

PROGRAMA NACIONAL
TRANSVERSAL DE
CIENCIA Y TECNOLOGÍA
AMBIENTAL

2016 – 2021



Programas de Ciencia,
Tecnología e Innovación

PROGRAMA NACIONAL
TRANSVERSAL DE
CIENCIA Y TECNOLOGÍA
AMBIENTAL

2016 – 2021



Programas de Ciencia,
Tecnología e Innovación



RESOLUCIÓN DE PRESIDENCIA N° 071-2016-CONCYTEC-P

Lima, 12 MAYO 2016

VISTA: El Acta de Sesión Ordinaria N° 53 de fecha 09 de febrero de 2016, del Consejo Directivo del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica, y,

CONSIDERANDO:

Que, el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica – CONCYTEC, es el organismo rector del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica – SINACYT, adscrito a la Presidencia del Consejo de Ministros, con personalidad jurídica de derecho público interno y autonomía científica, administrativa, económica y financiera, que tiene como misión normar, dirigir, orientar, fomentar, coordinar, supervisar y evaluar las acciones del Estado en el ámbito de la Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica, conforme a lo establecido en la Ley N° 28613, Ley del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica y en los Decretos Supremos N° 058-2011-PCM y N° 067-2012-PCM;

Que, el Literal j) del Artículo 11 del Texto Único Ordenado de la Ley N° 28303, Ley Marco de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica, aprobado por Decreto Supremo N° 032-2007-ED, dispone que es función del CONCYTEC aprobar los Programas Nacionales de CTI y compatibilizar los programas regionales y especiales de CTI con ellos;

Que, el Literal c) del Artículo 11 del Reglamento del Texto Único Ordenado de la Ley N° 28303, Ley Marco de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica, aprobado por Decreto Supremo N° 020-2010-ED (en adelante el Reglamento), establece que el CONCYTEC en su calidad de Órgano Rector del SINACYT, coordina con la institución responsable de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica, la formulación de la propuesta de Programa Nacional de CTI y su implementación;

Que, el Artículo 26 del Reglamento, regula que los programas nacionales de CTI son los instrumentos de gestión y articulación de los planes nacionales de CTI que responden a las prioridades establecidas por éstos. Agrupa actividades y proyectos que persiguen objetivos y metas comunes, asimismo dispone que la formulación de los programas de CTI está a cargo de acuerdo a su competencia de las entidades del sector público, relacionadas con el tema del programa de CTI;

Que, el Acápite V "Gestión del PNCTI y Articulación con los Programas Prioritarios", del Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica para la Competitividad y el Desarrollo Humano 2006 - 2021, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2006-ED, señala que el CONCYTEC y los organismos del SINACYT vienen promoviendo la interacción entre los sectores privados, público y académico y están contribuyendo a la elaboración de los programas nacionales de CTI, entre otros. Asimismo, establece que los Programas Nacionales, pueden ser sectoriales o transversales. Los Programas Transversales corresponden a las áreas de especialización científica tecnológica útiles en varios campos de intervención de los programas sectoriales;

Que, el Literal e) del citado Acápite V, identifica a los Programas Nacionales Transversales para la implementación del Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Competitividad y el Desarrollo Humano 2006-2021, entre ellos, el Programa Nacional Transversal de Ciencia y Tecnología Ambiental;

Que, el Numeral 5.1.3 de la Directiva N° 003-2015-CONCYTEC/DPP "Directiva para la Formulación, Aprobación, Gestión, Seguimiento, Monitoreo y Evaluación de los Programas Nacionales Transversales de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica", aprobada por Resolución de Presidencia N° 107-2015-CONCYTEC-P, señala que el Comité de Formulación del Programa Nacional Transversal de CTI se constituirá mediante Resolución de Presidencia del CONCYTEC en base a la propuesta que presente la Dirección de Políticas y Programas de CTI. Asimismo, dispone que el Comité estará conformado por: (i) El Responsable del Programa Nacional Transversal de CTI del CONCYTEC; (ii) Representantes de los sectores a cuya competencia le corresponde la especialización científico-tecnológica del Programa; (iii) Representantes del sector académico; y, (iv) Representantes del sector privado;

Que, mediante Resolución de Presidencia N° 131-2015-CONCYTEC-P, de fecha 25 de setiembre de 2015, se constituyó el Comité de Formulación del Programa Nacional Transversal de Ciencia y Tecnología Ambiental;

