

Desafíos para la gestión sostenible de los pasivos ambientales mineros

1-4 de agosto de 2022
Lima, Perú

Enfoques para priorizar actividades de remediación

Rosa María Flores Serrano



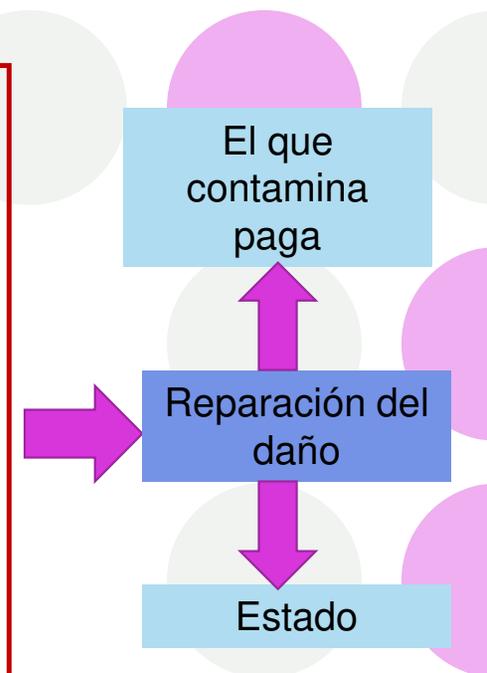
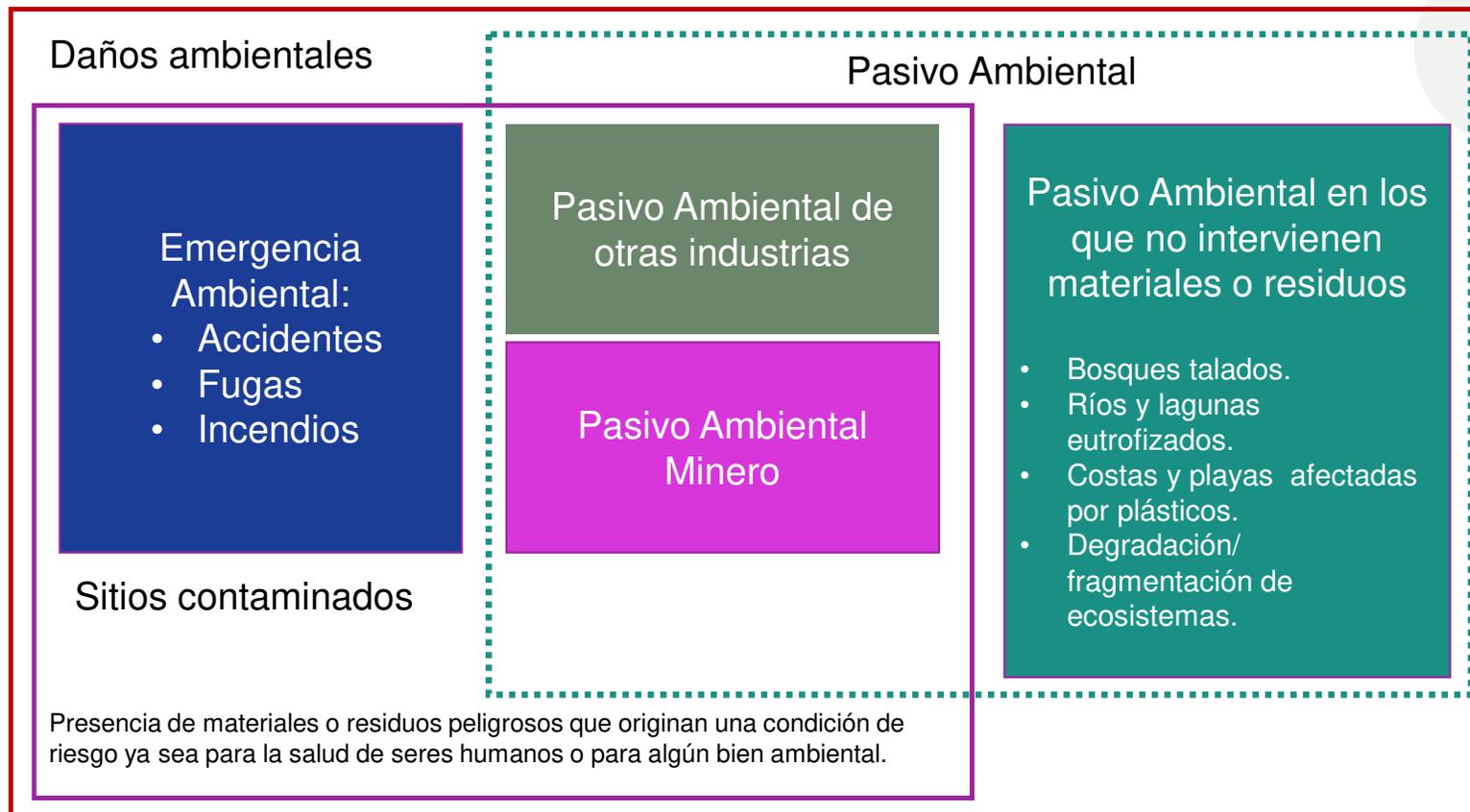
NACIONES UNIDAS



Implementado por



De PAM y otros sitios contaminados



Daño ambiental: Pérdida, cambio, deterioro, menoscabo, afectación o modificación adversos y mensurables de los hábitats, de los ecosistemas, de los elementos y recursos naturales, de sus condiciones químicas, físicas o biológicas, de las relaciones de interacción que se dan entre estos, así como de los servicios ambientales que proporcionan.

