

PROGRAMA NACIONAL  
TRANSVERSAL DE  
CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
**AMBIENTAL**

2016 – 2021



Programas de Ciencia,  
Tecnología e Innovación

CONSEJO NACIONAL  
DE CIENCIA, TECNOLOGÍA  
E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA  
(CONCYTEC)

Grimaldo del Solar 346 - Miraflores  
Teléfono 399-0030  
www.CONCYTEC.gob.pe  
Todos los derechos reservados

PRESIDENTE DEL CONCYTEC  
Gisella Orjeda Fernández, Ph.D.

CONSEJO DIRECTIVO

Javier Humberto Roca Fabián  
Representante del Ministerio de  
Economía y Finanzas

Luis Exequiel Campos Baca  
Representante de los  
Institutos Públicos de Investigación

Eduardo Ballón Echegaray  
Representante de los  
Gobiernos Regionales

Silvia Yesenia Solís Iparraguirre  
Representante del INDECOPI

Antonio Ramírez-Gastón Wicht  
Representante de la  
Sociedad Nacional de Industrias

Peter Bernhard Anders Moores  
Representante de Perucámaras

Adolfo Guillermo Gálvez Villacorta  
Representante de la CONFIEP

Juan Martín Rodríguez Rodríguez  
Representante de las Universidades Públicas

Abraham Vaisberg Wollach  
Representante de las Universidades Privadas

Ronald Francisco Woodman Pollitt  
Representante de la  
Academia Nacional de Ciencias

Elka Popjordanova Profirova  
Representante de las  
Pequeñas y Medianas Empresas

---

PROGRAMA NACIONAL TRANSVERSAL  
DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AMBIENTAL  
2016 - 2021

1a edición, junio 2016  
Hecho el Depósito Legal en la  
Biblioteca Nacional del Perú  
Nº 2016-07655

COMITÉ DE FORMULACIÓN

Consejo Nacional de Ciencia,  
Tecnología e Innovación Tecnológica  
(CONCYTEC)

Ministerio de Relaciones Exteriores (RR EE)

Ministerio del Ambiente (MINAM)

Instituto Geofísico del Perú (IGP)

Instituto del Mar del Perú (IMARPE)

Instituto de Investigaciones de la Amazonía  
Peruana (IIAP)

Autoridad Nacional del Agua (ANA)

Universidad Nacional Agraria La Molina  
(UNALM)

Universidad Nacional Mayor de San Marcos  
(UNMSM)

Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP)

Compañía Minera Antamina SA

PLUSPETROL

Impresión

Servicios Gráficos JMD S.R.L.  
Av. José Gálvez 1549, Lince - Lima

Tiraje

1000 ejemplares

El presente documento fue elaborado por el CONCYTEC, con la aprobación y asesoría del Comité de Formulación del Programa Nacional Transversal de Ciencia y Tecnología Ambiental, conformado por representantes de sectores gubernamentales, universidades públicas y privadas, institutos públicos de investigación y empresas vinculadas con ciencia y tecnología ambiental.

El programa consideró comités científicos en cuatro áreas temáticas: Variabilidad Climática y Cambio Climático, Calidad Ambiental, Ecosistemas y Recursos Naturales y Gestión de Riesgos, integrados por especialistas e investigadores identificados con las áreas temáticas respectivas.

El diseño y diagramación fue realizado por Colectivo, Comunicación y Sostenibilidad S.A.C. La corrección de estilo estuvo a cargo de José Donayre Hoefken.

Queda permitida su reproducción, traducción y comunicación pública total o parcial, siempre que se cite la fuente.

## Agradecimiento

El Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica – CONCYTEC agradece a los profesionales, estudiantes, tomadores de decisión y comunidad en general de las diferentes regiones del país, por sus aportes, participación y compromiso en el proceso de formulación del Programa Nacional Transversal de Ciencia y Tecnología Ambiental – Cintya. A los miembros del Comité de Formulación, por su asidua concurrencia, aportes y aprobación consensuada y estrictamente técnica a cada paso del proceso, a los miembros de los Comités Científicos por su aporte al contenido temático y científico de este documento, a los tomadores de decisión por compartir sus necesidades para la gestión adecuada en la temática ambiental, a los estudiantes por hacernos conocer sus expectativas y a la comunidad en general por su interés y aportes; quienes garantizaron la culminación de este documento estratégico para la gestión de la ciencia y tecnología ambiental en el país.



# CONTENIDO

PRESENTACIÓN	8
01. ASPECTOS GENERALES	11
1.1. El Programa Cintya	11
1.2. Duración del Programa Cintya	12
1.3. Fundamentación	12
02. DEFINICIÓN DEL CONTENIDO GENERAL DEL PROGRAMA CINTYA	15
2.1. Diagnóstico de la situación actual	15
2.2. Definición del problema principal	21
03. VISIÓN A LARGO PLAZO	27
04. ÁREAS TEMÁTICAS DE INVESTIGACIÓN	29
4.1. Variabilidad climática y cambio climático	30
4.2. Calidad ambiental	34
4.3. Ecosistemas y recursos naturales	37
4.4. Gestión de riesgos	39
05. OBJETIVOS DEL PROGRAMA	45
06. ACTIVIDADES, METAS E INDICADORES	49
07. FINANCIAMIENTO	54
08. COMPROMISOS INSTITUCIONALES	60
REFERENCIAS	62
GLOSARIO	69
INSTITUCIONES PARTICIPANTES Y MIEMBROS DE LOS CÓMITES	70
ANEXO	72





# 01

## ASPECTOS GENERALES

---

El Programa Nacional Transversal de Ciencia y Tecnología Ambiental, durante su proceso de formulación, ha llevado en consideración la definición técnica de la ciencia ambiental, la que considera la sinergia, complementariedad y relación entre las ciencias duras, sociales y de ingeniería; por otro lado, ha llevado en consideración la normatividad existente en los diferentes sectores relacionados al tema ambiental vigente en el país, lo que resalta el aspecto científico, técnico y tecnológico para sus procesos de gestión, ejecución e implementación.

En ese sentido, considerando que CONCYTEC promueve el desarrollo de la ciencia y tecnología para la sociedad, se plantea que estas deban ser utilizadas para la atención a los desafíos ambientales, por lo que el Comité de Formulación aprobó el nombre del Programa como Cintya, Ciencia, Innovación, Tecnología y Ambiente, sustentado en ser el instrumento estratégico de gestión de CONCYTEC para promover la ciencia, la tecnología y la innovación tecnológica en materia ambiental.

### 1.1. EL PROGRAMA CINTYA

El Programa Nacional Transversal de Ciencia y Tecnología Ambiental será denominado Ciencia, Innovación, Tecnología y Ambiente (Cintya).

## 1.2. DURACIÓN DEL PROGRAMA CINTYA

El Programa Cintya se ejecutará en un horizonte de seis años, entre 2016 y 2021, alineándose de este modo con los Objetivos Nacionales del Plan Bicentenario: El Perú hacia el 2021 (CEPLAN 2011) y el Plan Nacional Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Competitividad y el Desarrollo Humano (PNCTI) 2006-2021 (CONCYTEC 2006).

## 1.3. FUNDAMENTACIÓN

El ambiente es actualmente uno de los temas centrales en el entorno de la ciencia y la política en el mundo. Cada vez se hace más evidente la relación entre el ambiente — especialmente los servicios ecosistémicos— y la calidad de vida y bienestar del ser humano (Lubchenco 1998; Dasgupta 2001; Millenium Ecosystem Assessment 2005). Lamentablemente, en muchos casos esta relación solo se nota cuando se producen modificaciones, perturbaciones o pérdida de estos ecosistemas. En este contexto, la ciencia juega un papel fundamental como generadora de conocimiento, específicamente la ciencia ambiental, que tiene por objeto estudiar las interacciones entre los componentes biológico, físico y químico del medio natural, incluso sus efectos en los organismos y el impacto humano en el ambiente (Murphy et al. 2009), teniendo además relevancia considerar las ciencias económicas y sociales.

El Perú, debido a su ubicación y geografía, como su mar territorial, posee una diversa gama de ecosistemas, alta diversidad biológica y gran riqueza de recursos naturales que proveen diversos bienes y servicios (Rodríguez y Young 2000; Josse et al. 2009). Los bienes que se obtienen son muy conocidos y diversos (madera, minerales, petróleo, gas, genes, alimento, vestido, etcétera); sin embargo, existe poco conocimiento sobre los servicios ecosistémicos (Rodríguez et al. 2006; Flores et al. 2013). Un ejemplo de bien es el matorral de tunas (*Opuntia* sp.), muy conocido por proporcionar la cochinilla, una fuente valiosa de tintes naturales, pero que brinda también servicios como la protección contra la erosión del suelo (Rodríguez et al. 2006). El desarrollo de la ciencia ambiental permitirá no solo mejorar el manejo de nuestros recursos sino también determinar los servicios que brindan los diversos ecosistemas en territorio peruano (Carpenter et al. 2009; CEPLAN 2011).

Por otro lado, las mismas características geográficas que hacen a nuestro país rico en recursos naturales, lo exponen también a una diversidad de fenómenos que permanentemente impactan a nuestra sociedad y ecosistemas. La alta sismicidad y actividad volcánica del Cinturón de Fuego del Pacífico, el Fenómeno El Niño y otros eventos climáticos extremos, así como efectos del cambio climático como la elevación del nivel del mar y el derretimiento de nuestros glaciares, exigen investigación científica que nos permita conocer y reducir

nuestra vulnerabilidad ante las amenazas de origen ambiental (CONCYTEC 2006; MINAM 2010).

Muchos países, entre ellos el Perú, desarrollan actualmente políticas para promover la investigación en el área ambiental y así abordar los desafíos relacionados en esta área (National Science Board 2000; MAVDT 2007; Poder Ejecutivo 2008; DIGESA 2011; MINAM 2011, 2016; CEPLAN 2011; Ministerio de la Producción 2014; BMBF 2015). Diversos tratados internacionales, de los cuales el Perú es parte, incitan la necesidad de tomar medidas para mitigar los diferentes impactos ambientales, fomentando también la investigación científica (Convenio sobre la Diversidad Biológica; Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono; Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático; Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo; Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación; y Convenio de Minamata sobre el Mercurio, entre otros). El Perú, por tanto, afronta el gran reto de generar no solo políticas, sino conocimiento científico que permita a los tomadores de decisiones y a la sociedad en general impulsar la reducción del impacto de nuestras actividades sobre el ambiente que nos rodea y del riesgo que los fenómenos ambientales nos originan.

El PNCTI 2006-2021 (CONCYTEC 2006), elaborado bajo el marco de la Ley n.º 28303 (Ley Marco de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica), es el documento en el que se propone el diseño e implementación de programas nacionales, regionales y especiales. Entre los programas nacionales, tenemos los sectoriales y los transversales. Estos últimos corresponden a las áreas de especialización científica y tecnológica útiles en los campos de intervención de los diferentes sectores, es decir, las áreas prioritarias productivas, sociales y ambientales.

Los [programas nacionales transversales](#) son instrumentos estratégicos que permitirán al CONCYTEC implementar acciones necesarias con el objetivo de satisfacer una demanda de ciencia, tecnología e innovación tecnológica (CTI) en el país. Esta demanda necesita ser organizada y sistematizada debido a su gran ámbito y complejidad, para que se logre un desarrollo sostenible y el bienestar del país, respondiendo a grandes desafíos nacionales, como [ambiente sostenible](#) y [salud y bienestar social](#), enmarcado en el Programa Nacional Transversal de Ciencia y Tecnología Ambiental.

[Ambiente sostenible](#) está relacionado con el aprovechamiento de los recursos naturales para el beneficio de la sociedad. Esto asegura la sostenibilidad y respeto al entorno, junto con la preparación para enfrentar los cambios del clima y los desastres naturales, procurando un hábitat seguro y con recursos disponibles. [Salud y bienestar social](#) implica la generación de sistemas de salud modernos y accesibles que aseguren una población sana, lo cual lleva a una calidad de vida plena y digna en un país con índices de desarrollo humano todavía muy bajos.

Para identificar estos desafíos, se tomaron en cuenta tanto documentos de política como planes nacionales y programas internacionales —entre ellos, PNCTI 2006-2021 (CONCYTEC 2006), los ejes, objetivos y acciones del Plan Bicentenario (CEPLAN 2011), la Política Nacional del Ambiente (MINAM 2009), los Objetivos de Desarrollo del Milenio de la ONU, los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU, y el Programa Marco Horizonte de Investigación e Innovación de la Unión Europea Horizonte 2020, así como documentos sectoriales relacionados con la ciencia, tecnología e innovación ambiental (MINAM 2011, 2016; MINAGRI 2012; ANA 2015)—.

Al CONCYTEC —como ente rector del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (SINACYT)— le corresponde impulsar actividades de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) en las diferentes áreas temáticas ambientales, y promover la articulación de los sectores públicos y privados para afrontar los impactos ambientales de forma articulada con el Ministerio del Ambiente, ente rector de la Política Nacional del Ambiente. El Programa Cintya es una herramienta estratégica para la gestión de la CTI en el área ambiental y para la captación de fondos con la finalidad de garantizar la continuidad del fortalecimiento y promoción de la ciencia, tecnología e innovación en el país. Mediante el Programa Cintya, el CONCYTEC implementará esquemas financieros que responderán a las necesidades de articulación interinstitucional, de masa crítica de profesionales altamente calificados, de investigación científica, y de adecuado equipamiento e infraestructura de laboratorios de investigación.

La ciencia juega un papel fundamental como generadora de conocimiento, específicamente la ciencia ambiental, que tiene por objeto estudiar las interacciones entre los componentes biológico, físico y químico del medio natural, incluso sus efectos en los organismos y el impacto humano en el ambiente

El fortalecimiento del SINACYT permitirá también a los sectores, especialmente al Ministerio del Ambiente, la elaboración y aprobación de normas e instrumentos con mayor sustento científico y técnico. Este accionar tendrá como resultado el incremento del conocimiento en el área ambiental, lo que conducirá a la gestión efectiva de los recursos naturales, manteniendo o mejorando la resiliencia de los ecosistemas, conservando el patrimonio natural, y generando mecanismos socioeconómico-ambientales para “un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo” de la vida de las personas como lo sostiene el inciso 22 del artículo 2º de la Constitución Política del Perú.







# 02

## DEFINICIÓN DEL CONTENIDO GENERAL DEL PROGRAMA CINTYA

### 2.1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

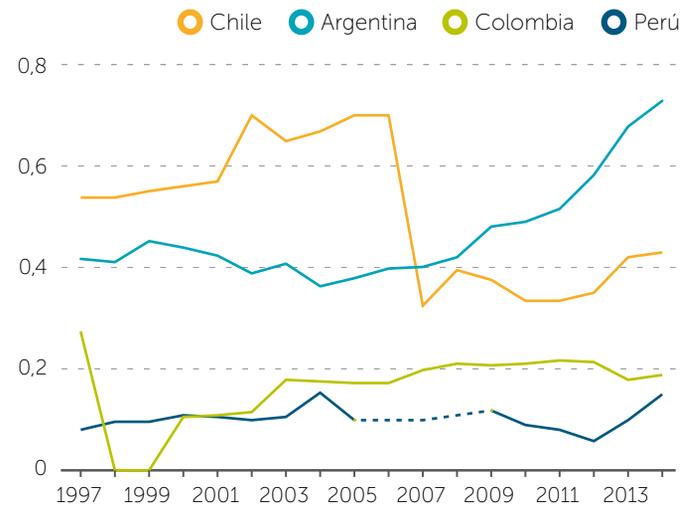
Los problemas ambientales que afronta el Perú son muy complejos, incluyendo tanto eventos climáticos y geológicos naturales extremos como el impacto humano directo derivado de la explotación de recursos naturales, procesos de urbanización y de degradación de ecosistemas, entre los más importantes. Los actuales esfuerzos en ciencia y tecnología son aún insuficientes para la gestión de los impactos directos o indirectos sobre la sociedad y los procesos de generación de políticas públicas. Por tanto, se requiere de estudios más profundos, sobre todo interdisciplinarios, que permitan promover, integrar y estimular los diversos campos de la ciencia y la tecnología, y así generar soluciones de fácil acceso a la sociedad a estos problemas ambientales y para uso en la toma de decisiones.