Que, mediante Acta de fecha 5 de febrero de 2016, el Comité de Formulación del Programa Nacional Transversal de Ciencia y Tecnología Ambiental, remite el referido documento, solicitando continuar con los trámites respectivos para su aprobación;

Que, mediante Informe Técnico N° 001-2016-CONCYTEC/DPP/SDCTT-ESE, de fecha 05 de febrero de 2016, la Responsable del Programa Nacional de CTI en Ciencia y Tecnología Ambiental, con la conformidad del Director de Políticas y Programas de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica, emite informe favorable respecto a la propuesta de Programa Nacional Transversal de Ciencia y Tecnología Ambiental, señalando que responde a dos grandes desafíos nacionales: (i) Ambiente sostenible y (ii) Salud y bienestar social, precisando además que permitirá el fortalecimiento del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (SINACYT), para afrontar los desafíos ambientales y así mejorar la capacidad de respuesta ante estos desafíos a nivel social, económico y ecosistémico;

Que, mediante Informe Técnico N° 005-2016-CONCYTEC-OGPP, de fecha 6 de febrero de 2016, el Jefe (a) de la Oficina General de Planeamiento y Presupuesto emite opinión favorable en el marco de sus competencias, respecto del referido Programa Nacional Transversal;

Que, mediante Acta de Sesión Ordinaria N° 53 de fecha 9 de febrero de 2016, del Consejo Directivo del CONCYTEC, se acordó aprobar el Programa Nacional Transversal de Ciencia y Tecnología Ambiental;

Con la visación del Secretario General, del Director de la Dirección de Políticas y Programas de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica, del Jefe (a) de la Oficina General de Planeamiento y Presupuesto y de la Jefa (a) de la Oficina General de Asesoría Jurídica, y,

De conformidad con lo dispuesto en el Decreto Supremo N° 026-2014-PCM, que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del CONCYTEC, y en la Directiva N° 003-2015-CONCYTEC/DPP "Directiva para la Formulación, Aprobación, Gestión, Seguimiento, Monitoreo y Evaluación de los Programas Nacionales Transversales de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica", aprobada por Resolución de Presidencia N° 107-2015-CONCYTEC-P;

SE RESUELVE:

Artículo 1.- Formalizar la aprobación del Programa Nacional Transversal de Ciencia y Tecnología Ambiental, que en Anexo forma parte integrante de la presente Resolución.

Artículo 2.- Encargar al Responsable del Portal de Transparencia del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica – CONCYTEC, la publicación de la presente

Regístrese y comuníquese.

Olivia Orjeda, PhD
Presidenta
Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica
CONCYTEC



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 Solis Iparraguirre
Representante del INDECOPÍ

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

PRESENTACIÓN

Gisella Orjeda Fernández, Ph.D.
Presidente del CONCYTEC



Para un país como el Perú, que busca consolidar su desarrollo y el bienestar de la gente; impulsar la ciencia, la tecnología y la innovación tecnológica constituye su principal desafío. Conducir al país hacia una economía del conocimiento es nuestro principal objetivo.

Desde el CONCYTEC, y con una mirada nacional y de futuro, presentamos el Programa Nacional Transversal de Ciencia y Tecnología Ambiental – **Cintya**, instrumento de gestión para impulsar la ciencia y tecnología ambiental que permitirá producir respuestas en las áreas temáticas y líneas de investigación prioritarias que son necesarias para nuestro desarrollo sostenible y responsable.

Los Programas Nacionales gestionan, supervisan y promueven las actividades de CTI, involucrando a todos los actores, tanto del sector público, privado y de la academia. Son pieza clave para lograr una estructura diversificada, competitiva, sostenible y con alto valor agregado y productividad en el Perú.

Los países no producen lo que necesitan sino lo que pueden. La calidad de vida de las personas y su bienestar depende en gran medida de dicha capacidad para producir tales bienes y servicios. Todo ello debe además responder al desafío del cuidado de nuestro planeta. El ambiente como fuente de recursos naturales y materia prima, debe considerar la participación de la sociedad en general, academia, empresas y gobierno, con miras al desarrollo sostenible, generando

conocimiento científico en acciones de recuperación y equilibrio ecosistémico para que generaciones actuales y futuras disfruten de nuestro patrimonio ambiental.