TIPO DE MINAS



A cielo abierto



Subterránea



De placer



In situ

Tipos de PAM

1. PAM de actividades mineras extractivas que incluyen o pueden incluir:
 - La mina (subterránea) o el tajo a cielo abierto.
 - Las instalaciones y lugares de trabajo, pilas de lixiviación.
 - Los depósitos de residuos masivos mineros, depósitos de relaves, de estériles, rípios de lixiviación.
 - En general, la totalidad de las labores, instalaciones y servicios de apoyo e infraestructura que existen respecto a una mina.
2. PAM de actividades minero-metalúrgicas que incluyen o pueden incluir:
 - Las plantas de fundición.
 - Los depósitos de escorias de fundición.
 - Las plantas de tratamiento, baterías, equipamiento, maestranzas, talleres, casas de fuerza, bodegas, lugares de acopios, instalaciones y servicios de apoyo e infraestructura.
3. PAM debidos a accidentes de gran alcance ocasionados por las actividades mineras extractivas que incluyen o pueden incluir:
 - Los residuos dispersados por accidentes (e.g., residuos masivos, relaves, rípios de lixiviación, soluciones ácidas utilizadas en procesos) que contienen elementos potencialmente tóxicos.
 - Las avenidas hídricas con componentes particulados o disueltos que contienen elementos potencialmente tóxicos.

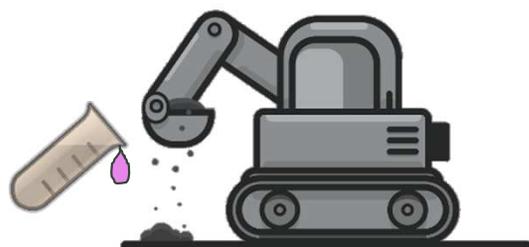
Algunas características de los PAM

- Se derivan de actividades mineras o metalúrgicas.
- Han sido ocasionado a lo largo del tiempo, en muchos casos no se conoce exactamente la fecha de su origen.
- Puede haber presencia de residuos (que contienen o no elementos potencialmente tóxicos).
- Pueden presentar elementos potencialmente tóxicos diferentes de metales pesados: hidrocarburos, metales alcalino térreos, por ejemplo.
- Causan daño a bienes de terceros o a bienes ambientales (suelo y agua superficial o subterránea), ecosistemas, fauna o flora, estos últimos tutelados por el Estado.
- Derivan en circunstancias de riesgo comprobado para la salud humana, para un bien ambiental o para la seguridad de una población.
- Incluyen riesgos físicos, químico-tecnológicos: inestabilidad de taludes, explosiones, por ejemplo.
- De dichos daños se deriva una **responsabilidad objetiva** que obliga al propietario, usuario o concesionario del sitio (el beneficiario de las actividades) donde ocurrieron los daños a la reparación de éste. Se da el caso que la persona moral que desarrolló en el pasado las actividades las haya realizado antes de la entrada en vigor de las leyes ambientales y por ello la responsabilidad podrá recaer en el Estado.



Acciones de remediación de los PAM

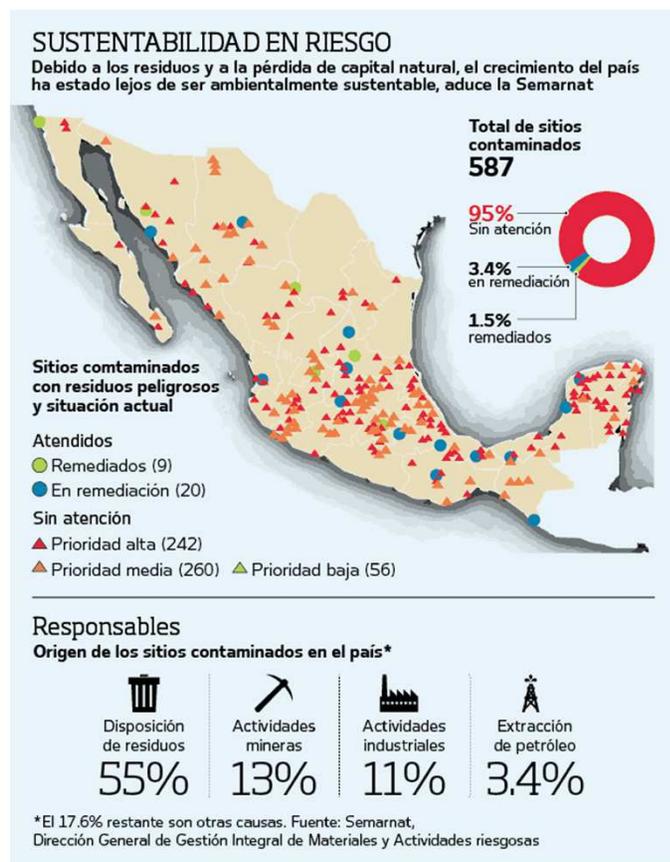
- **Acciones de descontaminación:** Técnicas de remediación que tienen por objeto eliminar o reducir los contaminantes del sitio hasta alcanzar los estándares de calidad ambiental (ECA) para suelo, los niveles de fondo o los niveles establecidos en el Estudio de Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente (ERSA).
- **Acciones de aseguramiento** (también denominadas acciones de contención): Acciones que permiten contener o interrumpir las rutas y vías de dispersión de la contaminación.
- **Acciones o controles institucionales:** Que tienen como objetivo eliminar los puntos de exposición entre la contaminación y los posibles receptores a través de disposiciones administrativas que impiden por ejemplo el acceso al sitio, restricciones en el uso del suelo o prohibiciones de actividades específicas.



LMP = 0.5 ppm ✓



Priorizar



- Priorizar la atención de varios sitios contaminados.
- Priorizar las acciones de remediación en los sitios contaminados.