Asimismo, se necesita datos e información con rigor científico para un mejor entendimiento de las dinámicas de los sistemas naturales y humanos y sus interacciones; una mayor y mejor preparación y atracción de personal calificado, científico y técnico; la generación de nuevas tecnologías y metodologías adecuadas a la realidad peruana; y la sinergia entre los diferentes actores involucrados en la temática ambiental para mejorar la toma de decisiones y la generación de políticas públicas. Sin embargo, la inversión en I+D del Perú se refleja mínimamente en su PBI (0,15 %), indicando un bajo esfuerzo tecnológico e innovador del país comparado con otros países de la región, como Argentina, Chile y Colombia (Figura 1a), e ínfimo comparado con economías fuertes, como Alemania (2,9 %) (National Science Board 2014).

**Figura 1. INVERSIÓN NACIONAL EN I+D**

**Figura 1a.** Inversión nacional en I+D (GERD) respecto al PBI en el Perú y países de la región

(En porcentajes)

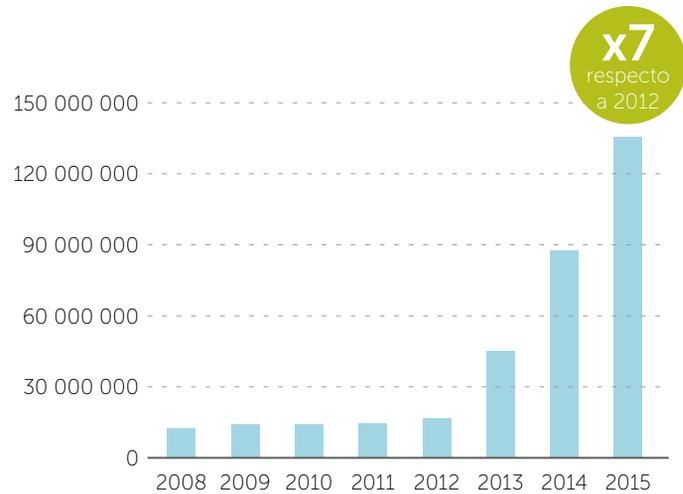


Fuente: CONCYTEC; RICYT; Corvera 2004; Fernández 2009; Sagasti 2008.

Elaboración propia.

**Figura 1b.** Evolución del presupuesto del CONCYTEC en los últimos ocho años

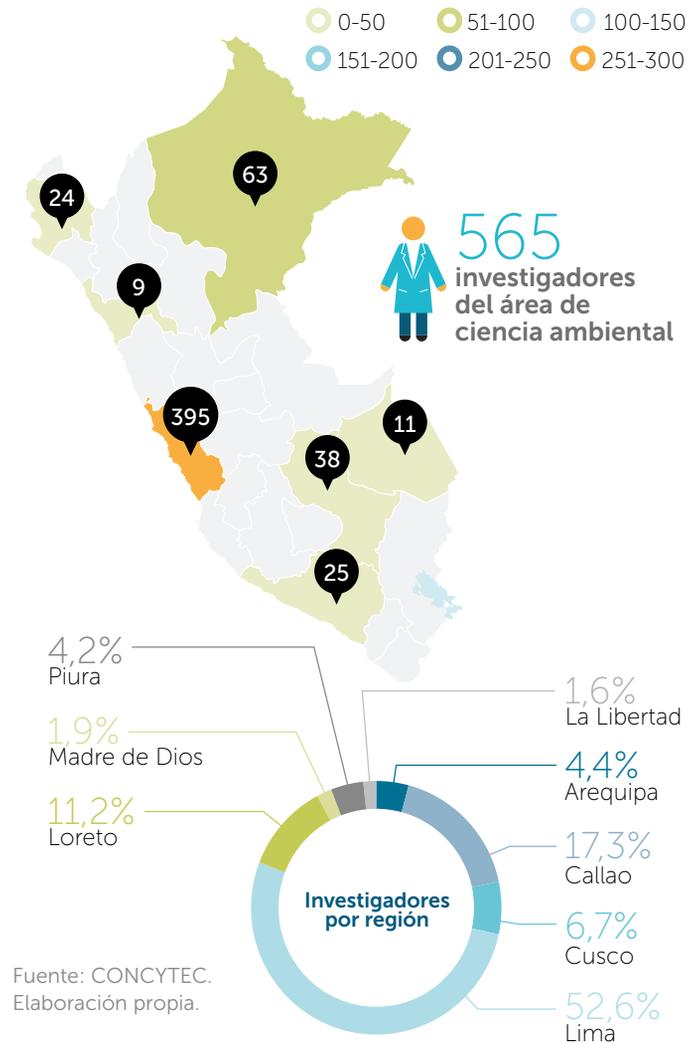
(En Soles)



Fuente: CONCYTEC. Elaboración propia.

Los actuales esfuerzos en ciencia y tecnología son aún insuficientes para la gestión de los impactos directos o indirectos sobre la sociedad y los procesos de generación de políticas públicas. Se necesitan datos e información con rigor científico para un mejor entendimiento de las dinámicas de los sistemas naturales y humanos y sus interacciones.

**Figura 2.** Distribución de investigadores en las diferentes regiones con filiación peruana y publicaciones científicas en ciencia ambiental registradas en Scopus de 1977 a 2015



Fuente: CONCYTEC. Elaboración propia.

Desde el punto de vista social, productivo y ecosistémico, nuestro país afronta diversos y elevados **desafíos ambientales**, y presenta una **insuficiente capacidad de respuesta** ante estos, en la generación de conocimiento y en cantidad de profesionales altamente calificados en ciencia y tecnología ambiental. En este sentido, aun cuando el país ha incrementado su inversión en CTI (Figura 1b), no se hace lo suficiente para integrar las actividades de I+D con las necesidades nacionales para una mejor **articulación de la gestión ambiental** en diferentes niveles de gobierno. Existen planes, agendas y políticas que resaltan la importancia y necesidad de la investigación que no se articulan entre sí y generan duplicidades o superposiciones, reduciendo la eficacia de la promoción de la investigación en CTI ambiental. Además, **existe una fuga de talentos** al exterior debido a la insuficiente capacidad del Perú de promover actividades en I+D. Los mayores talentos nacionales tienen pocos incentivos para quedarse en el país o regresar después de formarse en el exterior. Además, los que se quedan no son capaces de afrontar las necesidades nacionales debido a su reducida cantidad o al centralismo de las mayores instituciones de investigación (Figura 2). El centralismo, manifestado mediante la concentración de investigadores e instituciones de investigación en la capital, así como la falta de interrelación de los investigadores con centros o institutos de investigación en

provincias con capacidad de realizar investigación ambiental, limitan el desarrollo de la investigación en las regiones. En el ámbito nacional, los investigadores están concentrados en ocho regiones de las veinticinco existentes en el país, principalmente centralizados en Lima y Callao (70 %), en este último debido a la presencia del Instituto del Mar del Perú (IMARPE). La región Loreto se encuentra en segundo lugar por la presencia del Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana (IIAP).

## Los mayores talentos nacionales tienen pocos incentivos para quedarse en el país o regresar después de formarse en el exterior.

Respecto a las instituciones públicas de investigación en el ámbito nacional, el porcentaje de profesionales con doctorado es de 3 %, y el porcentaje de profesionales con grado de magíster, de 6 %, en relación con la cantidad total de su personal. Estas cifras reflejan la falta de investigadores en instituciones cuya función es realizar investigación científica (Tabla 1).

**Tabla 1.** Cantidad de investigadores con posgrado en instituciones públicas de investigación relacionadas con el tema ambiental

Institución pública	Personal	Investigadores con grado de doctor	Investigadores con grado de magíster
ANA	37	5	11
CONIDA	75	1	6
IIAP	219	13	44
IMARPE*	564	12	48
IGP*	240	22	15
INGEMMET	279	4	11
INIA	1217	8	27
IPEN	259	10	19
ITP	240	0	5
Museo de Historia Natural **	38	21	8
<b>TOTAL</b>	<b>3 168</b>	<b>96</b>	<b>194</b>

\* Datos proporcionados por la misma institución.

\*\* Datos obtenidos de la página web del Museo de Historia Natural (MHN).

Elaboración propia basada en DINA-CONCYTEC, MHN, IMARPE, IGP 2015.

## Las publicaciones científicas generadas en el Perú representan menos del 1,5 % de las publicaciones de toda América Latina.

Los diversos y elevados impactos ambientales que afronta nuestro país requieren de un mayor esfuerzo en investigación en CTI ambiental que resulte en una mayor cantidad de publicaciones científicas.

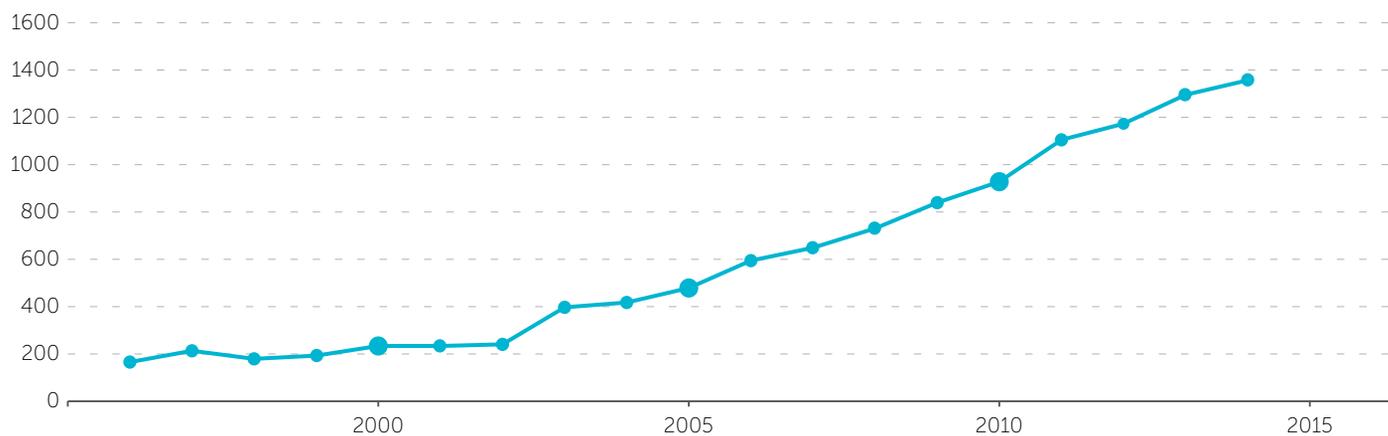
En general, la cantidad de publicaciones científicas en revistas indizadas con afiliación en instituciones peruanas presenta una tendencia positiva (Figura 3a), pero representa menos del 1,5 % de las publicaciones en toda América Latina (Figura 3b).

Además, según datos de Scopus 2006-2011, más del 75 % de la producción científica peruana se realiza en colaboración internacional, pero los investigadores peruanos solo lideran el 10 % de las investigaciones internacionales en las que participan (CONCYTEC 2014).

### Figura 3. PRODUCCIÓN CIENTÍFICA EN EL PERÚ

**Figura 3a.** Cantidad de publicaciones científicas con afiliación peruana en revistas indizadas en los últimos veinte años

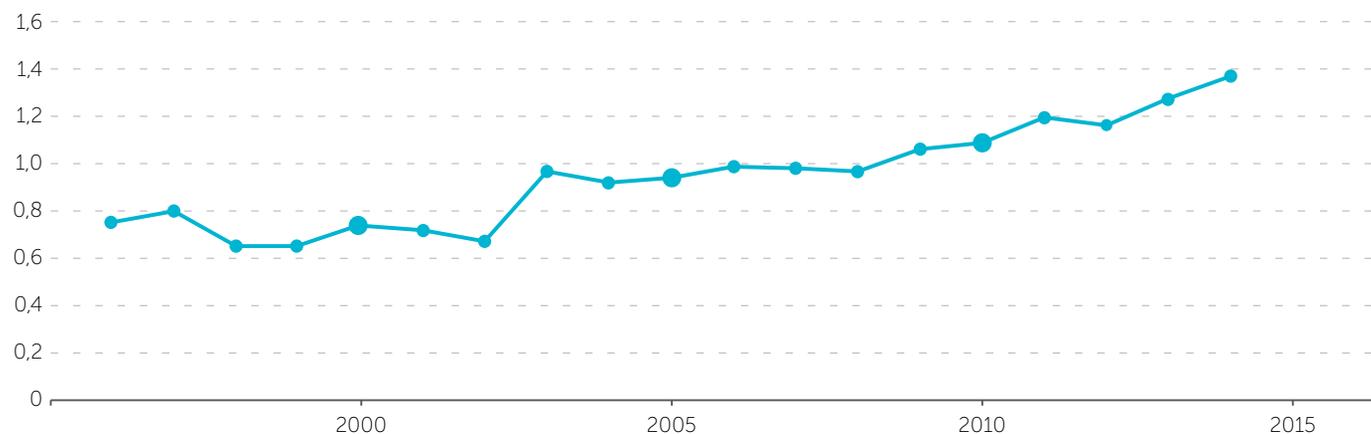
(En unidades)



Fuente: SCImago. Elaboración propia.

**Figura 3b.** Publicaciones científicas con afiliación peruana en revistas indizadas en relación con el total publicado en la región

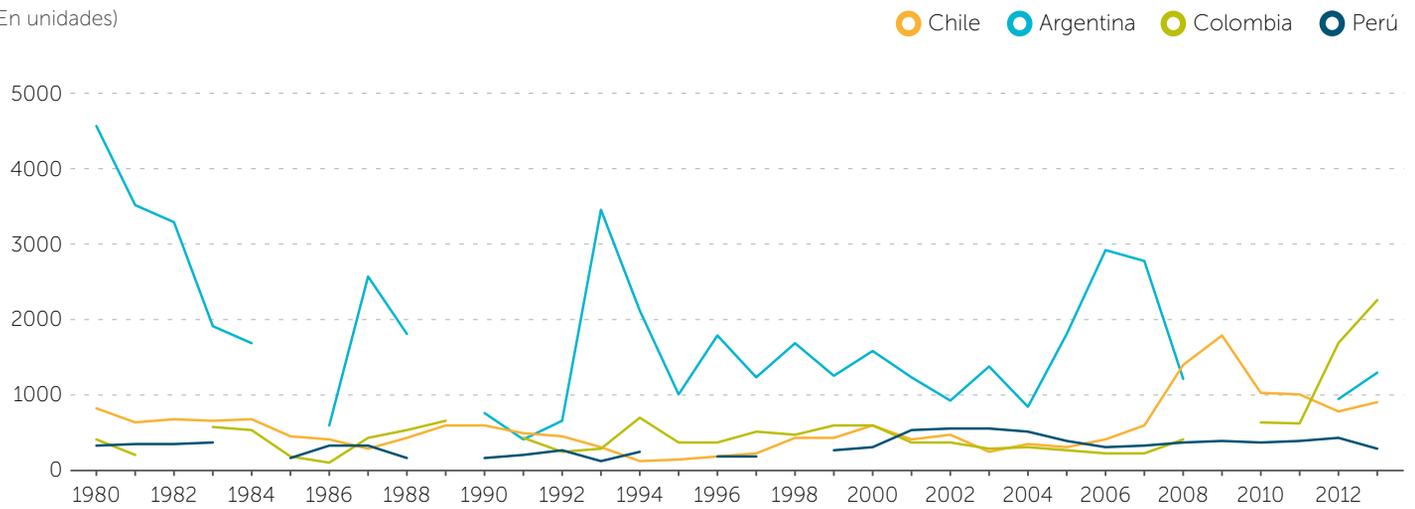
(En porcentajes)



Fuente: SCImago. Elaboración propia.