El Perú asume con responsabilidad el desafío del crecimiento sustentable en armonía con el ambiente; CONCYTEC, a través de la ciencia y la tecnología, acompaña al ente rector ambiental en esa responsabilidad. Por su ubicación, geografía y mar territorial, así como por su alta diversidad biológica, variabilidad climática y topográfica, puede aprovechar los diversos recursos naturales y servicios ecosistémicos; sin embargo, es al mismo tiempo, vulnerable a diversos fenómenos naturales y antropogénicos que afectan los ecosistemas, la sociedad y la economía. Desde esas coordenadas **Cintya** ha identificado cuatro áreas temáticas: i) variabilidad climática y cambio climático, ii) calidad ambiental, iii) ecosistemas y recursos naturales, y iv) gestión de riesgos, las que deben orientar las investigaciones científicas y tecnológicas en materia ambiental de nuestro país, con el objetivo de mejorar nuestra capacidad de respuesta frente a los desafíos ambientales.

Cintya es el resultado de un proceso participativo de planificación democrática, liderado por CONCYTEC, a nivel nacional, y con la participación de entidades privadas, públicas, academia y sociedad civil reunidos en mesas de trabajo. Gracias al Comité de Formulación, hemos contado con los aportes de representantes del sector público, empresas privadas, sectores vinculados a la temática y academia nacional e internacional. Con ellos, hemos diseñado y aprobado cada paso del proceso, así como los contenidos del Programa. Gracias a los Comités Científicos hemos podido contrastar y mejorar la información que sustenta al contenido del Programa. Por ello, estas líneas sirven también para reconocer el esfuerzo y trabajo de los representantes, académicos y científicos que participaron en los Comités.

Cintya es el resultado de un proceso participativo de planificación democrática, liderado por CONCYTEC, con la participación de más de 300 representantes de la comunidad peruana relacionados con ciencia y tecnología.

El Programa Nacional **Cintya** ha sido reconocido por el Ministerio del Ambiente como un instrumento fundamental para alcanzar los objetivos del país en la temática ambiental. **Cintya** promueve la articulación, incentiva la formación, retención y atracción de investigadores, fomenta las publicaciones científicas y apoya al equipamiento de los centros y laboratorios de investigación en materia ambiental. Este ambicioso programa, **Cintya** -que hoy presentamos a la sociedad-, nos permitirá contar con un sistema de ciencia, tecnología e innovación fuerte y eficaz para aprovechar cada una de las oportunidades que por su posición privilegiada el Perú tiene; y para enfrentar responsablemente los desafíos ambientales de nuestro país.

La visión: Un Perú con crecimiento económico y con ciencia y tecnología, en donde la sustentabilidad ambiental no sea una carga, sino una oportunidad de generar empleo, valor agregado y, en consecuencia, desarrollo. Para CONCYTEC, crecimiento económico y sustentabilidad no son dos quehaceres antagónicos sino todo lo contrario: deben ir juntos y complementarse en bien de todos.



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 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

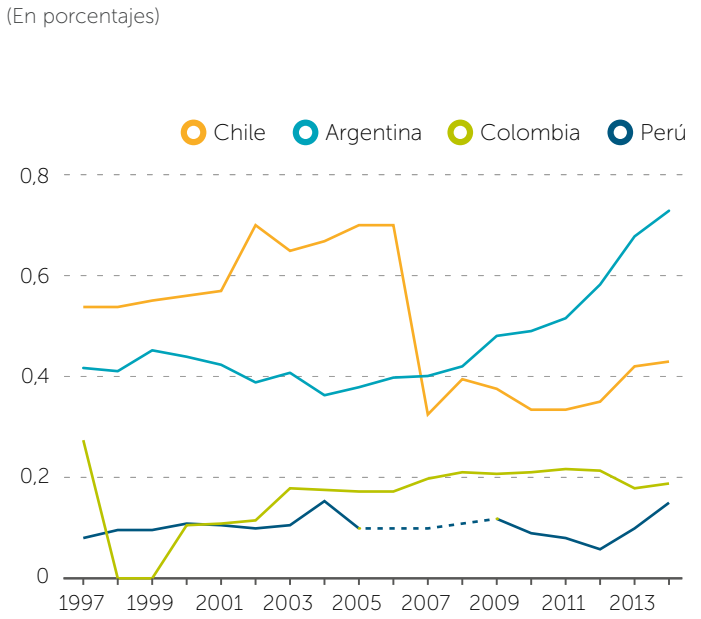
2.1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Los problemas ambientales que afronta el Perú son muy complejos, incluyendo tanto eventos climáticos y geológicos naturales extremos como 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).