Enfoques para priorizar la atención de varios PAM

Evaluación de riesgos

$$HQ = \frac{I_n}{RfD_n}$$

$$ILCR_{\text{cáncer}} = I_n * CFS$$

- HQ: Cociente de Peligro.
- I_n : Dosis del contaminante para el escenario de exposición "n" (mg/kg-día).
- RfD_n : Dosis de referencia del contaminante para el escenario de exposición "n" (mg/kg-día)
- $ILCR_{\text{cáncer}}$: Incremento de riesgo de cáncer a lo largo de la vida para una vía de exposición "n" a una de sustancia química (adimensional, representa probabilidad).
- I_n : Dosis de contaminante (sustancia tóxica) de exposición "n" (mg/kg-día).
- CSF: Factor de pendiente de cáncer (por su cancer slope factor) (mg/kg - día)⁻¹.

Análisis costo-beneficio (ACB)

Priorización en función de la rentabilidad de los diferentes proyectos de remediación que implican inversión del sector público.

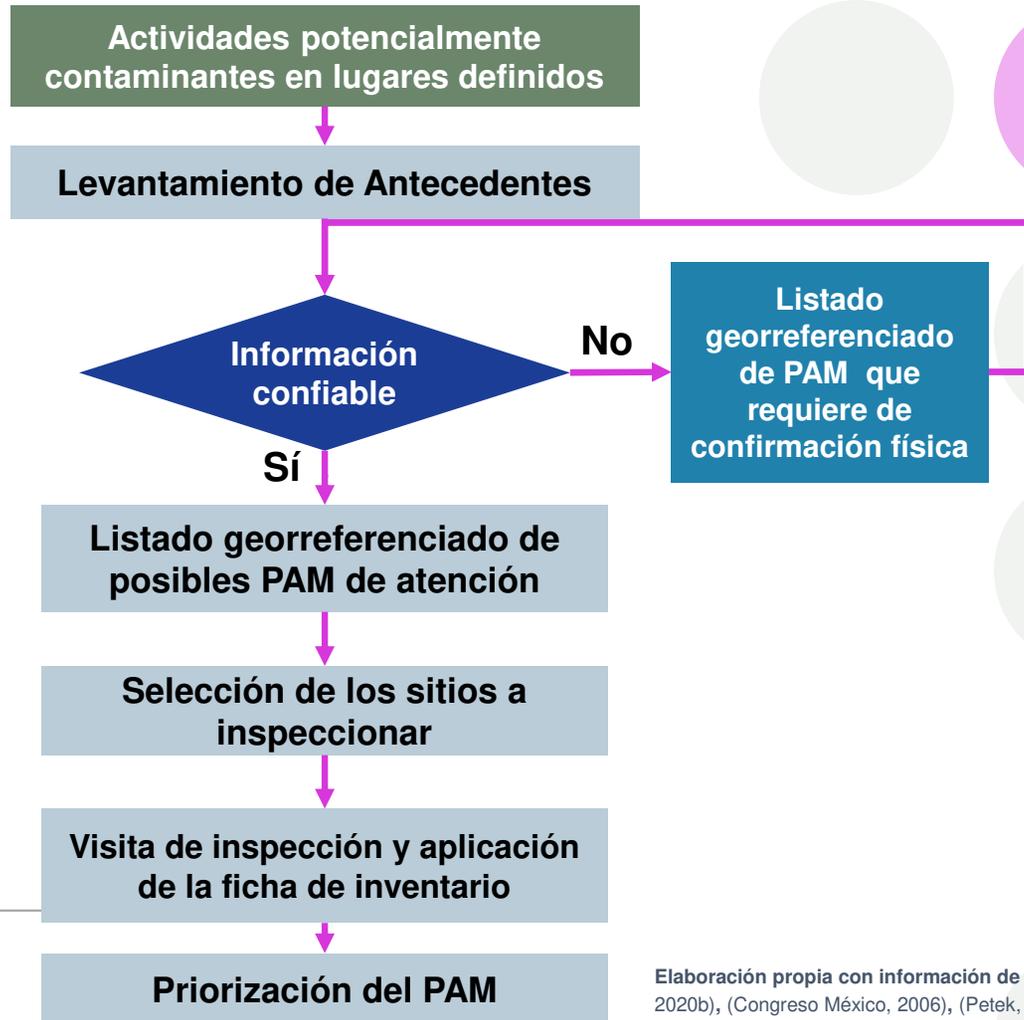


Estos enfoques han sido desarrollados de manera separada y con propósitos distintos pero en la gestión de PAM son complementarios.