**Figura 4.** Cantidad de patentes concedidas en el Perú y en países de la región

(En unidades)



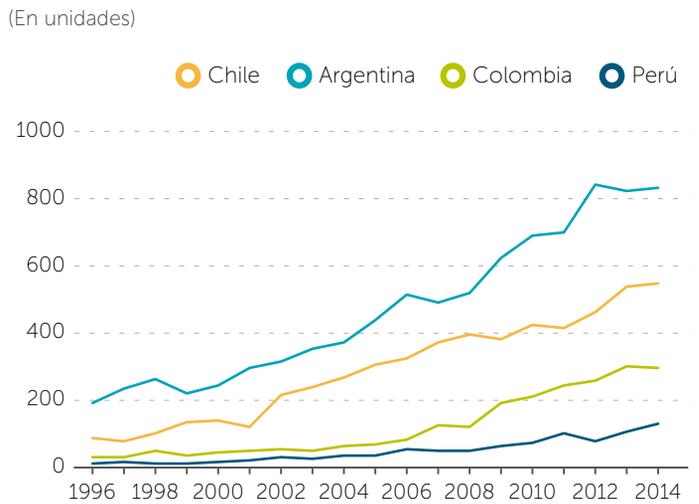
Fuente: WIPO. Elaboración propia.



Asimismo, la cantidad de patentes concedidas en nuestro país comparado con otros países de la región, como Argentina, Chile y Colombia, es muy bajo (Figura 4). Cabe destacar que en los últimos años, Colombia ha incrementado sustancialmente este indicador.

**Figura 5. PRODUCCIÓN CIENTÍFICA EN CIENCIA AMBIENTAL EN EL PERÚ Y OTROS PAÍSES DE LA REGIÓN**

**Figura 5a.** Variación histórica de la cantidad de publicaciones en ciencia ambiental



Fuente: SCImago. Elaboración propia.

**Figura 5b.** Cantidad de publicaciones totales y en ciencia ambiental hasta 2015

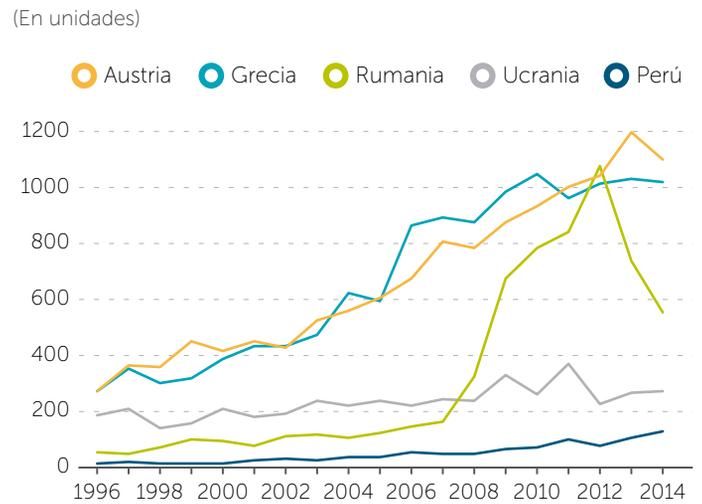


Fuente: SCOPUS. Elaboración propia.

En el área ambiental, la cantidad de publicaciones muestra también una tendencia positiva, pero el Perú se encuentra en los lugares inferiores respecto a otros países de la región, como Colombia, Chile y Argentina (Figura 5). El escenario es más crítico cuando la comparación se hace con países con

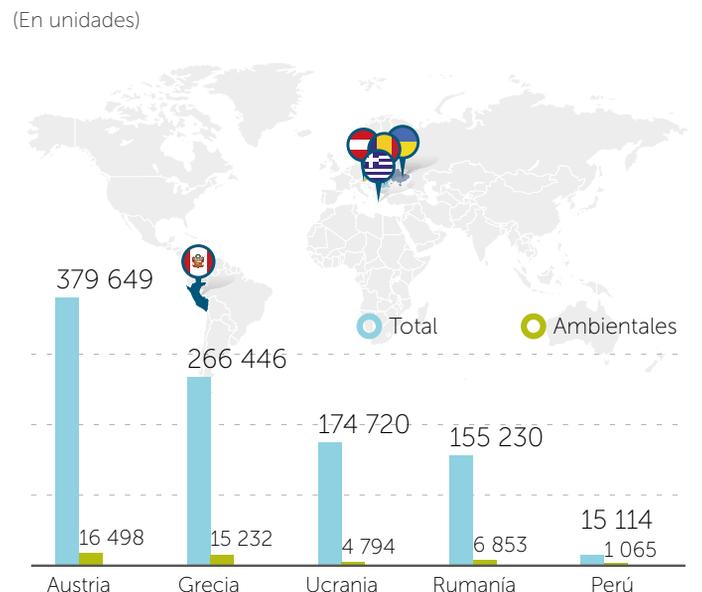
**Figura 6. PRODUCCIÓN CIENTÍFICA EN CIENCIA AMBIENTAL EN EL PERÚ Y OTROS PAÍSES CON PBI SIMILAR**

**Figura 6a.** Variación histórica de la cantidad de publicaciones en ciencia ambiental



Fuente: SCImago. PBI de acuerdo con el FMI

**Figura 6b.** Cantidad de publicaciones totales y en ciencia ambiental hasta 2015



Fuente: SCOPUS. Elaboración propia. PBI de acuerdo al FMI.



similar PBI, donde el Perú se encuentra muy por debajo de lo publicado por los otros países, como Ucrania, Rumanía y Austria (Figura 6). Un caso particular lo representa Grecia, cuyo PBI anteriormente era mayor que el del Perú, pero actualmente se encuentra por debajo. Su producción científica no ha decrecido y está muy por encima de nuestro país (Figura 6a).

Los **insuficientes estándares ambientales** adecuados a la realidad nacional y el **inadecuado manejo de nuestros recursos naturales** contribuyen a la baja capacidad de respuesta a los desafíos ambientales. Por ejemplo, es importante indicar que en el país se cuenta con insuficiente información científica que identifique causas de la presencia de metales pesados en los seres humanos y en las especies existentes en el país (peces, moluscos, ganado vacuno, caprino, etcétera). El incremento de estudios científicos contribuirá en la determinación y actualización de los estándares nacionales de calidad ambientales (ECA) y límites máximos permisibles (LMP) que se establezcan para nuestro país.

Por otro lado, existe un incremento en la lista nacional de especies amenazadas, incluyendo las reportadas a la Lista Roja de la International Union for Conservation of Nature (IUCN), a Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES) y a Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals (CMS). Además, la destrucción y fragmentación de hábitats naturales ha llevado a la amenaza de ecosistemas, afectando su equilibrio y los servicios que proveen a las poblaciones humanas.

En resumen, la problemática de la ciencia y tecnología ambiental en el país necesita ser gestionada con efectividad y eficiencia. Resulta prioritario fortalecer los indicadores de

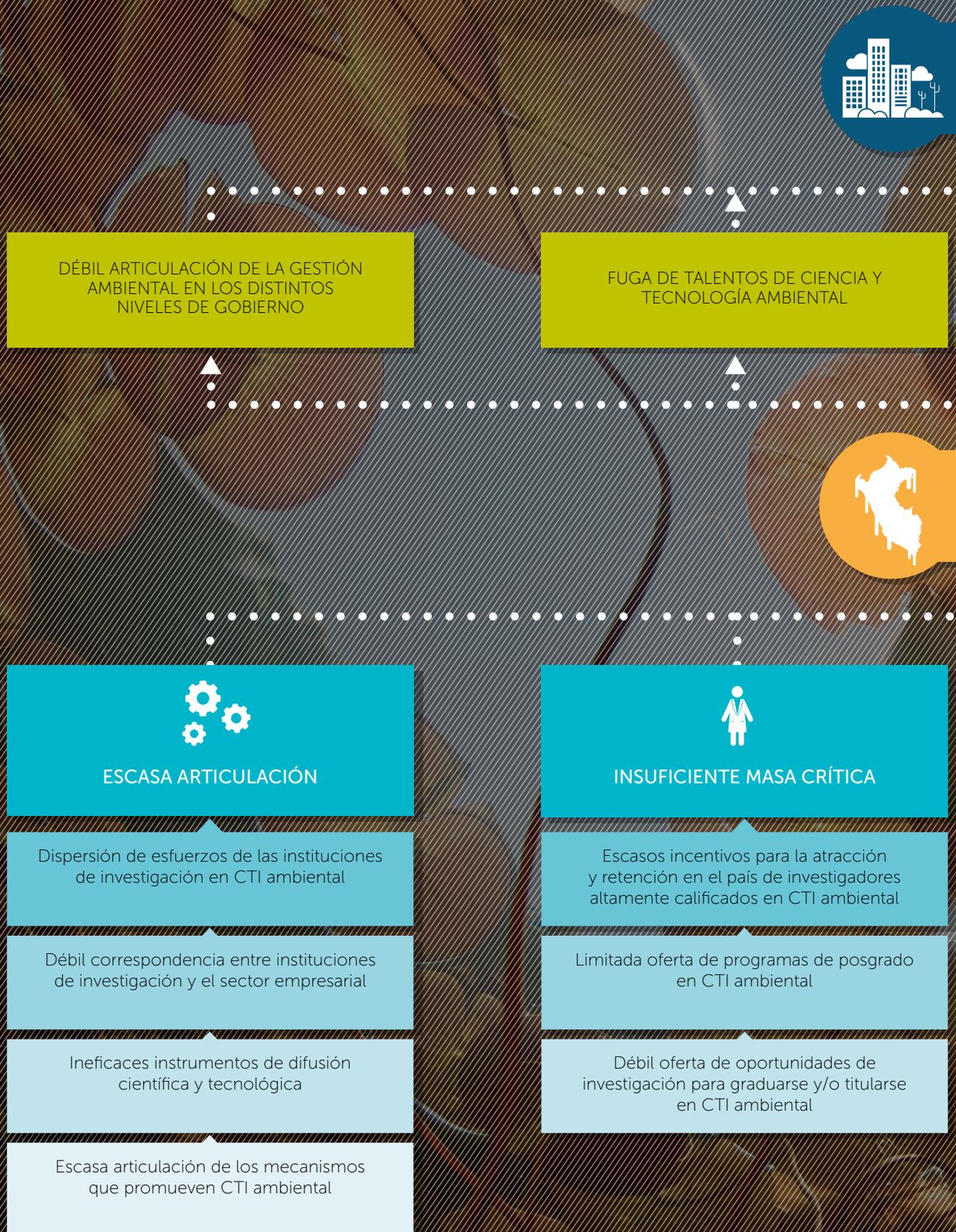
**La problemática de la ciencia y tecnología ambiental en nuestro país necesita ser gestionada con efectividad y eficiencia. Es prioritario fortalecer los indicadores de CTI, relacionados con la investigación, la masa crítica, la infraestructura y la sinergia institucional, de modo que logremos atender los requerimientos nacionales en la temática ambiental.**

CTI, relacionados con la investigación, la masa crítica, la infraestructura y la sinergia institucional, a fin de que atiendan los requerimientos nacionales en la temática ambiental. La mejora de los indicadores de CTI ambiental incidirá de manera positiva en el incremento de la capacidad de respuesta ante los grandes desafíos ambientales en los medios social, productivo y ecosistémico que afronta el país.

## **2.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA PRINCIPAL**

Una sociedad que apunta a la modernidad debe mostrar una economía creciente, pero tiene también que ser capaz de responder a los desafíos que le impone sus características ambientales, geográficas y sociales. Sin embargo, nuestro

Figura 7. Árbol de problemas de la ciencia, tecnología e innovación tecnológica ambiental



## INSUFICIENTE CAPACIDAD DE RESPUESTA ANTE LOS DESAFÍOS AMBIENTALES A NIVEL SOCIAL, ECONÓMICO Y ECOSISTÉMICO

INSUFICIENTE NÚMERO DE PUBLICACIONES CIENTÍFICAS EN MATERIA AMBIENTAL

INSUFICIENTES ESTÁNDARES AMBIENTALES ADECUADOS A LA REALIDAD NACIONAL

INADECUADO MANEJO DE RECURSOS NATURALES

## DÉBIL E INEFICAZ SISTEMA NACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA FRENTE A LOS DESAFÍOS AMBIENTALES



### LIMITADA INVESTIGACIÓN DE CALIDAD

Escasa investigación científica ambiental disciplinaria e interdisciplinaria que responde a las necesidades nacionales y al conocimiento global

Limitadas actividades de innovación tecnológica ambiental

Inadecuado emprendimiento científico por parte del gobierno para la promoción de investigación de frontera en CTI ambiental



### INADECUADA INFRAESTRUCTURA

Deficiente infraestructura y equipamiento para investigación en CTI ambiental

Centros y laboratorios de investigación en CTI ambiental no se ajustan a normas de calidad



Una sociedad que apunta a la modernidad debe mostrar una economía creciente, y ser capaz de responder a los desafíos que imponen sus características ambientales, geográficas y sociales. El Perú presenta hoy una alta vulnerabilidad a desastres naturales y de origen antropogénico.

país todavía muestra un notable retraso en su capacidad de respuesta ante los desafíos ambientales, debido principalmente a su débil e ineficaz sistema nacional de CTI. Esto significa que la totalidad del talento humano e institucional para investigar y producir tecnología, así como la articulación entre instituciones, es insuficiente para responder mejor a la problemática ambiental.

El Acuerdo Nacional sostiene, dentro del eje temático Competitividad del País, que el desarrollo sostenible y la gestión ambiental, así como el desarrollo de la ciencia y tecnología (Acuerdo Nacional 2014), son políticas de Estado. Con estas políticas se evidencia que para el desarrollo de nuestro país es importante el impulso de la ciencia y tecnología, que en el contexto ambiental se

reflejará en mejores respuestas a los desafíos. A pesar de la contundencia del Acuerdo Nacional, las políticas públicas, así como el apoyo del Estado y del sector privado, no han sido suficientes hasta el momento para revertir nuestra actual situación y tampoco se prioriza el impulso a la CTI en las agendas políticas o planes de gobierno. Como consecuencia, el Perú presenta una alta vulnerabilidad a desastres naturales y de origen antropogénicos que castigan duramente al país, crean descontento social y afectan la estabilidad de la economía nacional.

El crecimiento de la economía peruana en los últimos años ha mostrado una tendencia positiva, lo que ha permitido mejorar el PBI per cápita y reducir la tasa de pobreza. No obstante, para determinar el actual avance del conocimiento y uso de este en la solución de problemas del país, empleamos indicadores de CTI entre los que tenemos la cantidad de profesionales altamente capacitados (masa crítica), la cantidad de publicaciones en revistas indizadas (investigación), la cantidad de patentes (procesos de innovación tecnológica), y la infraestructura y equipamiento.

Actualmente, la inversión nacional en actividades de I+D+i que promueve el CONCYTEC se ha incrementado alrededor de siete veces comparado con 2012 (Figura 1b), pero aún continúa siendo uno de los más bajos de la región respecto al PBI (Figura 1a). Asimismo, los indicadores de CTI muestran que las causas fundamentales o primarias de la debilidad e ineficacia del sistema nacional de CTI son cuatro, reseñados en el árbol de problemas (Figura 7), que se detallan a continuación:

### 2.2.1. ESCASA ARTICULACIÓN

Existe una **escasa articulación** entre los actores privados y públicos involucrados en la temática ambiental. Este problema se debe principalmente a la **dispersión de esfuerzos** de las distintas instituciones de investigación en CTI ambiental, lo que implica duplicidades o superposición de tareas que no permiten el afianzamiento de líneas de investigación que tengan un mayor impacto económico, productivo y social.