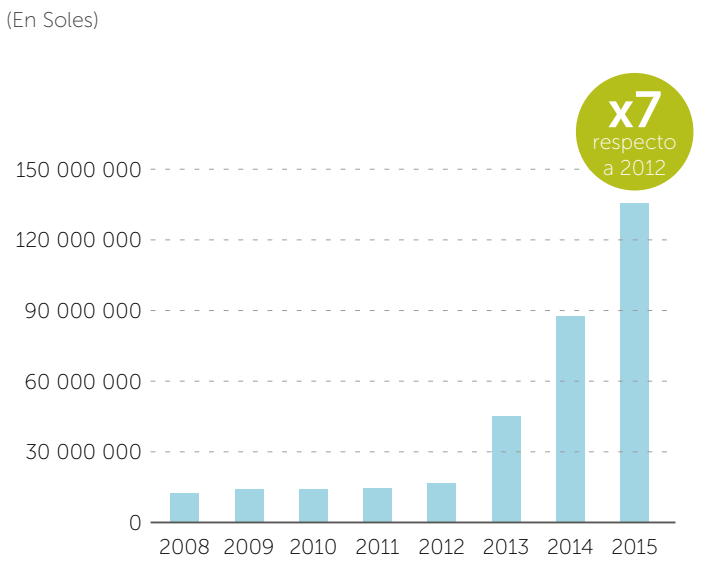
Figura 1. INVERSIÓN NACIONAL EN I+D

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



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

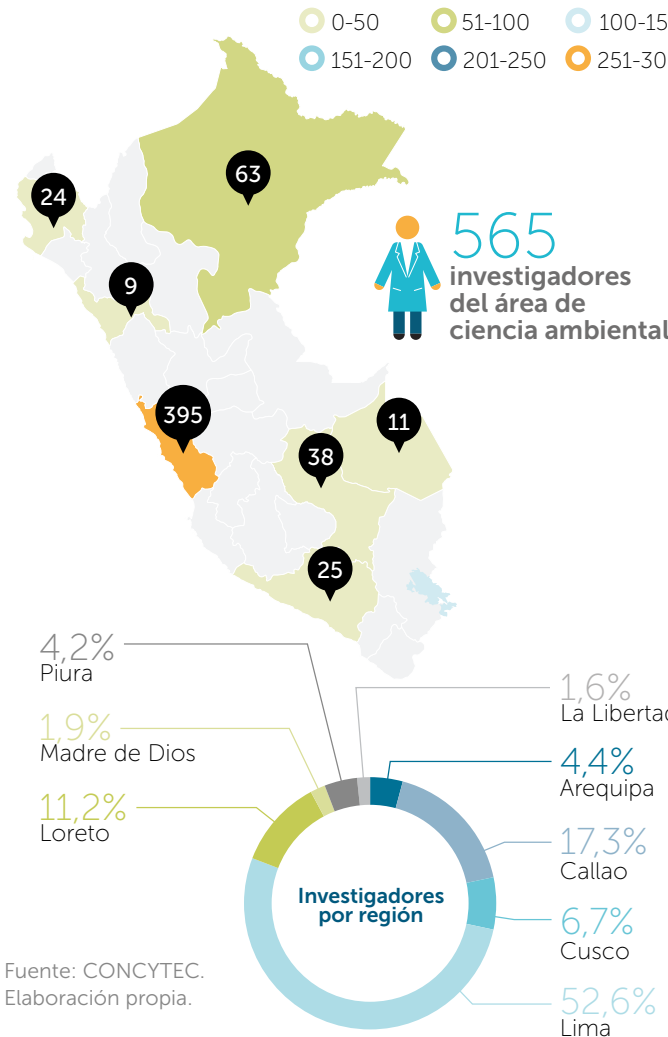
Figura 1b. Evolución del presupuesto del CONCYTEC en los últimos ocho años