Enfoques para priorizar la atención de varios PAM

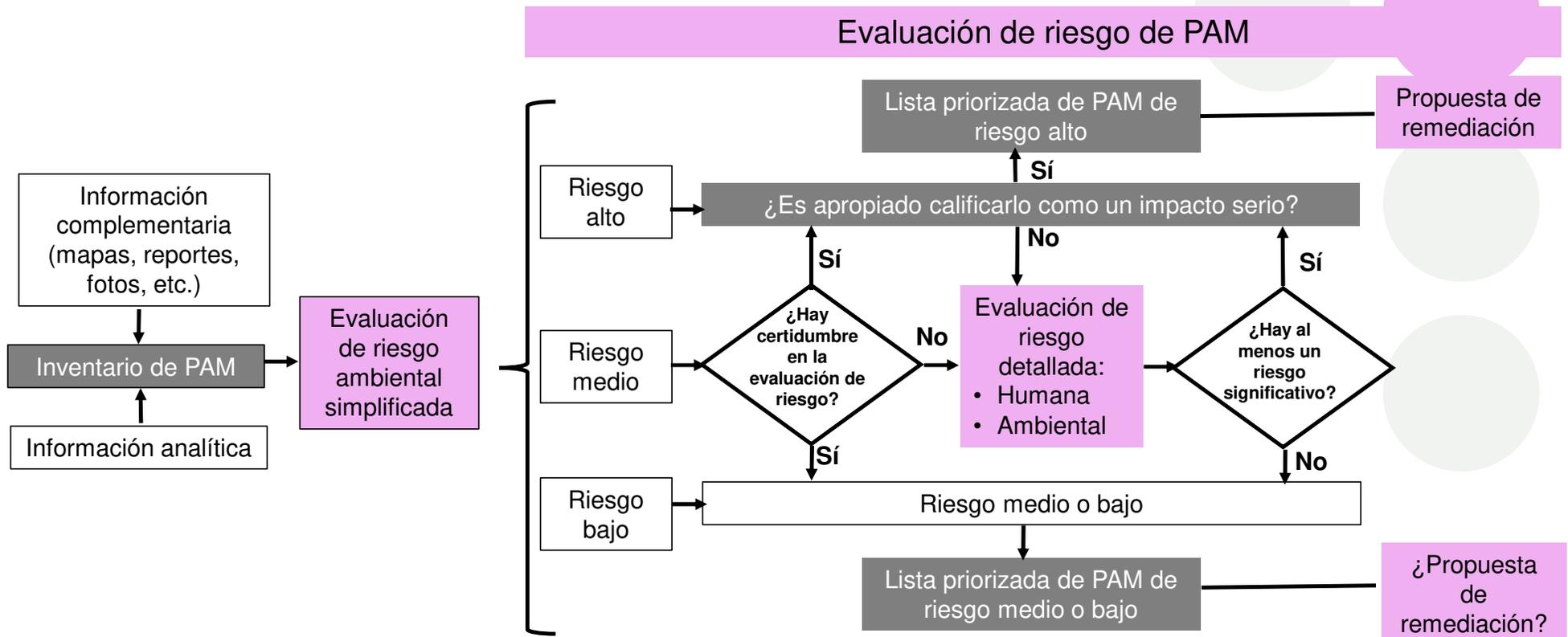
Evaluación de riesgos	Análisis costo-beneficio (ACB)
<ul style="list-style-type: none">• Se comparan los riesgos de múltiples sitios contaminados y se prioriza el orden de remediación en función de los riesgos y de las inquietudes de la parte responsable:• ◇Salud humana, ◇Riesgo ecológico, ◇Riesgo ambiental, ◇Evaluación integrada de riesgos, ◇Evaluación de riesgos acumulados, ◇Peso de la evidencia, ◇Redes bayesianas.• Pero NO provee al tomador de decisiones con información respecto a:<ul style="list-style-type: none">◇El valor económico de prevenir el deterioro de la salud de las personas.◇Los costos evitados en los servicios de salud por dejar de tratar personas enfermas debido a la contaminación.◇El valor de disminuir un riesgo de derrumbes de relaves debido a la lluvia.◇Valor de tener suelos o agua sin contaminantes.	<ul style="list-style-type: none">• Priorización en función de la rentabilidad de los diferentes proyectos de remediación que implican inversión del sector público.• ◇Factibilidad ambiental, ◇Factibilidad técnica, □Factibilidad de mercado (uso), ◇Factibilidad financiera, ◇Factibilidad legal, ◇Factibilidad institucional.• Los indicadores de rentabilidad requeridos para este análisis son el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI).