La segunda es la **débil correspondencia** entre instituciones de investigación y el sector empresarial, razón por la cual la mayor parte de investigadores no conocen las necesidades del sector privado, y las empresas tienen nichos de mercado que no demandan inversiones en ciencia y tecnología. Si nos comparamos con Estados Unidos de América, Corea del Sur o Japón, que invierten más del 2 % de su PBI en I+D y más de la mitad de este proviene del sector privado (National Science Board 2014), se encontrará que nuestra inversión, sobre todo proveniente de las empresas, es todavía muy bajo (Figura 1a).

La tercera causal es la **falta de espacios y mecanismos de difusión** científica y tecnológica, es decir, los resultados

y aplicaciones de la producción de conocimiento ambiental en el Perú se queda dentro de nuestras fronteras y en muchos casos en nuestros laboratorios. Como consecuencia, la tarea del investigador en la sociedad peruana no es reconocida, reflejándose en que la toma de decisiones y las políticas presentan debilidades en el soporte científico. La cuarta causal hace referencia a la **escasa articulación de los mecanismos que promueven CTI ambiental** que dispersa los esfuerzos para impulsar el desarrollo de la ciencia y tecnología ambiental.

### 2.2.2. ESCASA MASA CRÍTICA

La masa crítica de investigadores altamente calificados es insuficiente para que se desarrolle ciencia y tecnología

Si bien la oferta de programas de maestría y doctorado se ha incrementado, la mayoría no cuenta con la infraestructura, rigurosidad y plana docente calificada que produzca atracción nacional e internacional.



ambiental de calidad. Una de las causas es la **escasez de incentivos** para la atracción y retención de investigadores en el país. Por ejemplo, los bajos sueldos que no pueden competir con el ámbito internacional, la excesiva carga académica o administrativa, y el poco reconocimiento social que se da al papel del investigador, entre otros.

Una segunda causa es la **limitada oferta de programas de posgrado** en CTI ambiental que sean competitivos en el ámbito internacional para la formación de investigadores. Asimismo, la cantidad de subvenciones para realizar estudios de posgrado en el tema ambiental es aún insuficiente. Si bien la oferta de programas de maestría y doctorado se ha incrementado, la mayoría no cuenta con la infraestructura, rigurosidad y plana docente calificada que produzca atracción nacional e internacional.

La tercera causa para la escasa masa crítica es la **baja oferta de oportunidades** de investigación **para graduarse o titularse**, es decir, estudiantes de pregrado con potencial no tienen el apoyo necesario para desarrollar su tesis de grado o título. Por otra parte, aunque hay mucho por investigar en el Perú, existen pocas instituciones de investigación y pocos investigadores que puedan acoger y orientar tesis de pregrado y posgrado, así como pocas subvenciones para el desarrollo de las tesis.

### 2.2.3. LIMITADA INVESTIGACIÓN DE CALIDAD

Existe **limitada investigación de calidad** en CTI ambiental y que es insuficiente para responder a los desafíos ambientales que afronta el país y al conocimiento global. Este problema se ve reflejado en la poca cantidad de publicaciones indizadas arbitradas y patentes que se generan en el Perú (Figuras de 3 a 6). Los desafíos ambientales son generalmente muy complejos y requieren investigación científica intensa.

En particular, muchos de estos desafíos necesitan un enfoque más amplio e interdisciplinario que integre todos los campos de la ciencia y la tecnología para una mejor respuesta a las necesidades nacionales. Asimismo, debido a la reducida sinergia entre el sector empresarial y las instituciones de investigación, se lleva a cabo una **cantidad limitada de actividades de innovación tecnológica ambiental** que, de revertirse el panorama tan estrecho, ayudaría a la nación a conservar y usar mejor los recursos naturales y servicios ecosistémicos.

**Los desafíos ambientales son muy complejos y requieren investigación científica intensa. La investigación de frontera permitiría al Perú enfrentar los actuales desafíos ambientales que requieran soluciones nuevas y creativas por parte de los investigadores.**

Asimismo, hay también **falta de emprendimiento científico** por parte del gobierno para la promoción de investigación de frontera. La investigación de frontera suele abordar temas que se encuentran en controversia, en los límites del conocimiento, y que puede llevar al uso de metodologías y conceptos atípicos, en este caso en el ámbito ambiental. Este tipo de investigación permitiría al Perú enfrentar los actuales desafíos ambientales y nuevos retos que puedan aparecer y requieran soluciones nuevas y creativas por parte de los investigadores.

### 2.2.4. INSUFICIENTE INFRAESTRUCTURA

La falta de infraestructura y equipamiento adecuados para el desarrollo de investigación en CTI ambiental es un gran problema debido a que la investigación ambiental depende grandemente de la infraestructura física apropiada (efectiva).

Es necesaria, en muchos casos, la transmisión de datos en tiempo real o la instalación de equipos que requieren una infraestructura especial, cuidado y mantenimiento. Sin embargo, muchos laboratorios y centros de investigación y monitoreo presentan **infraestructura y equipamiento deficientes** u obsoletos que dificultan generar resultados de acuerdo con estándares internacionales, los que luego puedan plasmarse en artículos para revistas científicas especializadas.

Por otro lado, muchos **centros y laboratorios de investigación en CTI ambiental no se ajustan aún a normas de calidad** para optimizar la precisión y exactitud de los datos. Asimismo, la calidad supone un cambio de idiosincrasia y concientización tanto del investigador como de las instituciones para que el desarrollo de la investigación siga las cuestiones de ética, protección de derechos, análisis riguroso, y objetivo de los datos y búsqueda de la verdad.

# 03

## VISIÓN

### A LARGO PLAZO

El Programa Cintya considera contar con un sistema nacional de CTI fuerte y eficaz para afrontar los desafíos ambientales. Además, considera que en los próximos diez años se eleve la calidad y cantidad de investigaciones, investigadores e infraestructura en CTI ambiental, para que nuestro país mejore en su competitividad y gestión ante los desafíos ambientales.







# 04

## ÁREAS

---

## TEMÁTICAS

---

## DE INVESTIGACIÓN

---

El Programa Cintya, al ser una herramienta estratégica de gestión para el desarrollo de CTI ambiental en el ámbito nacional, identifica áreas temáticas y líneas de investigación que son importantes para el país, considerando un enfoque biológico, socioeconómico y/o ambiental físico (Tabla 2).

Las áreas temáticas de investigación identificadas son cuatro: [variabilidad climática y cambio climático](#), [calidad ambiental](#), [ecosistemas y recursos naturales](#), y [gestión de riesgos](#). Las líneas de investigación dentro de cada área temática no son limitantes sino que permiten al investigador enfocarse en temas particulares que pueden estar siendo abordados actualmente o que aún contienen vacíos de conocimiento. En este sentido, un proyecto de investigación puede ser de naturaleza transversal, pero con mayor énfasis en una de las líneas descritas.

Estas áreas temáticas y líneas de investigación han sido priorizadas en respuesta a los desafíos nacionales definidos por CONCYTEC: [competitividad y diversificación industrial](#), [seguridad alimentaria](#), [ambiente sostenible](#) y [salud y bienestar social](#), considerando la alta vulnerabilidad del país a los impactos del cambio climático y la variabilidad climática, la necesidad de mejora de la calidad ambiental a nivel nacional, el mejor manejo de los ecosistemas y recursos naturales, sin afectar su capacidad de regeneración, la necesidad de gestión de los riesgos, los que son recurrentes en el territorio nacional, y sobre todo la transversalidad a las actividades humanas.

**Tabla 2.** Áreas temáticas y líneas de investigación del Programa Cintya

Variabilidad climática y cambio climático	Calidad ambiental	Ecosistemas y recursos naturales	Gestión de riesgos
<ul style="list-style-type: none"> <li>Escenarios climáticos futuros y sus potenciales impactos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Remediación y recuperación de ambientes degradados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ecosistemas y servicios ecosistémicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sismos, actividad volcánica y fenómenos asociados</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Dinámica de la criósfera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bioacumulación y biomagnificación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manejo sostenible de recursos biológicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eventos extremos climáticos e hidrológicos</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Variabilidad climática, cambio climático reciente y paleoclimas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calidad ambiental y salud humana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recursos hídricos, energéticos, geológicos y edáficos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erosión, transporte de sedimentos y movimientos en masa</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Adaptación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Niveles de contaminación ambiental</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigaciones antárticas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistemas de alerta temprana</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Mitigación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manejo de residuos</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Eventos geoespaciales</li> </ul>

El Programa Cintya identifica áreas temáticas y líneas de investigación que son importantes para el país, considerando un enfoque biológico, socioeconómico y/o ambiental físico. Los problemas ambientales complejos tienen relevancia científica, social y política.

Los problemas ambientales complejos tienen relevancia científica, social y política, y requieren de un enfoque interdisciplinario integrador entre los sistemas ecológicos y sociales (Binder et al. 2013). En particular, las soluciones requerirán un mejor entendimiento de las dinámicas, sostenibilidad, vulnerabilidad y adaptación de estos sistemas socio-ecológicos, incorporando enfoques integradores y multidisciplinarios (Newell et al. 2005; Folke 2006).

Es también importante mencionar que, al ser el Programa Cintya el Marco Nacional de Ciencia y Tecnología Ambiental, guarda relación con las prioridades en la temática ambiental del país establecidas en la Agenda de Investigación Ambiental al 2021 (anexo I, MINAM 2016). Estas prioridades serán consideradas como una referencia para la implementación del Programa Cintya, donde se establecen líneas de investigación en el corto, mediano y largo plazos.

#### 4.1. VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y CAMBIO CLIMÁTICO

De acuerdo con la definición del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático –Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)—, la **variabilidad climática** comprende las variaciones en el estado medio del clima, y otros estadísticos como la desviación estándar en todas las escalas temporales y espaciales mayores a los eventos meteorológicos individuales (traducido del glosario de IPCC 2013). Por su parte, el **cambio climático** es el cambio en el estado del clima que puede identificarse (por ejemplo, usando pruebas estadísticas) por los cambios en la media o variabilidad de sus propiedades, que persiste por un periodo largo, generalmente décadas o más (traducido del glosario de IPCC 2013). Los cambios climáticos pueden tener origen natural (Crowley y North 1988) o ser consecuencia de la actividad humana (Oreskes 2004). No obstante, es sumamente probable que el incremento de la concentración de gases de efecto invernadero de origen humano haya contribuido de forma dominante al calentamiento global desde la década de 1950, tanto en la atmósfera como el océano, alcanzando niveles sin precedentes (IPCC 2013).

En el contexto del Programa Cintya, esta área temática de investigación, prioritaria en el ámbito global, regional y local, está dirigida a abordar los vacíos de conocimiento e impulsar el análisis y evaluación de las consecuencias potenciales de la variabilidad climática y el cambio climático en el Perú.

- **Escenarios climáticos futuros y sus potenciales impactos.** Los modelos climáticos globales son la base para realizar

proyecciones de escenarios climáticos futuros y sus potenciales impactos. La evaluación de los potenciales impactos requiere también acoplarlos a otros tipos de modelos, como los ecológicos, socioeconómicos, biológicos e hidrológicos, entre otros, y estar adecuados a las necesidades locales en términos espaciales, considerando que en el Perú existe una alta diversidad climática, topográfica, biológica, poblacional, etcétera. Los modelos climáticos desarrollados para simular la temperatura superficial a escala global han mejorado significativamente en años recientes y presentan altos niveles de confianza (IPCC 2013). Sin embargo, en el Perú aún se requiere de mayores esfuerzos para obtener series de tiempo largas y representativas para realizar proyecciones detalladas a escalas local y regional, que son necesarias por la gran variabilidad espacial de nuestro país, debido a su geografía compleja, los gradientes altitudinales por la presencia de la cordillera de los Andes, la cercanía al ecuador y los cambios de la dinámica del afloramiento costero en el ecosistema de la corriente de Humboldt.

En la región amazónica-andina, considerada uno de los veinticinco hotspots (focos) de diversidad biológica en el mundo (Myers et al. 2000), existe un consenso sobre un proceso de calentamiento, indicando su intensificación a mayor altitud (Urrutia y Vuille 2009; Blázquez y Núñez 2012). Asimismo, los patrones de precipitación muestran aún resultados dispares a lo largo de los Andes y probablemente se requiera de mayor resolución para representar apropiadamente los gradientes locales (Buytaert et al. 2010; Blázquez y Núñez 2012; Jones y Carvalho 2013). En el caso de la franja costera, se desconoce los escenarios climáticos futuros. Sin embargo, los cambios en el clima pueden afectar grandemente a las poblaciones humanas, la dinámica natural de los ecosistemas de todas las regiones naturales del país y, por tanto, a su capacidad de proveer servicios ambientales. Tanto el aumento en la temperatura, la frecuencia de sequías e inundaciones severas como posiblemente eventos extremos asociados a El Niño-Oscilación Sur (ENOS) (Cai et al. 2015) son algunos cambios ambientales que podrían promover la desaparición de formaciones vegetales, la migración y la extinción de especies, cambios

Los modelos climáticos globales son la base para realizar proyecciones de escenarios climáticos futuros y sus potenciales impactos en la región amazónica-andina, en el océano y en los ecosistemas acuáticos y terrestres.

en la composición y diversidad de los ecosistemas, y la disminución en la capacidad de los bosques de mitigar las emisiones de dióxido de carbono (Thomas et al. 2004; Feeley et al. 2011; Fauset et al. 2012; Brienen et al. 2015). En cuanto al océano, son escasas las proyecciones sobre nivel del mar, temperatura, oxígeno, productividad, nutrientes, pH y otras variables oceánicas que sufrirían cambios de acuerdo con los escenarios del IPCC (Doney et al. 2009; Lam et al. 2009; Keeling et al. 2010; IPCC 2013), reconociéndose como sistemas particularmente vulnerables los ecosistemas de afloramiento costero (Bograd et al. 2008) como el del Perú. Estudios preliminares muestran un enfriamiento de las aguas costeras en las últimas décadas (Gutiérrez et al. 2011a), que podrían deberse a la intensificación del viento costero. Este proceso podría favorecer la expansión horizontal del hábitat de la anchoveta y otras especies de aguas frías, pero el aumento de turbulencia afectaría la supervivencia y retención de larvas. En el largo plazo, el calentamiento a gran escala y la estratificación terminarían debilitando el afloramiento costero, favoreciendo la aproximación a la costa de masas de agua oceánicas y especies asociadas (Gutiérrez et al. 2011b), pero disminuyendo a su vez el hábitat de la anchoveta y las demás especies del ecosistema de afloramiento costero (Brochier et al. 2013).

A pesar de estos esfuerzos en investigación, aún existe un gran vacío de conocimiento del impacto del cambio climático, y la variabilidad climática en los ecosistemas acuáticos y terrestres. El nivel de conocimientos científicos y la producción científica no corresponden a la gran diversidad de recursos naturales que posee ni a su importancia para las comunidades humanas.

- **Dinámica de la criósfera.** La criósfera comprende las capas de hielo sobre el mar, lagos, ríos, glaciares y suelo congelado (permafrost), que influyen en el sistema climático global debido a su impacto sobre los flujos de energía, el ciclo del agua, la productividad primaria, el intercambio gaseoso entre superficies y el nivel del mar (IPCC 2013). Los glaciares de los Andes son particularmente importantes debido a la variedad de climas con los que interactúan.

Los Andes tropicales poseen el 99 % de todos los glaciares tropicales del mundo. De ellos, el 71 % se encuentra en el Perú, especialmente en la Cordillera Blanca (Rabatel et al. 2013). Sin embargo, la mayoría de estos glaciares está perdiendo su masa de hielo (Mark 2008; Thompson et al. 2013), lo cual podría traer consecuencias en el ciclo del agua, así como la calidad del agua como un proceso de contaminación natural. Este proceso se debe a que, cuando el glaciar se retira, los minerales quedan expuestos, y estos son transportados a zonas bajas, pudiendo afectar los ecosistemas y poblaciones humanas aledañas. El ejemplo emblemático es el Callejón de Huaylas —ahí se encuentra el mayor porcentaje de glaciares del país y gran

parte de la población de la región Áncash (Fraser 2012)—. Por otra parte, se ha detectado permafrost en los volcanes Coropuna y Chachani (Arequipa), pero no se tienen aún estudios sobre su importancia en el ciclo del carbono (Ubeda et al. 2015).