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
TOTAL	3 168	96	194

* 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

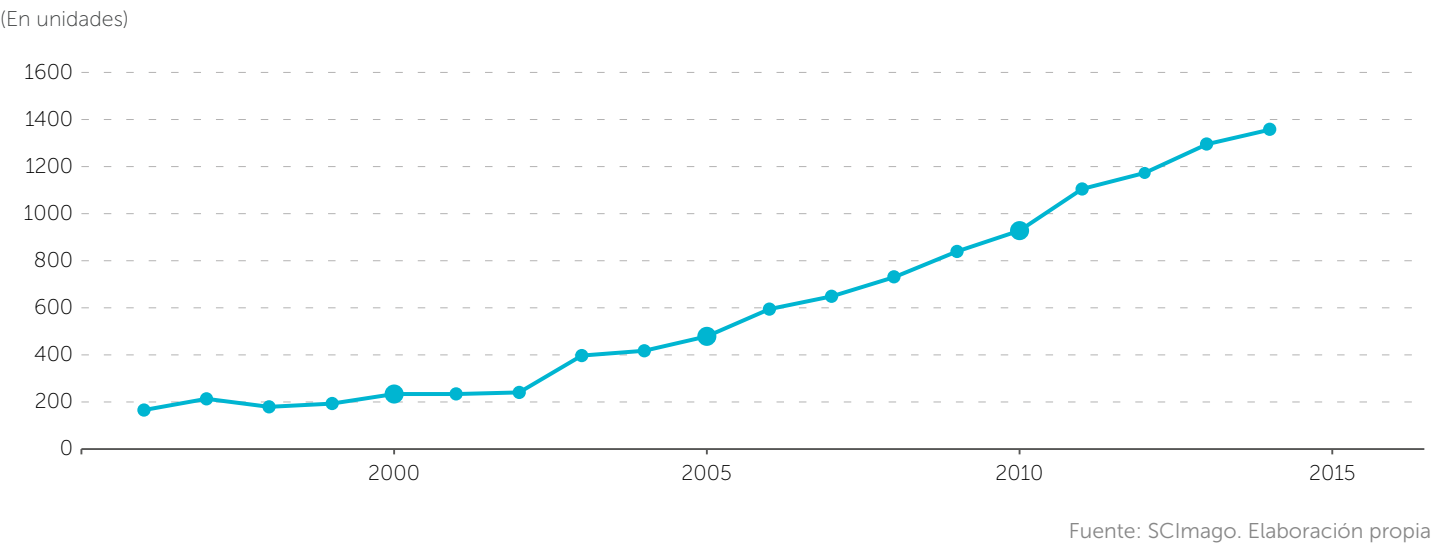


Figura 3b. Publicaciones científicas con afiliación peruana en revistas indizadas en relación con el total publicado en la región