Priorización de PAM: Evaluaciones de riesgo

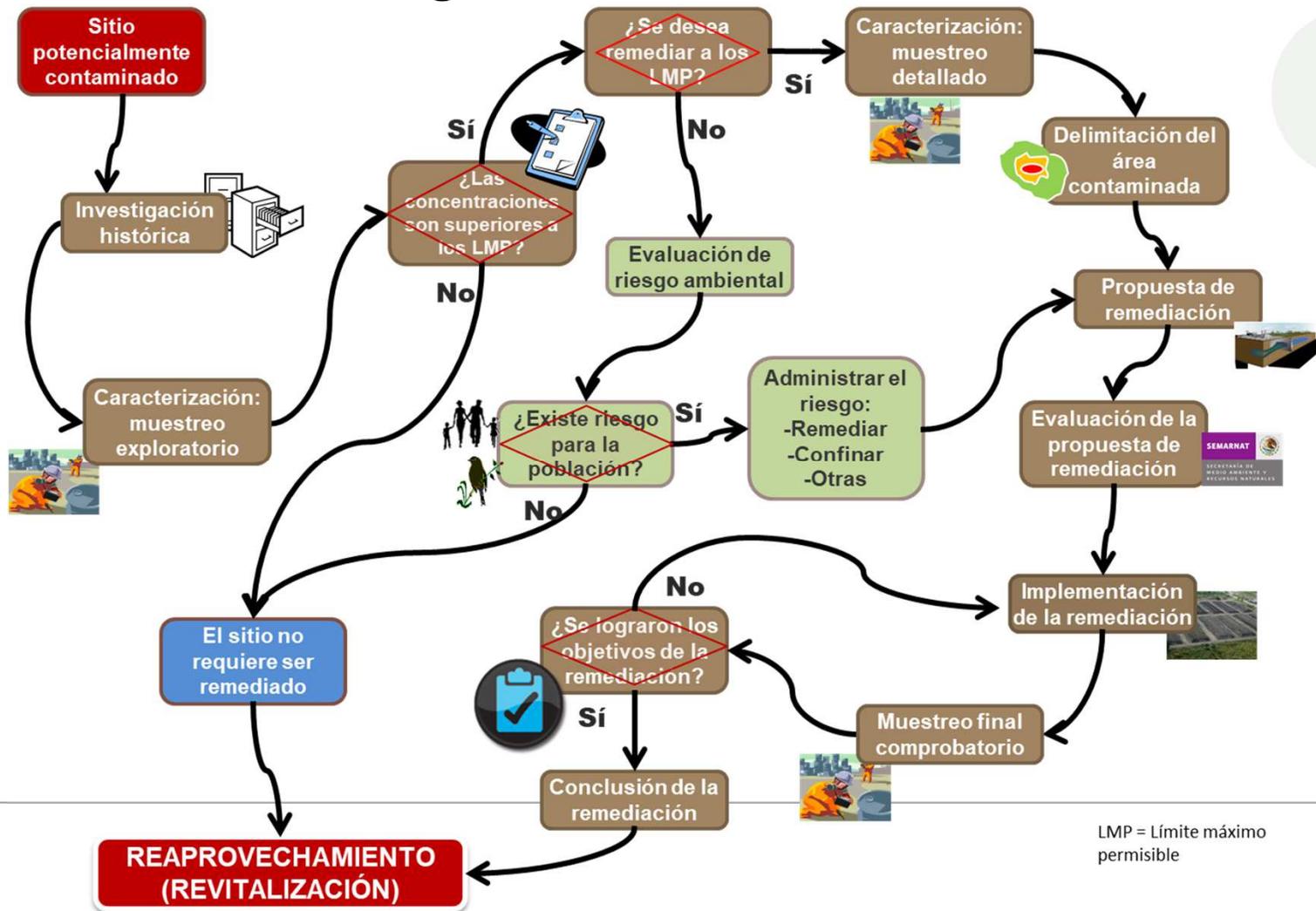


Elaboración propia con información de (MINAM Perú, 2015), (ASGMI, 2020b), (Congreso México, 2006), (Petek, 2020), (SEMARNAT, 2017).

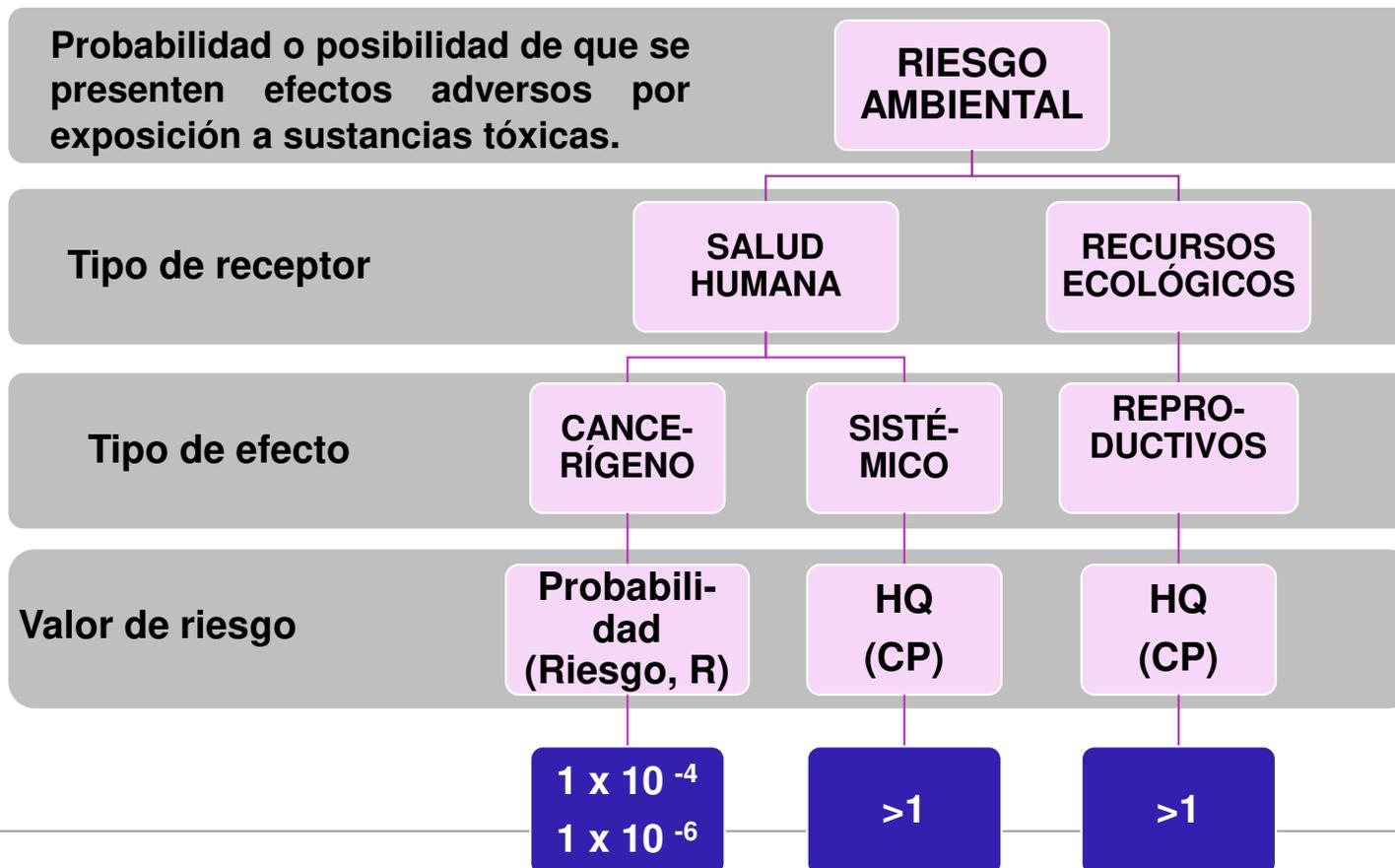
Priorización de PAM: Evaluaciones de riesgo