## Para el Perú, conocer mejor la dinámica de El Niño en la región ecuatorial y su evolución a lo largo de la costa peruana debe ser científicamente prioritario, ya que permitirá mejorar su pronóstico y reducir sus impactos negativos.

- **Variabilidad climática, cambio climático reciente y paleoclimas.** Uno de los principales modos de variabilidad climática en el Pacífico ecuatorial y que tiene gran repercusión ecológica, social y económica en nuestro país es el Fenómeno El Niño. Este evento tiene también impactos en el clima de distintas regiones alrededor del mundo gracias a las teleconexiones atmosféricas y oceánicas. Además, la comunidad científica internacional recién está empezando a enfocarse en los diferentes tipos de El Niño. Es de particular interés para el Perú los mecanismos de los eventos El Niño extremos que calientan con intensidad la costa sudamericana (Takahashi et al. 2011; Takahashi y Dewitte 2015), pero que no están adecuadamente representados en los modelos utilizados para el pronóstico (Takahashi y Dewitte 2015). Por tanto, conocer mejor su dinámica en la región ecuatorial y su evolución a lo largo de la costa peruana debe ser científicamente prioritario, ya que sus resultados permitirán mejorar su pronóstico y reducir sus impactos negativos. En el Perú, hay algunos avances en las investigaciones sobre la variabilidad interanual del clima en las que se ha encontrado que las lluvias en la costa norte tienen una alta correlación con el Fenómeno El Niño, no así las de los Andes centrales y del sur (Lagos et al. 2008; Lavado-Casimiro y Espinoza 2014). Hay también avances en los estudios de la variabilidad interanual del clima en la Amazonía (Espinoza et al. 2011a, b, 2013, 2014).

Sin embargo, son insuficientes las investigaciones que expliquen los patrones climáticos que permitan entender la variabilidad del clima a escalas regional y local. Esta información es básica para comprender las variaciones en el clima de largo plazo. En la cuenca amazónica-andina peruana se ha detectado específicamente un

calentamiento de 0,09 °C por década desde 1960 (Lavado-Casimiro et al. 2013a). Los análisis de las precipitaciones para eventos relacionados con el Fenómeno El Niño muestran comportamientos diversos en el país (Lagos et al. 2008; Espinoza Villar et al. 2009; Lavado-Casimiro et al. 2013a), ya que muestran el incremento de sequías e incendios forestales en décadas recientes en algunas regiones (Espinoza et al. 2011b; Fernandes et al. 2011; Marengo et al. 2011), pero intensificación de lluvias e inundaciones en otras (Espinoza et al. 2013, 2014; Brando et al. 2014; Marengo y Espinoza 2015). En el caso de la zona de afloramiento costero, desde fines del siglo XIX las aguas costeras de la zona centro-sur exhiben una tendencia multidecenal de enfriamiento, más acentuada desde 1970 (de -0,2 a -0,3 °C por década) (Gutiérrez et al. 2011a).

Cabe agregar que los cambios observados en el sistema climático se basan en las mediciones y reconstrucciones paleoclimáticas que pueden extender los registros a miles de años. Las informaciones paleoclimáticas conducen a la reducción de incertidumbre ante la evolución del clima con base en variaciones que no han sido detectadas por registros instrumentales de las décadas recientes y que son preservados en registros biológicos y geológicos por largos periodos. En el Perú, estudios de esta naturaleza, concentrados en representar el clima de un pasado relativamente reciente en áreas continentales (últimos dos mil años), han sido realizados en glaciares (Thompson et al. 1985), sedimentos lacustres (Bird et al. 2011) y espeleotemas (Reuter et al. 2009; Apaéstegui et al. 2014). En los registros paleoclimáticos hay evidencia de desplazamientos de la zona de convergencia intertropical. Sin embargo, no son claros los cambios de la variabilidad de eventos ENOS en los datos y tampoco en los modelos climáticos. Durante el último milenio, el periodo de la Pequeña Edad de Hielo (1500-1800 d. C.) se muestra más húmedo en los registros de hielo y espeleotemas (formación de cavidades) de la región amazónica-andina (Apaéstegui et al. 2014). Los testigos de sedimentos colectados en la margen continental peruana indican que en este periodo el afloramiento costero era más débil, la productividad marina menor y el clima más lluvioso en la vertiente del Pacífico de Perú (Gutiérrez et al. 2009).

En cuanto a las variaciones decadales y saltos en el clima —como el salto a mediados de la década de 1970 ocurrido en el océano Pacífico tropical (Mantua y Hare 2002; Meehl et al. 2009)—, sus impactos aún no han sido estudiados en profundidad en el Perú. Además, esta variabilidad por décadas parece tener una influencia importante sobre el patrón espacial, frecuencia e intensidad de los eventos ENOS (por ejemplo, Wang y An 2001, 2002; Kug et al., 2009; Choi et al. 2010; Xiang et al. 2013; Min et al. 2015).

- **Adaptación.** A lo largo del tiempo, las sociedades humanas han mostrado capacidad de adaptarse a los impactos de los peligros naturales. Esta capacidad de adaptación comprende ajustes, iniciativas y medidas con el objetivo de reducir su vulnerabilidad ante estos impactos negativos. Frente a los efectos reales o esperados de un cambio climático sobre los sistemas naturales y humanos, la adaptación está dirigida a moderar o evitar el daño o explotar los beneficios de los impactos de los escenarios proyectados (IPCC 2007). Los impactos del cambio climático en los sistemas naturales y humanos incluyen la alteración de los sistemas hidrológicos, los cambios en la distribución, la actividad estacional, los patrones migratorios, las abundancias e interacciones de las especies, la intensificación de eventos climáticos extremos, y los impactos negativos sobre las actividades productivas y la salud humana, entre otros (IPCC 2013). El Acuerdo de París (COP21), en su artículo 7, establece que:

... la labor de adaptación debe llevarse a cabo mediante un enfoque que responda a las cuestiones de género y sea participativo y transparente, considerando a los grupos, comunidades y ecosistemas vulnerables basados en la mejor información científica disponible y cuando corresponda en los conocimientos tradicionales, los conocimientos de los pueblos indígenas y los sistemas de conocimiento locales con miras a integrar la adaptación en las políticas socioeconómicas y ambientales pertinentes cuando sea el caso. Asimismo, señala que para potenciar la labor de adaptación, se debe fortalecer el intercambio de información, buenas prácticas, experiencias y enseñanzas de la aplicación de medidas de adaptación, así también los conocimientos científicos del clima, con inclusión de la investigación, la observación sistémica del sistema climático y los sistemas de alerta temprana de un modo que aporte información a los servicios climáticos y apoye a la adopción de decisiones.

- **Mitigación.** La respuesta al cambio climático es la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Para este fin, es necesaria la intervención humana. En el Perú, se ha propuesto un "escenario sostenible" que tiene un potencial de reducción significativa

Los impactos del cambio climático en los sistemas naturales y humanos incluyen la alteración de los sistemas hidrológicos, los cambios en la distribución, la actividad estacional, los patrones migratorios, las interacciones de las especies, la intensificación de eventos climáticos extremos, y los impactos negativos sobre las actividades productivas y la salud humana, entre otros.



de emisiones con posibles beneficios indirectos y treintatré medidas de mitigación (PlanCC 2014). Nuestra capacidad de mitigación es considerada aún baja (USAID 2011). Por tanto, es necesario investigar el potencial de secuestro de carbono de los bosques secundarios, las plantaciones forestales y las áreas naturales protegidas (Post y Kwon 2000; Guo y Gifford 2002; Ramirez et

al. 2002). A esto se puede sumar la conservación de gigantescos sumideros de carbono en forma de turberas identificados bajo pantanos y aguajales en el norte de la Amazonía peruana (Lähteenoja et al. 2012; Draper et al. 2014). Todo esto facilitará el cumplimiento de la Meta 15 de Aichi del Convenio sobre Diversidad Biológica, para 2020, incrementando las reservas de carbono mediante la conservación y la restauración. Sin embargo, todas las políticas climáticas deben estar informadas de los descubrimientos científicos y nuevos métodos sistemáticos propuestos por las diferentes disciplinas para que estas se adecúen a la realidad nacional (IPCC 2013), debido principalmente a que muchas potenciales acciones y programas de mitigación podrían tener efectos secundarios positivos o negativos en sistemas humanos y ecológicos.

## 4.2. CALIDAD AMBIENTAL

La calidad ambiental es un conjunto de propiedades y características generales o locales del ambiente y cómo este afecta a los seres humanos y otros seres vivos (Johnson et al. 1997). Un ambiente donde el agua, aire o suelo están contaminados por sustancias tóxicas, ruido o efectos visuales puede repercutir en la salud física y mental de las personas. El deterioro de la calidad del agua es uno de los problemas más graves, ya que afecta el abastecimiento de este recurso a las poblaciones humanas, y tiene impactos directos en los ecosistemas, especialmente los acuáticos. Muchos ríos, arroyos, lagos y estuarios de nuestro país se encuentran sujetos a un creciente estrés antropogénico desde hace varias décadas debido principalmente al vertimiento de efluentes domésticos e industriales (Gutleb et al. 2002; SUNASS 2008; MINAM 2011; Loayza-Muro et al. 2013).

Otro problema es la contaminación del suelo debido principalmente a la mala gestión de residuos sólidos —que en su mayoría se encuentran depositados al aire libre sin ningún tratamiento y cerca de poblaciones humanas o en cuerpos de agua— y también de los desechos industriales que no reciben ningún tratamiento (Bech et al. 1997). En cuanto al aire, las emisiones de fuentes móviles, domésticas e industriales son problemas graves que afectan a nuestro país (Li et al. 2011; MINAM 2011).

**Las políticas climáticas deben estar al tanto de los descubrimientos científicos y nuevos métodos sistemáticos propuestos por las diferentes disciplinas para que estas se adecúen a la realidad nacional.**

- **Remediación y recuperación de ambientes degradados.** Las actividades minero-metalúrgicas y el desarrollo de nuevas tecnologías para la extracción y refinamiento de minerales e hidrocarburos son muy importantes en la historia de la humanidad. Sin embargo, antes de realizar proyectos de tal envergadura, se necesitan estudios científicos para identificar las principales fuentes contaminantes y desarrollar metodologías para una adecuada remediación ambiental.

La minería representa el mayor porcentaje de las exportaciones netas del país —el Perú es el sexto mayor productor de oro en el mundo y el primero en América Latina (Román-Dañobeytia et al. 2015)—. Por tanto, esto implica que los ecosistemas se encuentren expuestos a sus impactos (Rodbell et al. 2014; Orecchio et al. 2015). Asimismo, a lo largo de esta región existen otras actividades, como agricultura y ganadería, o el mero devenir de las ciudades, que tienen también un impacto importante en calidad y estabilidad del suelo, aire y agua. En este sentido, identificar las principales fuentes contaminantes requiere del desarrollo de estrategias de monitoreo que cuantifiquen la incertidumbre que implica dicha medición (Coynel et al. 2004; Moatar et al. 2009; Morera et al. 2013). Esto debe tener como prioridad el cumplimiento de la Meta 15 de Aichi del Convenio sobre Diversidad Biológica, para 2020, es decir, lograr la recuperación de la capacidad de los ecosistemas y la contribución de la diversidad biológica a las reservas de carbono, mediante la conservación y la restauración, incluida la restauración de por lo menos el 15 % de los ecosistemas degradados. De este modo, se contribuirá a la mitigación del cambio climático y a la adaptación a este, así como a la lucha contra la desertificación (MINAM 2014).

En nuestro país existen muchos estudios sobre los ambientes degradados, pero es muy poco lo que hay sobre las soluciones que se pueden dar para recuperarlos. Esto se debe a la complejidad de estos proyectos que necesitan desarrollar tecnologías para la remoción de contaminantes en el suelo, agua superficial y subterránea o sedimentos, así como estudios ecosistémicos y socioeconómicos para determinar la complejidad de estos ambientes y la metodología más apropiada para su recuperación.

- **Bioacumulación y biomagnificación.** La bioacumulación es el proceso en que ciertas sustancias químicas se acumulan dentro de los organismos vivos, al punto de poder alcanzar concentraciones muy altas. Estas sustancias, a su vez, pueden concentrarse aun más en niveles mayores de la cadena trófica, es decir, que los organismos no consiguen desecharlas eficientemente y se acumulan más en los depredadores. A esto se le llama biomagnificación. Los organismos afectados pueden ser tanto acuáticos como terrestres.



En los sistemas marinos se han detectado altas concentraciones de sustancias tóxicas en especies filtradoras (Jacinto y Aguilar 2007; Loaiza et al. 2015) y en diversas especies de niveles tróficos altos, como aves, mamíferos y peces carnívoros (Lefebvre et al. 1999; Fisk et al. 2001), e incluso un incremento en la mortandad de lobos marinos en California, debido posiblemente a un proceso de biomagnificación (Ylitalo et al. 2005).

En el Perú se han encontrado, además, concentraciones altas de mercurio en especies de agua dulce que sirven de alimento a comunidades nativas (Gutleb et al. 2002; Diringier et al. 2015). Por otro lado, Adetona et al. (2013) encontraron que la concentración de contaminantes orgánicos persistentes en el suero materno y suero del cordón umbilical de mujeres embarazadas en Trujillo se incrementa en los últimos trimestres de embarazo. Si bien se conocen los efectos directos de todas estas sustancias químicas en la salud humana, sus impactos en los ecosistemas, su alcance a comunidades humanas e incluso los resultados de las investigaciones son poco conocidos.

- **Calidad ambiental y salud humana.** La salud y el bienestar humano están íntimamente ligados a la calidad ambiental. Sin embargo, el crecimiento económico, demográfico y las presiones asociadas al desarrollo incrementan las dificultades asociadas con el mantenimiento de las prácticas y las políticas de salud pública eficaces. Por tanto, el enfoque de la política y requerimientos de investigación deben orientarse a un mejor entendimiento de las contribuciones ambientales a la salud humana (EEA 2013). Estudios evidencian que la exposición de personas

a metales pesados e hidrocarburos tiene efectos nocivos en la salud humana (Morita et al. 1999; San Sebastián et al. 2001; Hurtado et al. 2006; Astete et al. 2010).

Asimismo, los problemas para detectar o medir la severidad de los síntomas en la salud están basados en estudios típicos de dosis-respuesta de contaminantes individuales. Se sostiene también que especies animales, incluyendo el ser humano, podrían sufrir de disrupciones endocrinas debido a la presencia de algún compuesto disruptor endocrino. Estos compuestos podrían estar involucrados en la disminución del recuento y funcionalidad espermática, y el incremento de casos de cáncer de mamas, próstata y testículos (Safe 2000; Olea Serrano y Zuluaga Gómez 2001; Mori et al. 2003). La contaminación del agua y del suelo, así como los contaminantes de la atmósfera, y contaminantes bioacumulables en la cadena alimentaria y las amenazas ambientales transmitidas por algún tipo de vector que afecta la salud humana en todo el mundo, requieren de conocimientos científicos y técnicos para desarrollar nuevas soluciones.

- **Niveles de contaminación ambiental.** La determinación de los niveles de contaminación no solo debe cuantificarse por métodos instrumentales sino también por la medición de la sensibilidad de los bioindicadores presentes en los diferentes ambientes afectados (Phillips 1977).

En el caso del aire, las principales fuentes de contaminación provienen de fuentes antropogénicas, producidas por fuentes móviles (por ejemplo, automóviles) y fuentes estacionarias externas (por ejemplo, fábricas) y estacionarias internas (por ejemplo, material de construcción). En el caso del agua, la contaminación es causada mayormente por el ser humano. Muchos de los ecosistemas acuáticos —ríos, lagos y lagunas— reciben grandes cantidades de aguas residuales provenientes de las actividades humanas, cambiando por completo la estructura del ecosistema.