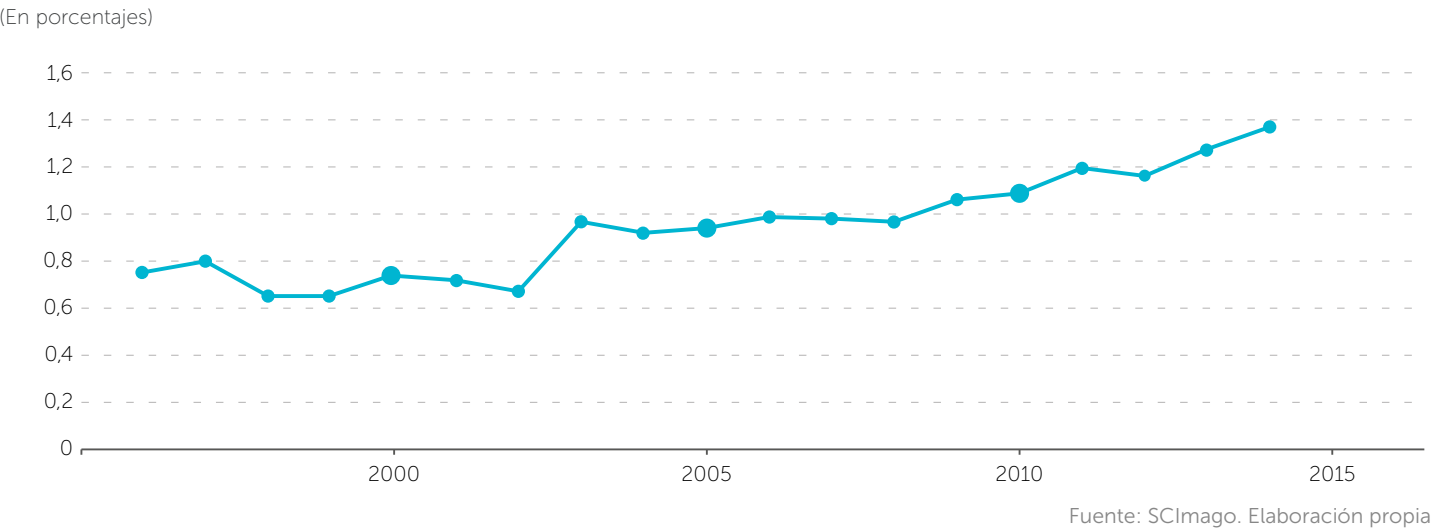
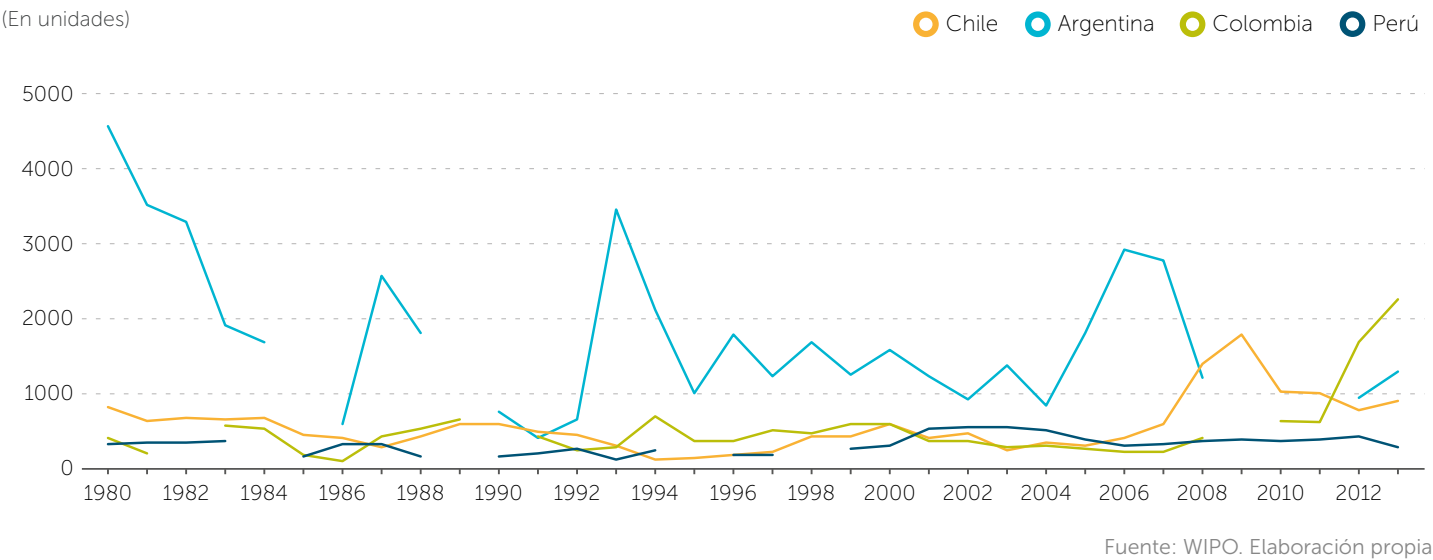


Figura 4. Cantidad de patentes concedidas en el Perú y en países de la región



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

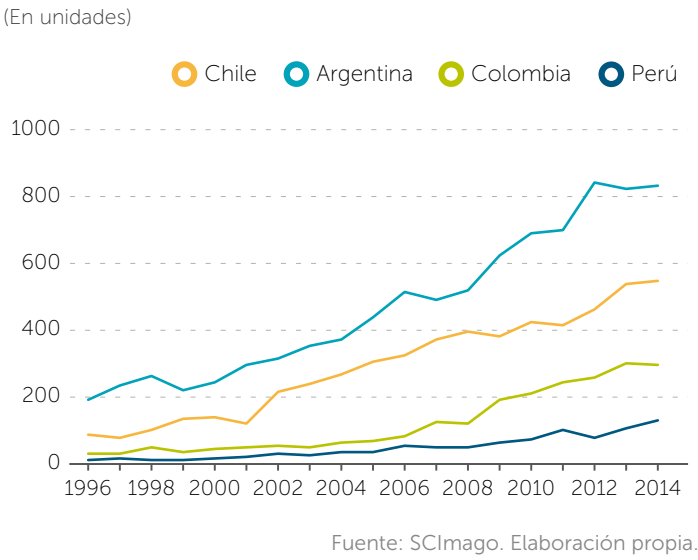
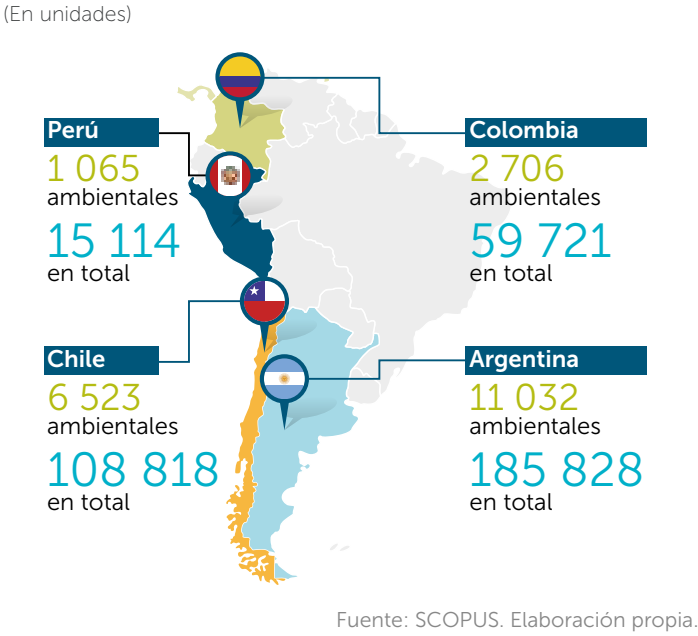