Evaluaciones de riesgo



Evaluaciones de riesgo



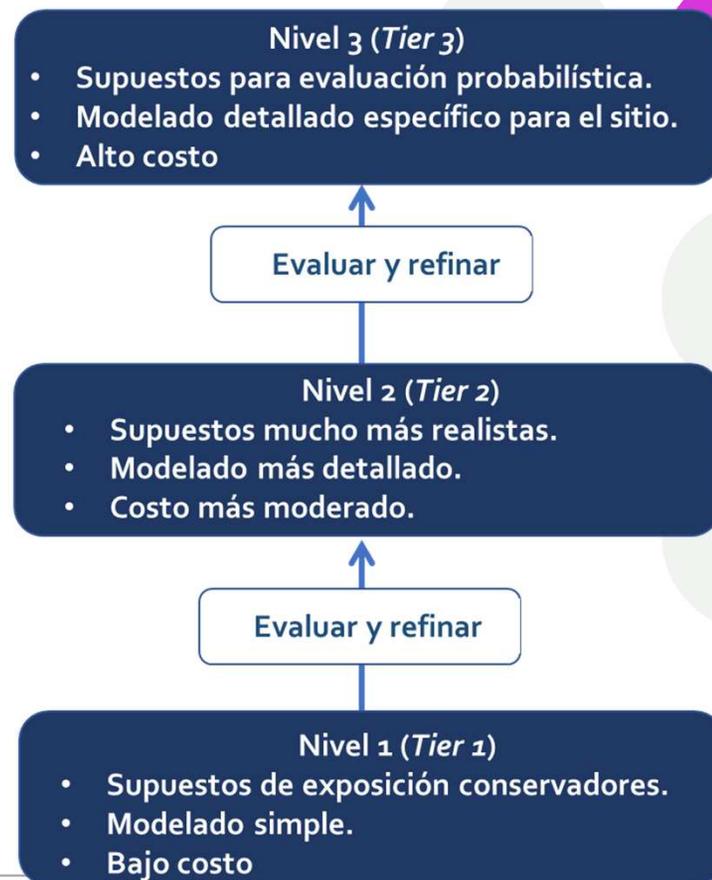
Evaluaciones de riesgo

El análisis de riesgo por etapas puede apoyar en la toma de decisiones.

Pero requiere de información detallada y en mayores cantidades conforme el nivel de evaluación aumenta.

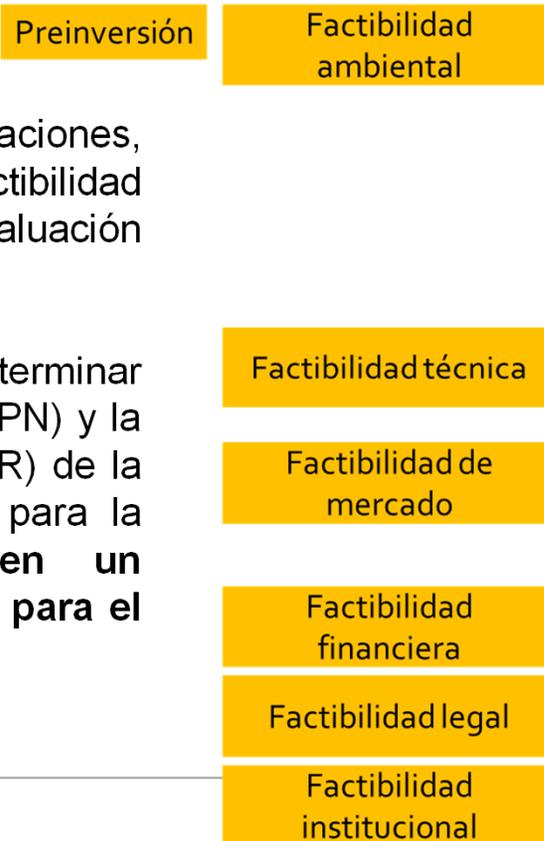
Un mayor detalle de información puede conducir finalmente a reducir los costos de la remediación y a tener una mejor idea de cómo remediar y reutilizar en el futuro el sitio del PAM.

Incremento en la complejidad, recursos, caracterización de la variabilidad y/o incertidumbre



Priorización de PAM: Análisis costo-beneficio

Análisis de Costo-Beneficio



Gestión de PAM

Estudios e investigaciones para conocer la extensión de la contaminación

Estudios de caracterización de la contaminación: muestreos, análisis – suelos, residuos, edificios y agua

Estudios de geohidrológicos

Pruebas de campo y laboratorio por ejemplo estabilidad mecánica

Estudios de Evaluación de Riesgos a la Salud Humana y al Ambiente

Diseño de la remediación (elaboración del plan de remediación)

Análisis de precios unitarios

Estudios necesarios para realizar el ACB que no están considerados en las regulaciones de la gestión de PAM, por ejemplo análisis de demanda, evaluación socioeconómica de comunidades, definición de la propiedad, consultas con pobladores, revisión de competencias institucionales