En el caso del suelo, la contaminación se produce principalmente por la acumulación de sustancias que se vuelven tóxicas para los organismos, debido al cambio de su química, generando la pérdida de su productividad. Además, existen fuentes naturales de contaminación de agua, aire o suelo, como la actividad volcánica, incendios forestales y la degradación biológica (Nriagu 1989). Muchas de estas fuentes son intensificadas por polvo atmosférico o contaminantes sólidos sedimentables (CSS), con promedios menores a 10 y 2,5  $\mu\text{m}$ , respectivamente, por

**Un ambiente donde el agua, aire o suelo están contaminados por sustancias tóxicas, ruido o efectos visuales puede repercutir en la salud física y mental de las personas.**

las condiciones meteorológicas locales como inversión térmica que impide la dispersión de material particulado, lo que causa daños a la salud por sobreexposición (Carbajal-Arroyo et al. 2007).

Además, el aumento del parque automotor y comercios, sin el consecuente cambio en la infraestructura, así como el exceso de luces artificiales en las ciudades y la alteración visual de paisajes naturales, han generado ruidos, vibraciones y perturbación visual que afectan tanto al desarrollo de las actividades humanas como el equilibrio de los ecosistemas. Por todo lo expresado, es necesario el establecimiento de información basal sobre el estado de la calidad de los ambientes naturales

En el caso del aire, las principales fuentes de contaminación son antropogénicas; cuando se trata del agua, la contaminación es causada mayormente por el ser humano. En lo que respecta al suelo, la contaminación ocurre principalmente por la acumulación de sustancias tóxicas para los organismos, debido al cambio de su química y generando la pérdida de su productividad.



del país, ciudades y cuencas prioritarias, así como el inventario de fuentes contaminantes existentes y la normalización de capacidades de monitoreo y modelado para poder entender y manejar la calidad del aire en el país, priorizando aquellas zonas con mayor impacto. Se requiere también una mejora en la capacidad de un constante monitoreo y el estudio por parte de las autoridades del Estado de las condiciones meteorológicas sinópticas y locales, y los niveles de contaminación permitidos que son necesarios para garantizar la salud de la población. A su vez, es necesario homologar la medición meteorológica y atmosférica en el país para construir una sola red de recolección de datos, en la cual puedan participar entidades nacionales y privadas. Esto permitirá asegurar una masa crítica de profesionales con capacidades para el modelado e interpretación de esta información en beneficio de políticas de salud pública.

- **Manejo de residuos.** Los residuos son cualquier sustancia en estado sólido, líquido, gaseoso o en forma de energía del cual su productor requiere descargar o disponer. El manejo es jerárquico, priorizando en orden descendente las etapas de minimización, reúso, tratamiento y reciclaje, y cuando las opciones anteriores no son posibles se tiene a la disposición final (Faniran y Caban 1998). La acumulación de estos residuos es un problema creciente en todas las regiones del país, donde no se cuenta con un adecuado manejo de residuos. Se requiere implementar en el país un sistema de disposición final de residuos que tenga mayor presencia en provincias. Para lograr el desarrollo sostenible del Perú, es fundamental hacer frente a este grave problema ambiental que acompaña al desarrollo social y económico. Esto implica el desarrollo tecnológico y científico para diseñar productos que utilizan menos materiales; utilizar procesos que generen menor cantidad de residuos; y desarrollar procesos de tratamiento de efluentes, compostaje de residuos orgánicos y reciclaje de residuos inorgánicos. Para lograr este cambio en la forma de pensar acerca de los residuos, se debe trabajar en colaboración con las empresas, autoridades locales, grupos comunitarios y el público, persuadiendo a la gente a cambiar su propio enfoque, en un trabajo persona por persona y negocio por negocio (Phillips et al. 2006).

Además, hace falta investigación nacional sobre la perduración de los geosintéticos para distintos tipos de residuos bajo condiciones climáticas locales; desarrollar mecanismos más amigables con el ambiente para reúso, reciclaje y disposición final de residuos peligrosos y no peligrosos; y desarrollar monitoreos de calidad de agua subterránea, migración de contaminantes, mecanismos de control y tratamiento in situ y ex situ; así como desarrollar una economía de residuos y aplicaciones de generación de energía a partir de los residuos (por ejemplo, incineración, biogás) que incentiven la aparición de mejores prácticas.

### 4.3. ECOSISTEMAS Y RECURSOS NATURALES

La biodiversidad de los ecosistemas, en sus dimensiones de composición, estructura y función, responde y también tiene el potencial de retroalimentar, en un sentido u otro, al clima, en todo su contexto. La ubicación geográfica del Perú, localizada al este de América del Sur —justo en la zona tropical y siendo parte del Cinturón de Fuego del Pacífico—, convierte a la región en un sistema acoplado océano-atmósfera-tierra muy interesante y complejo. Este sistema se encuentra influenciado por las interacciones tropicales y extratropicales a diferentes escalas espacio-temporales, lo cual da a nuestro país su diversidad de ecosistemas y características geomorfológicas. Así, el Perú cuenta con una amplia gama de recursos naturales que, en algunos casos, aún permanecen inexplorados, y en muchos casos su potencial uso y vulnerabilidad son desconocidos.

Esto trae como consecuencia la amenaza a las poblaciones silvestres y sus hábitats, lo que afecta en mayor incidencia a los ecosistemas frágiles debido a la sobreexplotación, degradación y pérdida de ecosistemas. Lo referido impacta, a su vez, en la sostenibilidad de los ecosistemas y los recursos naturales vivos, con repercusiones negativas en el ámbito socioeconómico del país y los servicios ecosistémicos.

- **Ecosistemas y servicios ecosistémicos.** El Perú está inserto en un mosaico de ecosistemas que exhiben una extraordinaria diversidad biológica y cultural (Rodríguez y Young 2000; Josse et al. 2009). Estos ecosistemas son fuente esencial de recursos y servicios que proporcionan sustento a poblaciones tanto urbanas como rurales. Sin embargo, no hay un consenso para estandarizar en un solo sistema la gran complejidad del territorio peruano (ONERN 1976; Brack 1986; Zamora 1996; León et al. 2006; Josse et al. 2009, 2012; Reynel et al. 2013), que hasta el momento incluye por lo menos dieciocho regiones ecológicas, de las cuales dieciséis son terrestres y dos están restringidas al ámbito marino (Zamora 1996; León et al. 2006).

Cada una de estas regiones alberga una gran cantidad de ecosistemas. Por ejemplo, si nos enfocamos en los Andes tropicales septentrionales y centrales, Josse et al. (2009) reconocen ciento treintatrés tipos de sistemas ecológicos diferentes clasificados dentro de nueve regiones básicamente definidas por gradientes de altitud y regímenes de temperatura y precipitación (Anderson et al. 2012). La mayoría de estos sistemas ecológicos (ciento dos de ciento treintatrés) tienen distribuciones restringidas que conducen a una asimetría espacial muy marcada, la que a su vez se refleja en la alta tasa de recambio de especies que caracteriza a la región andina (Josse et al. 2012). Los servicios proporcionados por estos ecosistemas en sus aspectos de soporte, aprovisionamiento, regulación y

cultura (Millenium Ecosystem Assessment 2005) enfrentan amenazas debido a la carencia de una gestión efectiva para su uso y conservación ante las diferentes actividades humanas que involucran cambios en el uso de la tierra, a lo que debemos sumarle el impacto del cambio climático (Brook et al. 2008).

**El Perú está inserto en un mosaico de ecosistemas que son fuente esencial de recursos y servicios, y que proporcionan sustento a poblaciones tanto urbanas como rurales.**



Los ecosistemas de bosques amazónicos y andinos experimentan cambios significativos en términos de su composición de especies (Feeley et al. 2011) y de su estructura y dinámica (Phillips et al. 2009; Brien et al. 2015) durante las últimas décadas. La aparente sensibilidad de estos bosques al aumento en la temperatura (Feeley et al. 2011), a las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono y a las sequías (Phillips et al. 2010; Brien et al. 2015), afecta de manera fundamental su papel como un sumidero importante del carbono planetario y como repositorio de biodiversidad.

En el ámbito marino y marino-costero, existe también una alta diversidad de ecosistemas que proveen servicios de aprovisionamiento, regulación o soporte, muchos de ellos poco conocidos. Varios están asociados a gradientes ambientales o ambientes extremos (por ejemplo, las

aguas corrosivas y deficientes en oxígeno sobre el margen continental superior de la costa). La polución marina y el cambio climático amenazan la integridad de estos ecosistemas, afectando la biodiversidad, productividad, ciclos de nutrientes y del oxígeno, intercambio de gases con la atmósfera, y el equilibrio del pH.

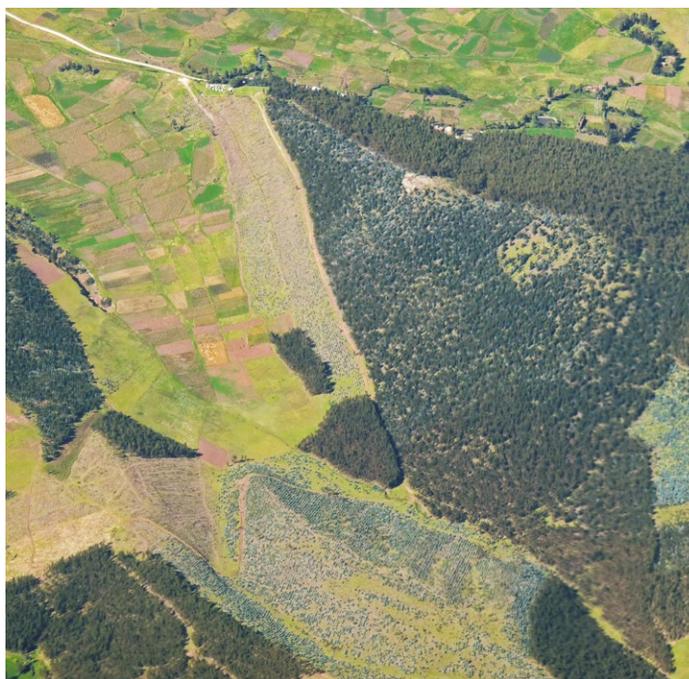
En consecuencia, existe la necesidad de mejorar las políticas de manejo o protección de los ecosistemas continentales y marinos, como herramientas de gestión para la conservación de diferentes bienes y servicios, y contribuir con el desarrollo sostenible del país. En ese sentido, es prioritario realizar estudios en ecosistemas con diferentes niveles de intervención humana, destacando las áreas naturales protegidas, para entender sus funciones, procesos y estructura, base para la identificación de sus servicios, tomando en cuenta la variabilidad intrínseca y las alteraciones detectables debidas al cambio climático. Mediante estos estudios se genera información y modelos sobre procesos que permiten un aprovechamiento racional y sostenible de los servicios ecosistémicos. Sin embargo, es deficitaria en el país la capacidad de entender tanto la variabilidad como la trayectoria de servicios ecosistémicos clave, y de articular las investigaciones de las llamadas ciencias duras con las ciencias sociales y económicas. Ello hace necesario plantear proyectos que articulen ambas áreas de investigación y, a su vez, generar propuestas integrales con enfoque ecosistémico que permitan la formación o especialización de profesionales de estas áreas.

- **Manejo sostenible de recursos biológicos.** Al igual que a escala mundial, los ecosistemas envueltos en el territorio peruano están sufriendo estrés y en algunos casos colapsos, debido a la contaminación (Asner et al. 2013), la sobreexplotación y utilización insostenible (Hall 2001), el cambio climático (Monneveux et al. 2013), la pérdida, fragmentación y degradación de los hábitats (Asner et al. 2013), y la introducción de especies exóticas (Cossíos 2010). La pérdida y fragmentación de los hábitats afecta principalmente los ecosistemas terrestres, debido a la conversión de hábitats naturales en tierras de cultivo, pastoreo, centros urbanos, etcétera.

En el ambiente marino, la sobreexplotación reduce no solo las abundancias, sino que disminuye la variabilidad genética, cambia la estructura poblacional de las especies y afecta

la interacción con otras especies (Reynolds et al. 2002). Si bien se ha evidenciado un alto grado de adaptabilidad de algunos recursos (Doney et al. 2009; Monneveux et al. 2013) que podrían soportar el incremento de las poblaciones y la demanda asociada a varias actividades humanas (por ejemplo, agricultura, asentamientos humanos, plantación de bosques, productos forestales, etcétera), el manejo de recursos biológicos debe fundamentarse no solo en el rendimiento sostenible sino en un mayor conocimiento de los ecosistemas (Kessler et al. 1992). Este enfoque ecosistémico del manejo de recursos requiere avanzar hacia modelos más multidisciplinarios que consideren diferentes variables y enfoques, incluyendo los procesos de adaptación y evolución de las especies silvestres. Estos permitirían mejorar la capacidad de predicción de la respuesta de los recursos a la variabilidad climática del sistema Tierra, al cambio climático y al impacto de las actividades humanas, así como el conocimiento, actividades y patrones humanos en el uso de estos recursos. Por tanto, es necesario optimizar las políticas de manejo sostenible y protección de los ecosistemas para viabilizar la gestión efectiva de los componentes de la diversidad biológica y la conservación de diferentes bienes y servicios. Así se logrará un verdadero desarrollo sostenible del país.

- **Recursos hídricos, energéticos, geológicos y edáficos.** El Perú es un país diverso debido a su localización en la región tropical del planeta y a la presencia de la cordillera de los Andes. Estos factores favorecen una serie de interacciones que han permitido el desarrollo de recursos tanto de naturaleza hídrica, energética, geológica y edáfica. La falta de investigación relacionada con los recursos geológicos y energéticos del país por parte de investigadores nacionales



**El manejo de recursos biológicos debe fundamentarse no solo en el rendimiento sostenible, sino en un mayor conocimiento de los ecosistemas.**

ha dado lugar a que iniciativas extranjeras lideren el desarrollo de nuevas técnicas para la exploración del recurso (Asner et al. 2013). En este sentido, es necesario un mayor liderazgo por parte de investigadores peruanos de las actividades científicas relacionadas con estudios de los recursos del país, lo cual servirá como base para las decisiones políticas relacionadas con su manejo. Para ello es necesario contar con adecuada capacidad analítica e infraestructura que apoye la investigación. Asimismo, los estudios sobre recursos hídricos del país están mayormente enfocados a explicar el estado de conocimiento del recurso (cantidad, calidad, procesos asociados). Tal es el caso de estudios para identificar factores que intervienen en la variabilidad hidrológica y mecanismos oceánicos asociados (Espinoza et al. 2009; Espinoza Villar et al. 2009; Lavado-Casimiro et al. 2013a) y de los eventos extremos hidrológicos en la cuenca Amazónica peruana (Espinoza et al. 2011b). No obstante, existen pocos esfuerzos en la caracterización geoquímica del recurso hídrico, esfuerzos que también son liderados por instituciones extranjeras (Moquet et al. 2011; Torres et al. 2015). Asimismo, la gran riqueza en este recurso implica un potencial para la generación de energía. La mejor comprensión del origen, así como de los procesos y funciones asociados a los recursos hídricos, energéticos, geológicos y edáficos en el país, brindará bases para una adecuada gestión y sentará el desarrollo sostenible del Perú.

Por otro lado, el océano también plantea aspectos energéticos para explorar, requiriéndose estudios de base que permitan analizar las ventajas y desventajas de estos. En este punto, en el futuro, el uso de energía potencial, hidratos de metano y extracción de minerales justifica la necesidad de conocer sus posibles impactos, así como la resiliencia de los hábitats o ecosistemas intervenidos. Esto implica el desarrollo de líneas de investigación orientadas a fortalecer con base científica políticas de conservación y planeamiento espacial en ambientes oceánicos o costeros que igualmente pueden ser muy vulnerables a estas actividades.

