fuente;
- La contaminación que no pueda evitarse en la fuente, siempre que sea posible, deberá reciclarse en una forma ambientalmente segura;
- La contaminación que no pueda ser evitada o reciclada se deberá, siempre que sea posible, someter a un tratamiento no peligroso de remediación in situ (en la planta);
- La emisión de tóxicos al ambiente, siempre se deberá tratar de evitar y cuando esto sea imposible, deberá intentarse que la emisión adquiera la forma menos agresiva posible y
- La confinación en forma toxicológicamente activa, deberá usarse como último recurso y deberá hacerse en forma tal, que se asegure que no se presentarán liberaciones posteriores que amenacen la salud de la población.
- Si no es posible lograr una planta que no produzca ningún tóxico ambiental, se tiene que diseñar una estrategia para mantener los riesgos ambientales a nivel aceptable. Lo anterior, en la práctica, implica que ningún desecho industrial que contenga sustancias tóxicas, debe alcanzar al ambiente, sin que antes haya recibido un tratamiento para reciclar o destruir el tóxico, o en última instancia para modificarlo y poder confinarlo en forma conveniente y segura.

#### 5.1.1. Evaluación de riesgos para la prevención

Como se mencionó anteriormente, para caracterizar los riesgos ambientales es necesario evaluar la exposición de la población y del ambiente y evaluar la toxicidad de las sustancias identificadas como posibles productoras de daños para la salud, que se encuentren en el escenario de exposición.

Para subsanar esta deficiencia se han desarrollado varios modelos computarizados que

estiman las variables que entran en la evaluación de riesgos. El uso de estos modelos, sólo se recomiendan cuando no se cuenta con información generada experimentalmente. Es mejor usar, cuando se tienen, los índices toxicológicos homologados y valores medidos de las propiedades fisicoquímicas de las sustancias.

#### 5.1.2. Modelos de Predicción

La Oficina de Tóxicos y Prevención de la Contaminación (OPPT) de la EPA ha desarrollado modelos para estimar propiedades fisicoquímicas que pueden ser de utilidad en la determinación de la movilidad de las sustancias en el ambiente.

La OPPT también proporciona modelos para simular exposiciones, daños ambientales y para estimar algunos tipos de toxicidades.

Los insumos requeridos por los modelos son principalmente:

- \* Estructura química de las sustancias;
- \* Coeficientes de partición agua/octano y
- \* Reglamentaciones ambientales aplicables.

Los productos de los modelos son los siguientes:

- \* Propiedades físico/químicas
- \* Punto de fusión
- \* Punto de ebullición
- \* Presión de vapor
- \* Solubilidad en agua.

## VII. ANEXOS

### ANEXO N° 01

#### GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Accidente:** Evento indeseado e inesperado que ocurre rápidamente causando daños a la propiedad, a las personas y/o al medio ambiente.

**Actividades altamente riesgosas:** Acción o serie de pasos u operaciones comerciales y/o de fabricación industrial, distribución y ventas en que se encuentran presentes una o más sustancias peligrosas, en cantidades iguales o mayores a su cantidad de reporte, que al ser liberadas a condiciones anormales de operación o externas, provocarían accidentes y posibles afectaciones al ambiente.

**Afectado:** Persona, animal, territorio o infraestructura que sufre perturbación en su ambiente por efectos de un fenómeno, puede requerir de apoyo inmediato para eliminar o reducir las causas de la perturbación para la continuación de la actividad normal.

**Agua potable:** Agua para uso y consumo humano que no contiene contaminantes objetables, ya sean químicos o agentes infecciosos y que no causa efectos nocivos para la salud.

**Aguas residuales:** Aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y, en general, de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.

**Amenaza :** Peligro Inminente.

**Análisis de consecuencias:** Método de evaluación que permite la cuantificación de la probabilidad de un accidente y el riesgo asociado al funcionamiento de una planta, se basan en la descripción gráfica de las secuencias del accidente.

**Análisis de ¿Qué pasa sí?:** Técnica de intercambio de ideas para explorar posibilidades y considerar los resultados de acontecimientos no deseados o inesperados (por ejemplo, ¿Qué pasa sí el material o concentrado de material equivocadamente se entrega? ¿Qué pasa sí el operador abre o cierra la válvula equivocada?).

**Atención de una emergencia:** Acción de asistir a las personas que se encuentran en una situación de peligro inminente o que hayan sobrevivido a los efectos devastadores de un fenómeno natural o tecnológico. Básicamente consiste en la asistencia de techo, abrigo, medicinas y alimento, así como la recuperación provisional (rehabilitación) de los servicios públicos esenciales.

**Árbol de fallas:** Metodología deductiva para la detección de riesgos, se representa por un modelo gráfico en forma de árbol invertido, que ilustra la combinación lógica de fallos parciales que conducen al fallo del sistema.

**Auditoría ambiental:** Examen de las operaciones de una empresa respecto a la contaminación y el riesgo que generan, así como el grado de cumplimiento de la normatividad ambiental, de parámetros internacionales y de buenas prácticas de operación e ingeniería aplicables.

Se utiliza para definir las medidas preventivas y correctivas necesarias para proteger el medio ambiente.

**Biota:** Conjunto de flora y fauna de una región.

**BLEVE:** Explosión de vapor de líquido en ebullición y expansión, por sus siglas en inglés.

**Botaderos a cielo abierto:** Sitios en donde son depositados los residuos sólidos municipales sin ningún control o protección al ambiente.

**Cambio Climático:** Cambio observado en el clima, a escala global, regional o subregional,