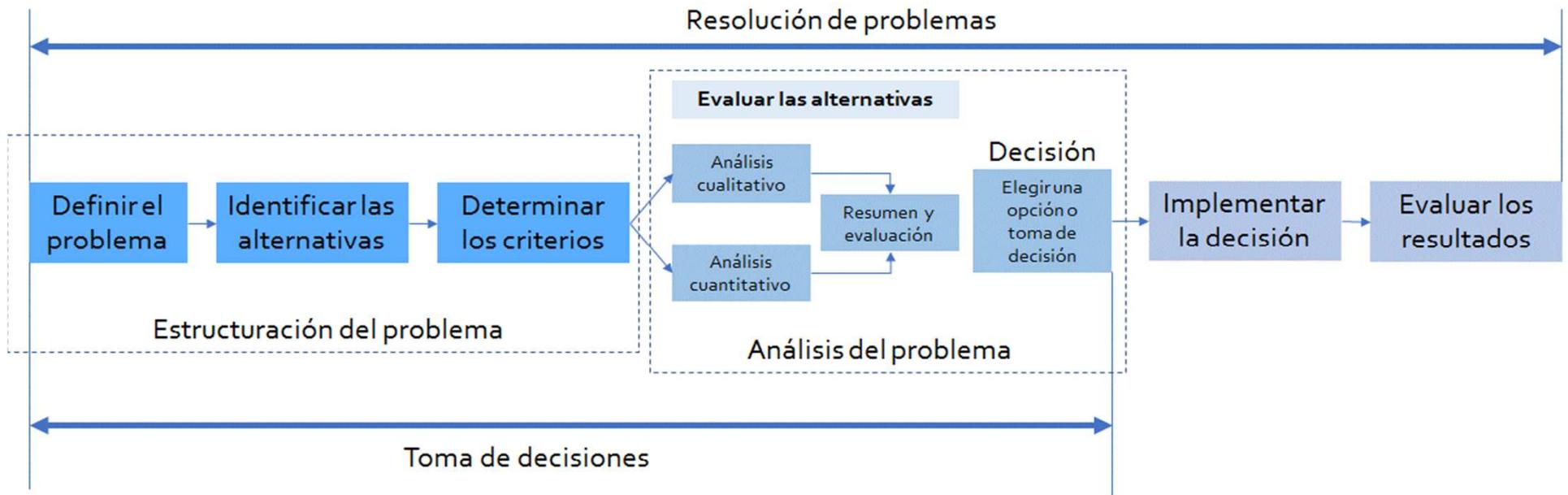
El ACB incluye varias evaluaciones, las principales son la de factibilidad financiera y la evaluación ambiental.

Su propósito principal es determinar si el Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) de la inversión que se realizará para la remediación **¿resultará en un beneficio socioeconómico para el país?**

Priorización de PAM: Análisis costo-beneficio

- Costos de actividades técnicas: costo de actividades preliminares, de estudios, de la planeación detallada de ingeniería, de las acciones de remediación y de las acciones postremediación.
 - Costos de daños o recuperación de recursos administrados por el Estado o alguna entidad pueden contabilizarse de manera indirecta, por ejemplo: Costos por eliminar la contaminación del suelo o del agua. Puede responderse de manera indirecta: ¿cuánto cuesta en el mercado suministrar a esa persona un litro de agua potable? o ¿cuánto están dispuestos a pagar las personas por ingresar a un sitio para tener una actividad recreativa en un cuerpo de agua superficial, por ejemplo para nadar? O ¿cuánto cuesta la atención de las enfermedades atribuibles al PAM?
 - Costos por la pérdida de bienes intangibles: Valores sociales, culturales, emocionales, históricos, sociales, culturales o emocionales, o la percepción de pérdida de seguridad. Estos costos usualmente solo se mencionan en el ACB pero no se cuantifican.
-

Toma de decisiones



Priorización de las acciones de remediación en los sitios contaminados

MÉTODOS CUALITATIVOS

- Lluvias de ideas
- Sinéctica
- Decisión por consenso
- Técnica Delphi
- La pecera
- Interacción didáctica
- Negociación colectiva
- Metodología ZOPP
- Espina de pescado.

MÉTODOS SEMICUANTITATIVOS

AMC Análisis Multi Criterio

- Toma de decisiones evaluando varios criterios (en conflicto).
- Participación de los distintos actores (autoridades, técnicos, beneficiarios, etc.).

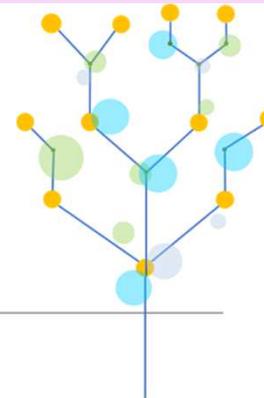
MÉTODOS CUANTITATIVOS

Matriz de decisiones

Matriz de decisiones	Estados	N ₁	N ₂	...	N _j
Estrategias	E ₁	R ₁₁	R ₁₂	...	R _{1j}
	E ₂	R ₂₁	R ₂₂	...	R _{2j}

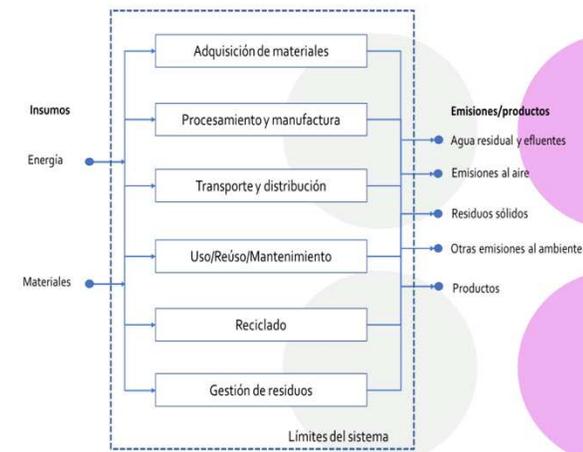
	E _i	R _{i,1}	R _{i,2}	...	R _{i,j}
	Probabilidad	P ₁	P ₂	...	P _j
	$\sum P_i = 1$				