Figura 5b. Cantidad de publicaciones totales y en ciencia ambiental hasta 2015



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

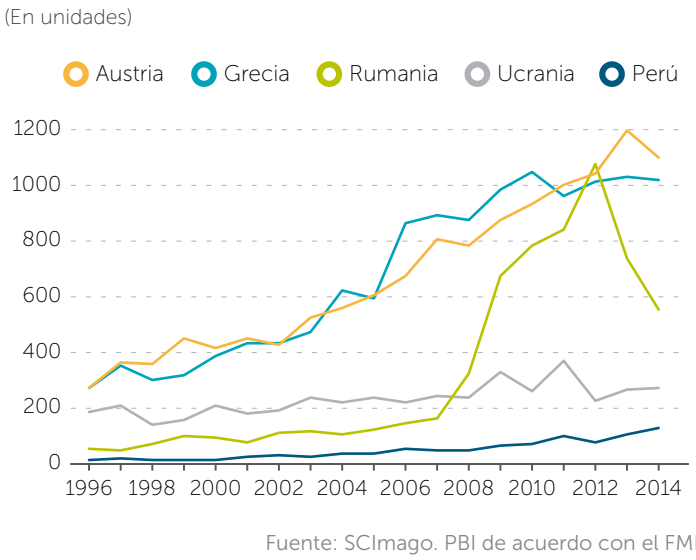
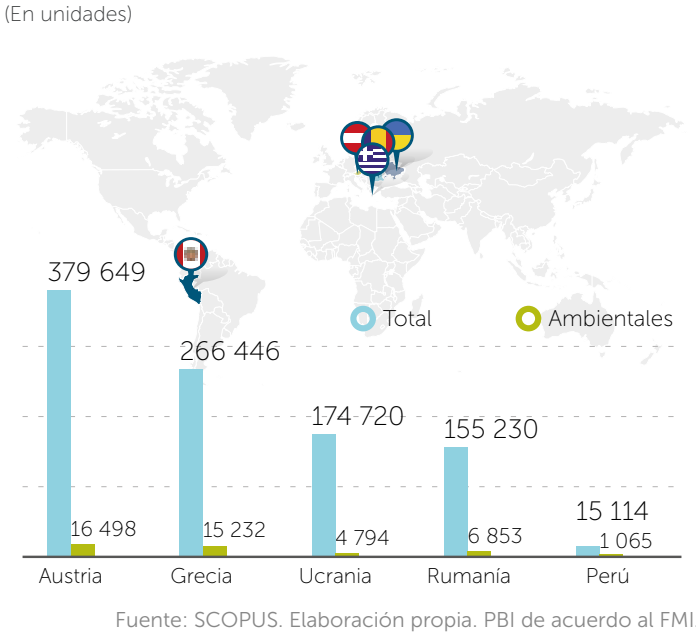


Figura 6b. Cantidad de publicaciones totales y en ciencia ambiental hasta 2015



similar PBI, donde el Perú se encuentra muy por debajo de lo publicado por los otros países, como Ucrania, Rumania 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