- **Investigaciones antárticas.** El Perú, mediante el Tratado Antártico de Washington de 1959 y su Política Nacional Antártica (Decreto Supremo n.º 014-2014-RE), se comprometió a profundizar la investigación científica en la Antártida y la protección de este ecosistema ante la influencia humana y el cambio climático. Para estos fines, el Perú mantiene en la Antártida la estación científica Base Machu Picchu, localizada en la isla Rey Jorge, en la bahía de Almirantazgo, donde se realizan estudios geográficos, geológicos, climatológicos y biológicos. A pesar de que el mayor esfuerzo científico del Perú se ha enfocado en el estudio poblacional del kril, el plancton y el monitoreo oceanográfico, no existen publicaciones científicas lideradas por científicos peruanos (por ejemplo, Hewitt et al. 2004).

Lamentablemente, muy pocos de estos estudios han resultado en publicaciones científicas en revistas indizadas, a pesar de que la Antártida es un tema transversal que se relaciona con el cambio climático y una potencial comparación entre la criósfera antártica y la tropical. La única publicación peruana es un estudio con un radar instalado en 1993 para medir los vientos en las capas más altas de la atmósfera, el cual permitió detectar por primera vez en la Antártida ecos polares mesosféricos de verano —(PMSE) siglas de Polar Mesosphere Summer Echoes— (Woodman et al. 1999). En resumen, las actividades de investigación se han limitado principalmente a la toma de datos y no se ha utilizado la información obtenida para la producción científica por medio de publicaciones indizadas y arbitradas, posiblemente por limitaciones en la capacidad científica o falta de incentivos.

## 4.4. GESTIÓN DE RIESGOS

El desarrollo humano ha llevado a idealizar la interacción entre las comunidades humanas y el ambiente. Sin embargo, la experiencia humana muestra que existen fenómenos físicos a los cuales somos susceptibles física, económica, política y socialmente, y que pueden causar daños en los sistemas humanos. Estos peligros o factores de riesgos de un sistema pueden ser actualmente estudiados, monitorizados y modelados con probabilidades de ocurrencia. A pesar de los esfuerzos por estudiar los diversos peligros naturales que afectan nuestro país, aún se requiere impulsar la gestión, estimación y prevención de riesgos de desastres con una perspectiva científica y analítica. Los riesgos a peligros naturales pueden ser de diferente índole en función de su origen.

**A pesar de los esfuerzos por estudiar los diversos peligros naturales que afectan nuestro país, aún se requiere impulsar la gestión, estimación y prevención de riesgos de desastres con una perspectiva científica y analítica.**

A continuación se detallan algunas de las actividades de investigación asociadas a dichos peligros:

- **Sismos, actividad volcánica y fenómenos asociados.** El Perú se encuentra ubicado en el contorno peri-Pacífico y en la zona de convergencia de dos grandes placas tectónicas: la placa Sudamericana y la placa de Nazca, que se introduce



por debajo de la Sudamericana a una velocidad relativa de seis a siete centímetros por año en dirección noreste (Norabuena et al. 1998). Los sismos se originan en la interfaz o zona de contacto de placas, en donde existen áreas de asperezas distribuidas de manera heterogénea que impiden su desplazamiento. Esto ocasiona acumulación de esfuerzos en la interfaz, lo cual da lugar a la ruptura que ocasiona el sismo al superar cierto umbral.

La historia sísmica de nuestro país muestra que este ha sido sacudido por grandes sismos destructivos generadores de tsunamis, los cuales han ocasionado pérdidas de vidas y gran impacto económico (Comte y Pardo 1991; Tavera y Bernal 2008; Perfettini et al. 2010; Chlieh et al. 2011; Villegas-Lanza 2014). Asimismo, en el interior del continente ocurren también sismos de magnitud

moderada, que son producto de la interacción de las fallas corticales, y que al suceder cerca de la superficie suelen ser perjudiciales. Por otro lado, una franja de más de quinientos kilómetros en la cordillera occidental del sur del país aloja una docena de volcanes activos (Legeley-Padovani et al. 1997; Rivera et al. 1998, 2010; Thouret et al. 2005), que representan una amenaza a las poblaciones humanas de esa región. Actualmente, los volcanes Ubinas (Moquegua) y Sabancaya (Arequipa) muestran actividad, aunque de bajo nivel. Peligros específicos importantes son las caídas de cenizas, los lahares y los flujos piroclásticos que se produzcan durante una erupción de mayor intensidad.

Todos los peligros relacionados directamente con la actividad interna de la Tierra deben ser investigados en sus distintas facetas: física de los procesos, seguimiento permanente de los eventos, transmisión y procesamiento de la información, identificación de premonitores, desarrollo de métodos de pronóstico, y modelado de los procesos que dan origen a estos peligros. La finalidad es brindar un reporte útil para la toma de decisiones que permitan salvar vidas y reducir los impactos económicos (Thouret et al. 1999; Finizola et al. 2004; Tort y Finizola 2005).

**Los peligros relacionados directamente con la actividad interna de la Tierra deben ser investigados en sus distintas facetas.**

- **Eventos extremos climáticos e hidrológicos.** El Perú es un país muy vulnerable a los eventos extremos climáticos e hidrológicos, los cuales pueden tener su origen en la variabilidad atmosférica de corto plazo, como heladas, friajes y tormentas (Marengo et al. 1997; Garreaud 2000; Boers et al. 2013; Espinoza et al. 2015), o pueden estar relacionados a la variabilidad interanual, como ENOS. Esta es una de las más importantes fuentes de variabilidad climática interanual a escala global, pero a pesar de décadas de esfuerzo en investigación aún se necesita mejorar nuestra capacidad de predicción en los ámbitos local y regional (Cai et al. 2015; Takahashi y Dewitte 2015), particularmente en cuanto a su patrón geográfico, intensidad, duración e impacto ecosistémico positivo o negativo, económico y social.

## Un mejor entendimiento de estos fenómenos, su modelado y su previsión serán de fundamental importancia para la gestión ambiental y de desastres naturales en el Perú.

El Fenómeno El Niño es la fase cálida del ENOS y se caracteriza por un incremento de la temperatura superficial del mar en el océano Pacífico ecuatorial y frente a la costa peruana, que trae consigo cambios en las corrientes oceánicas y la composición de especies marinas, entre otros. Entre sus impactos se pueden mencionar fuertes inundaciones en la costa norte del Perú (Takahashi 2004; Douglas et al. 2009; Lavado-Casimiro et al. 2013b) y un déficit en las lluvias en el altiplano y la región andina (Lagos et al. 2008; Lavado-Casimiro y Espinoza 2014), así como sequías en la cuenca amazónica (Espinoza et al. 2011a, 2013; Lavado-Casimiro y Espinoza 2014). En la Amazonía, las sequías y el incremento de incendios forestales están generalmente asociados al Fenómeno El Niño y a condiciones cálidas en el océano Atlántico tropical norte. En cambio, la intensificación de lluvias e inundaciones están a menudo asociadas a eventos La Niña (Espinoza et al. 2013, 2014; Brando et al. 2014; Marengo y Espinoza 2015).

En los últimos cuarenta años, las lluvias y caudales en la cuenca amazónica han mostrado una fuerte disminución (-10 %), en particular debido a un calentamiento en el océano Atlántico y a que los eventos hidrológicos extremos son más frecuentes desde inicio de la década de 1990 (Espinoza et al. 2009; Marengo y Espinoza 2015). Las sequías extremas en la cuenca amazónica han puesto en riesgo el futuro del bosque amazónico, el cual

desempeña un rol fundamental en el sistema climático en los ámbitos regional y global (Phillips et al. 2009; Gatti et al. 2014; Brienen et al. 2015). Un mejor entendimiento de estos fenómenos, su modelado y su previsión serán de fundamental importancia para la gestión ambiental y de desastres naturales en el Perú.

- **Erosión, transporte de sedimentos y movimientos en masa.** La erosión y transporte de sedimentos es una temática poco estudiada en el Perú. Sin embargo, su monitoreo y modelado resulta de suma relevancia para el adecuado diseño de infraestructura hidráulica, de saneamiento y de irrigación, condicionando su tiempo de vida.

El estudio del transporte de sedimentos permite cuantificar la erosión y degradación de suelos a escala de cuenca (Tote et al. 2011; Espinoza Villar et al. 2012; Armijos et al. 2013; Morera et al. 2013; Pepin et al. 2013), lo cual contribuye a la toma de decisiones en la gestión integrada de cuencas. Además, permite conocer los orígenes de la pérdida de suelo, tanto debido a eventos climáticos extremos como el Fenómeno El Niño o por intervención antrópica como deforestación, agricultura y minería (Tote et al. 2011; Morera et al. 2013; Pepin et al. 2013).

En el Perú, los fenómenos geodinámicos más recurrentes son los movimientos en masa, siendo la zona andina y subandina las más afectadas (Villacorta et al. 2012).



La investigación de la dinámica y cinemática mediante modelado e instrumentación, permitirá una mejor gestión del territorio y minimizar las pérdidas humanas y económicas.



Eventos recientes, como las grandes avalanchas ocurridas en el nevado Huascarán en 1962 y 1970 (Evans et al. 2009), nos muestran que un solo evento de este tipo puede ocasionar grandes pérdidas materiales y humanas en un lapso muy corto y con una recurrencia muy alta. Dado que los movimientos en masa pueden ocurrir debido a una gran variedad de detonantes —sismos, eventos meteorológicos extremos y mal uso del suelo, entre otros—, la investigación de la dinámica y cinemática

de estos procesos mediante modelado e instrumentación (Mentes 2015) permitirá una mejor gestión del territorio, y minimizar las pérdidas humanas y económicas mediante mapas de peligros más precisos.

- **Sistemas de alerta temprana.** Los sistemas de alerta temprana (SAT) constituyen un elemento esencial en la gestión del riesgo de desastres. Tienen como objetivo principal, dada la inminencia de un fenómeno natural de gran magnitud, prevenir pérdidas de vida, y reducir el impacto económico y material causado por un desastre, que puede incluir desastres generados por el hombre (por ejemplo, derrames de petróleo) (UNISDR 2006).

Los SAT deben considerar cuatro componentes: estimación del riesgo, servicio de monitoreo y alerta, diseminación y comunicación, y capacidad de respuesta (Basher 2006; UNISDR 2006), a lo cual se puede adicionar la respuesta de los subsistemas (Waidyanatha 2010). El Perú, como uno de los países más vulnerables a desastres naturales (terremotos, sequías, friajes, inundaciones, etcétera), requiere de una capacidad de respuesta basada no solo en sistemas de vigilancia y seguimiento sino también de evaluaciones de las vulnerabilidades y la estimación del riesgo con rigor científico, con apoyo de la innovación tecnológica que garantice la información preventiva y en tiempo real. Los elementos para la implementación de cada SAT específico deben corresponder al instrumental de monitoreo y alerta, relacionado con el diseño y desarrollo, que permite el entendimiento del riesgo por medio de la ciencia y su supervisión adecuada mediante la tecnología, las cuales deben complementarse; diseminación y comunicación, significa metodologías y su efectividad, que involucra la participación ciudadana, la población en general e incluso tomadores de decisión de forma organizada haciendo uso de metodologías provenientes de la ciencias sociales, y capacidad de respuesta, análisis y reforzamiento, relacionado con los pasos anteriores, promueve la generación de políticas y normas considerando la recurrencia de los riesgos.

- **Eventos geoespaciales.** Las variaciones en el ambiente geoespacial, definido por el espacio entre el Sol y la Tierra, pueden producir perturbaciones en las capas más externas del planeta (magnetósfera e ionósfera). Dichas perturbaciones pueden afectar y poner en riesgo los sistemas y tecnologías desarrollados por el ser humano y, al mismo tiempo, implicar un impacto en sus actividades (Feynman y Gabriel 2000). Por ejemplo, las explosiones solares pueden producir fuertes emisiones de rayos X que degraden o bloqueen las comunicaciones de radio HF (alta frecuencia) en la Tierra. Estas mismas explosiones pueden liberar partículas energéticas, las cuales penetran la electrónica de los satélites, causando fallas eléctricas. Las emisiones o expulsiones de masa coronaria provenientes del Sol pueden generar grandes tormentas geomagnéticas

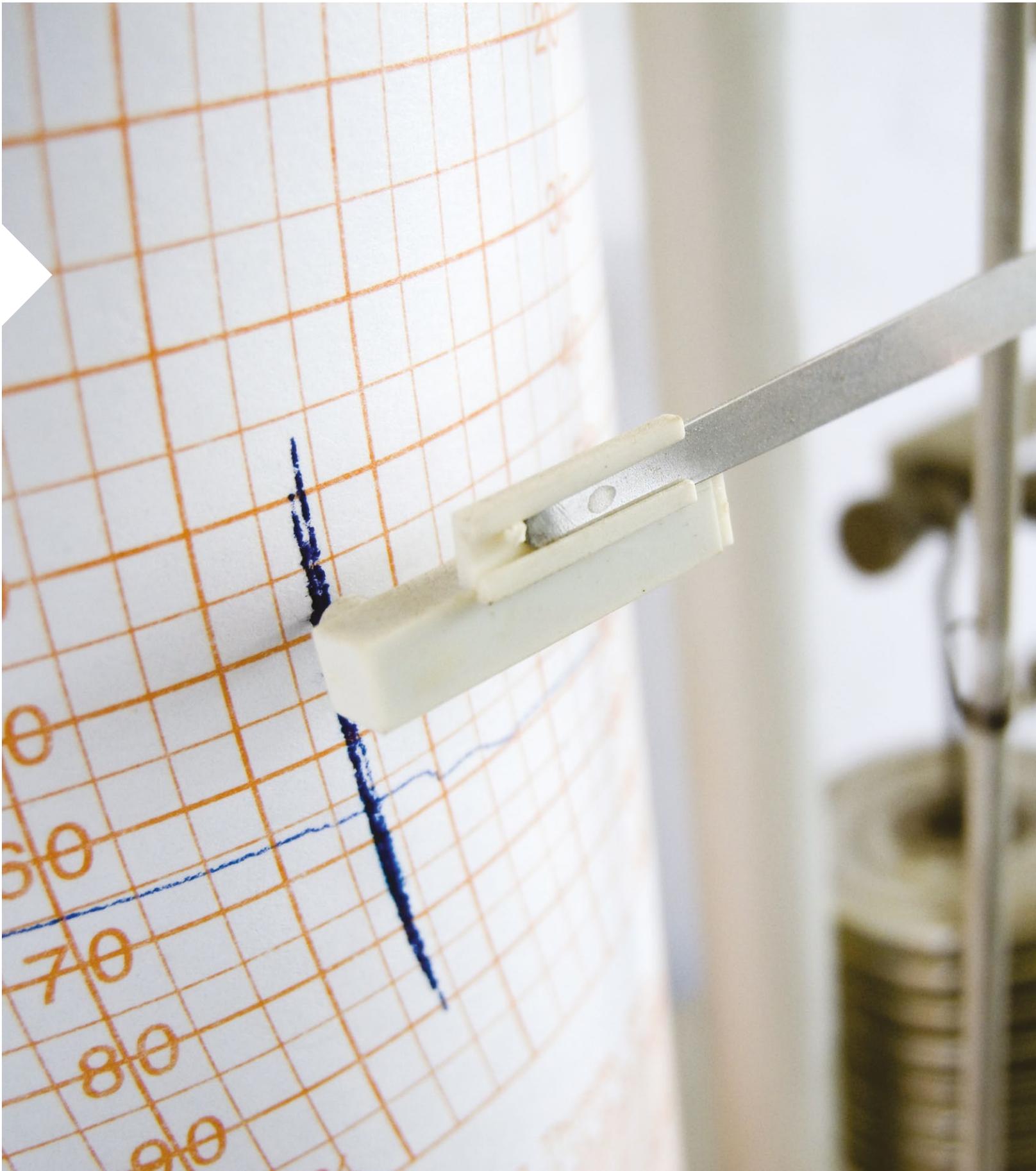


## El seguimiento y estudio de eventos y fenómenos geoespaciales son necesarios para la prevención y mitigación de posibles fallas en nuestros sistemas tecnológicos

en nuestro planeta, las cuales pueden inducir corrientes eléctricas superficiales que produzcan fallas en las plantas de generación eléctrica y en sus redes de distribución. Estas mismas tormentas pueden modificar las señales de radio de los sistemas de navegación (GPS), generando errores o irregularidades en estos sistemas (Doherty et al. 2003). Además de los posibles efectos globales, el territorio peruano, al estar ubicado en la región del ecuador magnético, se ve afectado por una serie de fenómenos ionosféricos propios de esta localización. En particular, los fenómenos conocidos como electrochorro ecuatorial (Farley 2009) y F-dispersa ecuatorial (Woodman 2009) son perturbaciones de la ionósfera sobre nuestro territorio, que pueden degradar o bloquear las comunicaciones satelitales, e inducir

errores significativos en los sistemas de posicionamiento y navegación. La ocurrencia de estos eventos tiene un impacto directo en actividades humanas que dependen de estos sistemas tecnológicos. Por ello, el seguimiento y estudio de estos eventos y fenómenos geoespaciales son necesarios para la prevención y mitigación de posibles fallas en nuestros sistemas tecnológicos, de los cuales somos cada día más dependientes.