Árbol de decisiones

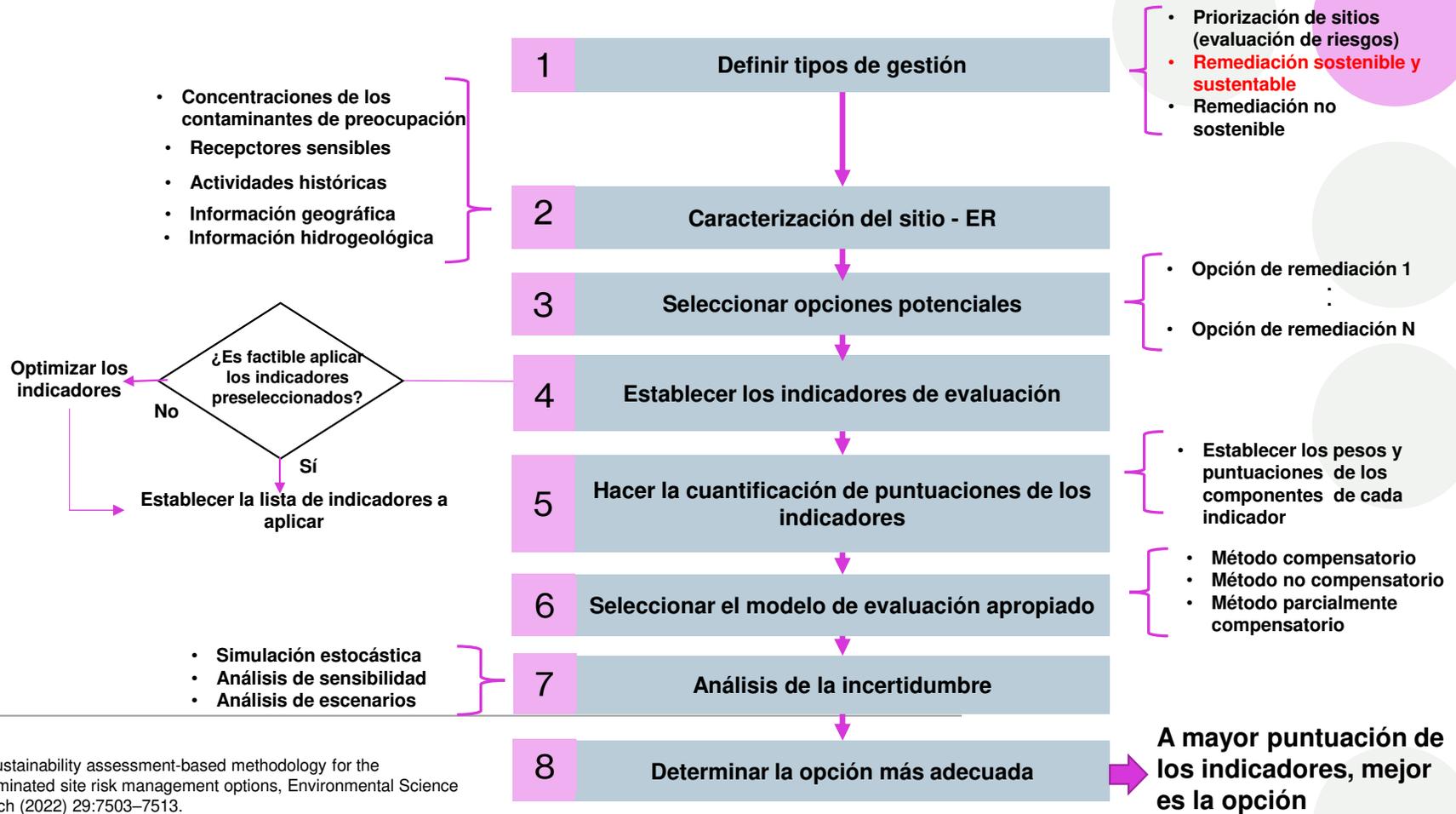


- Criterio 1, diámetro indica su peso específico
- Criterio 2, diámetro indica su peso específico
- Criterio 3, diámetro indica su peso específico

Análisis Ciclo de vida



Priorización de las acciones de remediación en los sitios contaminados: AMC



Priorización de las acciones de remediación en los sitios contaminados: ACV



Evaluación en función de los GEI a lo largo de todo el ciclo de vida.

Remediación sostenible

La remediación sostenible/sustentable alude a ejecutar una intervención que en términos globales permita a la sociedad recuperar la inversión que se realizará y se caracteriza por:

- Beneficios en los tres aspectos de la sostenibilidad: económicos, ambientales y sociales (tiene que haber un reaprovechamiento del sitio).
 - Los beneficios en la alternativa de remediación elegida son mayores que cualquier otra alternativa.
 - La solución óptima de remediación y recuperación se selecciona mediante el uso de un proceso de toma de decisiones “verde”: maximiza el beneficio ambiental neto de las acciones de limpieza y el beneficio social respetando los derechos humanos (minimiza el impacto de las acciones de remediación).
 - Cuenta con un marco jurídico robusto para permitir la evaluación del riesgo a la salud humana, y al ambiente y una toma de decisiones con los elementos técnicos y soportes suficientes: laboratorios acreditados, normas de calidad de suelos, servicios estandarizados
 - Incluye la consulta de las comunidades afectadas y el respeto de los derechos humanos.
-

Conclusiones

- La remediación sostenible requiere de la integración de marcos jurídicos y técnicos robustos y los criterios de decisión para la remediación de PAM deberán privilegiar este tipo de remediaciones.
 - Los esfuerzos para cumplir con el eje social necesitan de igual o mayor apoyo que la parte ambiental y económica: consulta pública, la participación ciudadana en el proceso de toma de decisiones, el acceso a la información y el respeto de los derechos humanos.
 - La remediación sustentable no lo sería si no considera cuales serán las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que se emitirán por la remediación, y como contribuirá el uso futuro del sitio a reducir las emisiones de GEI.
 - El ACB debe de continuar desarrollándose para adaptarse a la gestión de PAM pues es el instrumento central para que un gobierno reconozca los beneficios de la remediación y de la reutilización de los sitios donde existen los PAM.
-

Gracias por su atención!



Rosa María Flores Serrano
RFloresS@iingen.unam.mx



Instituto de Ingeniería de la
Universidad Nacional
Autónoma de México,
www.iingen.unam.mx



Sociedad de Análisis de
Riesgo Latinoamericana,
www.srala.org



Sociedad Iberoamericana
de Salud Ambiental,
www.saludambiental.org



Seminario Universitario de
Riesgos Socio Ambientales,
UNAM,
www.sursa.sdi.unam.mx