Adicionalmente, la Tierra se ve continuamente sometida al bombardeo de objetos presentes en el medio interplanetario, los cuales son de diferentes tamaños (desde partículas microscópicas de polvo y hielo hasta rocas de decenas de metros de diámetro). La mayor parte de estos objetos se desintegran al ingresar en la atmósfera terrestre, siendo muy pocos los que llegan a impactar directamente la superficie terrestre; a estos objetos se les denomina meteoritos. Aunque es mínima la probabilidad de que el impacto de un meteorito cause daño a una población, en septiembre de 2007 impactó uno cerca de la comunidad de Carancas (Puno) y generó una serie de estudios (Tancredi et al. 2009). Estos trabajos son importantes a escala mundial, incluyendo el Perú, pues el objetivo es entender el origen y dinámica de los meteoritos (Chau et al. 2007) y, en paralelo, establecer redes de seguimiento distribuidas en todo el mundo.





# 05

## OBJETIVOS

---

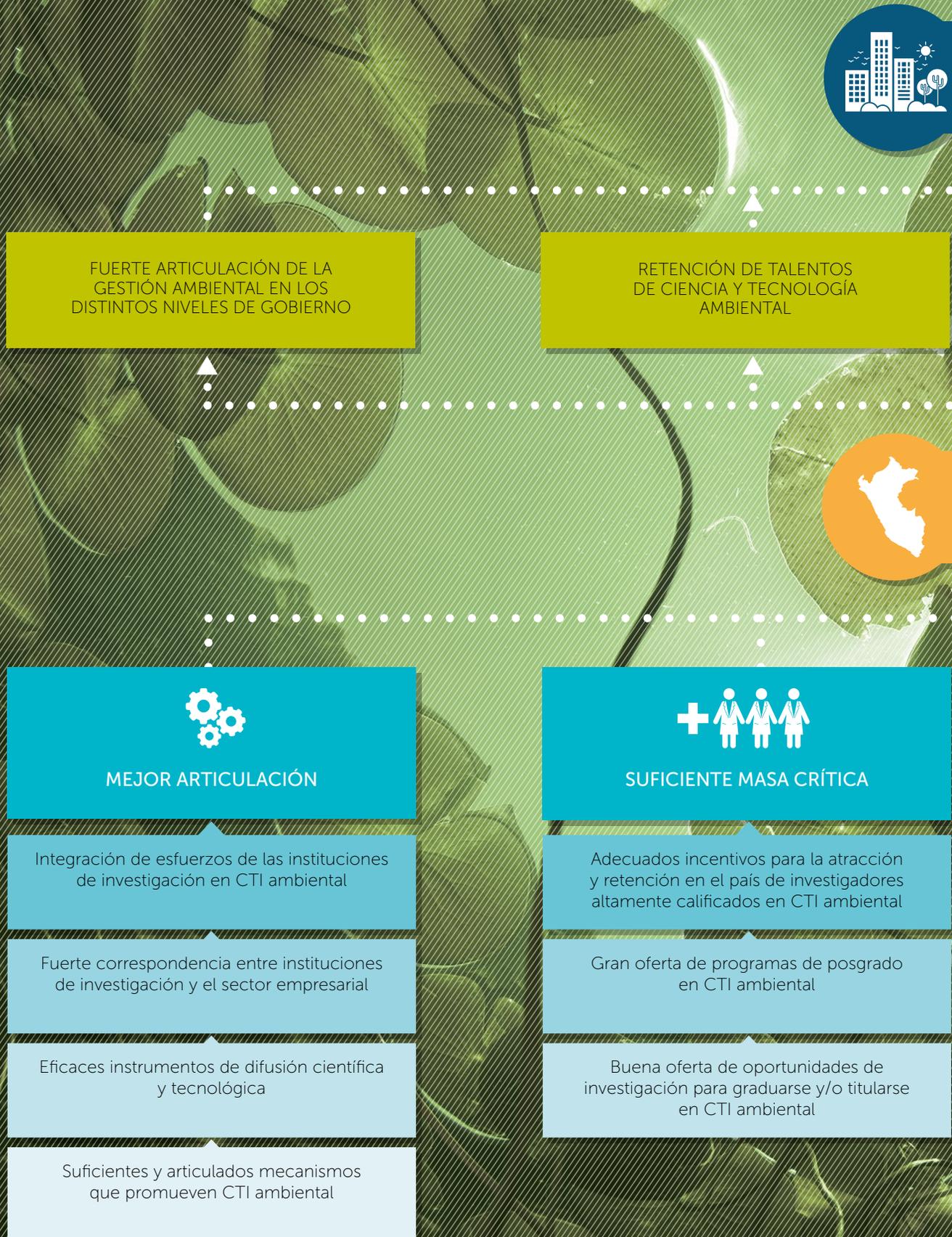
## DEL PROGRAMA

---

El fin del Programa Cintya, su propósito u objetivo central y los medios agrupados en objetivos específicos o componentes, están definidos con base en el problema principal, sus causas y efectos. El fin del Programa Cintya, por tanto, es **incrementar la capacidad de respuesta ante los desafíos ambientales en el ámbito social, económico y ecosistémico** que afronta el país. Esto se puede conseguir con el fortalecimiento de la articulación de la gestión ambiental a distintos niveles de gobierno. El Programa Cintya debe promover, además, la retención de talentos mediante el reconocimiento del papel del investigador y mejoramiento de las condiciones de investigación en CTI ambiental. Este enfoque permitirá mejorar la cantidad de publicaciones y producciones científicas y tecnológicas, los estándares ambientales, y el uso de los recursos naturales.

El propósito u objetivo general del Programa Cintya es hacer fuerte y eficaz al SINACYT para afrontar los desafíos ambientales. En este contexto, se requiere aún de mayor conocimiento científico y tecnológico que respondan a las necesidades del país ante estos desafíos. Para alcanzar este propósito, se han identificado cuatro componentes u objetivos específicos como lo muestra el siguiente árbol de objetivos (Figura 8):

Figura 8. Árbol de objetivos de la ciencia, tecnología e innovación tecnológica ambiental



## SUFICIENTE CAPACIDAD DE RESPUESTA ANTE LOS DESAFÍOS AMBIENTALES A NIVEL SOCIAL, ECONÓMICO Y ECOSISTÉMICO

GRAN NÚMERO DE PUBLICACIONES CIENTÍFICAS EN MATERIA AMBIENTAL

SUFICIENTES ESTÁNDARES AMBIENTALES ADECUADOS A LA REALIDAD NACIONAL

ADECUADO MANEJO DE RECURSOS NATURALES

## FUERTE Y EFICAZ SISTEMA NACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA FRENTE A LOS DESAFÍOS AMBIENTALES



### ABUNDANTE INVESTIGACIÓN DE CALIDAD

Abundante investigación científica ambiental disciplinaria e interdisciplinaria que responde a las necesidades nacionales y al conocimiento global

Numerosas actividades de innovación tecnológica ambiental

Adecuado emprendimiento científico por parte del gobierno para la promoción de investigación de frontera en CTI ambiental



### ADECUADA INFRAESTRUCTURA

Buena infraestructura y equipamiento para investigación en CTI ambiental

Centros y laboratorios de investigación en CTI ambiental se ajustan a normas de calidad

## ARTICULAR A LOS ACTORES PÚBLICOS Y PRIVADOS INVOLUCRADOS EN CTI AMBIENTAL

Este objetivo busca promover la articulación entre los diferentes actores públicos y privados relacionados con el área ambiental. Ello implica medios que se deben alcanzar para asegurar un sistema de CTI mejor integrado y sostenible en el tiempo. Para alcanzar este objetivo se establecen los siguientes medios:

- Integrar esfuerzos de las instituciones de investigación en CTI ambiental, identificando vacíos, oportunidades y prioridades dentro de esta área, e incentivando la colaboración entre instituciones.
- Fortalecer la correspondencia entre instituciones de investigación y el sector empresarial, identificando intereses comunes, y promoviendo la cooperación y el mutuo entendimiento.
- Contar con instrumentos eficaces de difusión científica y tecnológica, mejorando la difusión de las actividades y nuevos descubrimientos en CTI ambiental.
- Propiciar que se generen suficientes y articulados mecanismos que promuevan CTI ambiental, posibilitando a través del Programa Cintya la sinergia entre los instrumentos de gestión de CTI a escala nacional.

## AUMENTAR LA MASA CRÍTICA DE INVESTIGADORES ALTAMENTE CALIFICADOS QUE DESARROLLEN CTI AMBIENTAL DE CALIDAD

Este objetivo plantea incrementar la masa crítica de investigadores altamente calificados en CTI ambiental. Sin duda, una mayor cantidad de científicos y tecnólogos altamente calificados permitirá que se emprendan nuevos y mayores proyectos de investigación en el área ambiental. Los medios para lograr este objetivo son los siguientes:

- Promover y propiciar la generación de adecuados incentivos para la atracción y retención en el país de investigadores altamente calificados, mejorando las subvenciones para investigadores que se encuentran en el país, promoviendo el retorno de investigadores peruanos y atrayendo especialistas en CTI ambiental de cualquier nacionalidad.
- Incrementar la oferta de programas de posgrado en CTI ambiental, y promocionar programas de maestrías y doctorados en el área ambiental en universidades peruanas y la subvención de estudios de posgrado en el Perú y el extranjero.

- Mejorar la oferta de oportunidades de investigación para graduarse o titularse en CTI ambiental, incentivando proyectos de tesis y la inclusión de tesis dentro de proyectos de investigación.

## INCREMENTAR LA INVESTIGACIÓN DE CALIDAD EN CTI AMBIENTAL QUE RESPONDA A LOS DESAFÍOS AMBIENTALES NACIONALES Y AL CONOCIMIENTO GLOBAL

La investigación de calidad en CTI ambiental deberá responder a las necesidades en la temática ambiental del país y al conocimiento global. Esto implicará el incremento de publicaciones indizadas en el área ambiental que, si bien se ha incrementado en los últimos años, aún se encuentra muy por debajo al comparar al Perú con los países de la región y otros con PBI similar (Figuras 9 y 10). Los medios para lograr este objetivo son:

- Impulsar la investigación científica ambiental disciplinaria e interdisciplinaria que responda a las necesidades nacionales y al conocimiento global, identificando las prioridades de investigación e inversión en CTI ambiental.
- Incrementar las actividades de innovación tecnológica ambiental, promoviendo la colaboración entre la empresa y las instituciones de investigación.
- Adecuar el emprendimiento científico por parte del gobierno, para el desarrollo de investigación de frontera en CTI ambiental, promocionando temas y metodologías nuevas para dar soluciones creativas a nuevos desafíos ambientales.

## INCREMENTAR Y MEJORAR LA INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO DE LOS CENTROS Y LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN EN CTI AMBIENTAL

La dotación de laboratorios, bibliotecas, plantas piloto y estaciones para las actividades científicas y tecnológicas en universidades e institutos de investigación debe ser completa y actualizada. Los medios para alcanzar este objetivo son:

- Aumentar las subvenciones para la mejora de las instalaciones y adquisición de equipos de última generación para la investigación en CTI ambiental.
- Elevar el nivel de calidad de los centros y laboratorios de investigación en CTI ambiental, promoviendo la mejora en la calidad de la información y datos.

# 08

## COMPROMISOS INSTITUCIONALES

El Programa Cintya expresa el compromiso de los actores vinculados con la temática para implementar acciones conducentes al logro de los objetivos y metas establecidos. Expresa igualmente la voluntad de unir esfuerzos académicos, sectoriales y empresariales, así como financieros y de gestión en el periodo establecido, para la implementación del Programa Cintya.

Específicamente, el compromiso de los actores está orientado a lo siguiente:

- **Universidades.** Se encargarán de desarrollar proyectos de investigación básica y aplicada disciplinaria y multidisciplinaria e innovación tecnológica, con la finalidad de desarrollar, adaptar y transferir conocimiento y tecnologías. Asimismo, desarrollarán programas específicos de formación de capacidades a nivel de pre- y posgrado. Además, promoverán la formación de profesionales con la obtención de grados y títulos.
- **Institutos de investigación.** Se encargarán de desarrollar proyectos de investigación básica y aplicada disciplinaria y multidisciplinaria e innovación tecnológica, vinculando las metas del Programa Cintya con las políticas de sus respectivos sectores. Asimismo, coadyuvarán en el proceso de formación de capacidades a nivel de pre- y posgrado proveniente de las universidades.
- **Empresas.** Se encargarán de vincularse con el sector académico y otros sectores, de forma que se utilicen los conocimientos y tecnologías generados para desarrollar innovaciones de proceso y producto con el fin elevar la competitividad.
- **Sectores.** Respecto a la política y normativa establecida, promoverán proyectos de alcance nacional con la participación de la academia e institutos de investigación para promover el incremento de los indicadores de CTI en aras de utilizar el conocimiento en ciencia y tecnología como base de las políticas y normas diseñadas.

El Perú enfrenta un conjunto de retos ambientales, y estos retos están asociados a problemas globales y problemas locales. Frente a esa realidad del Perú hay que tener en cuenta que la ciencia, la innovación y la tecnología vinculado a lo ambiental juega un rol central; por lo tanto, este programa de CONCYTEC -Cintya-, que es ciencia, innovación y tecnología ambiental, realmente calza con lo que son las prioridades del país. Cuando pensamos en el desarrollo del Perú, cuando pensamos en el futuro del Perú, los recursos naturales, los ecosistemas, el manejo de riesgos, la resiliencia y la adaptación frente al cambio climático, la mitigación del cambio climático, la mejora de la calidad del agua, del aire y del suelo, son objetivos no solamente de este Ministerio, son en realidad objetivos país y objetivos cuyo cumplimiento nos llevarán y nos orientarán hacia el desarrollo que todos esperamos. La unidad entre ciencia y política es fundamental. Cuando en el año 92 el mundo adoptó la Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, lo hizo respaldado en la ciencia. La ciencia tiene un reto para calzar con la política, y es que su mensaje tiene que llegar de manera simple, de manera clara, para que los decisores puedan tomar decisiones con una información adecuada, sabiendo que hay que actuar hoy para evitar las consecuencias del mañana. Es por ello que la asociación entre ciencia y política es fundamental. Felicito el hecho que este trabajo haya sido un trabajo tan participativo, y que tengamos un programa cuyos resultados los veremos en el mediano y largo plazo, pero que desde ya sabemos que serán absolutamente beneficiosos.

**Manuel Pulgar Vidal**

Ministro del Ambiente