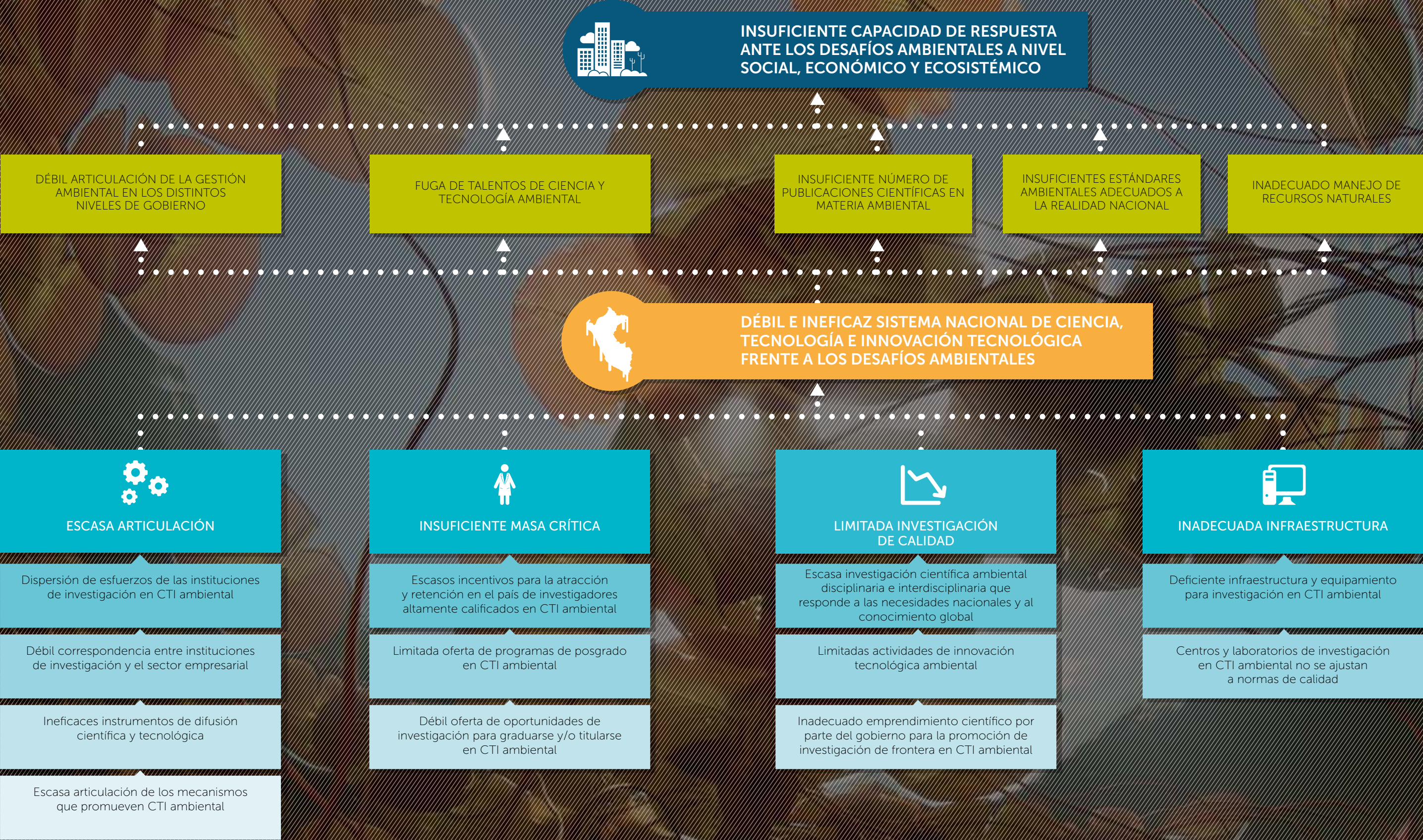
La problemática de la ciencia y tecnología ambiental en nuestro país necesita ser gestionada con efectividad y eficiencia. Es prioritario fortalecer los indicadores de CTI, relacionados con la investigación, la masa crítica, la infraestructura y la sinergia institucional, de modo que logremos atender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





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
Escenarios climáticos futuros y sus potenciales impactos	Remediación y recuperación de ambientes degradados	Ecosistemas y servicios ecosistémicos	Sismos, actividad volcánica y fenómenos asociados
Dinámica de la criósfera	Bioacumulación y biomagnificación	Manejo sostenible de recursos biológicos	Eventos extremos climáticos e hidrológicos
Variabilidad climática, cambio climático reciente y paleoclimas	Calidad ambiental y salud humana	Recursos hídricos, energéticos, geológicos y edáficos	Erosión, transporte de sedimentos y movimientos en masa
Adaptación	Niveles de contaminación ambiental	Investigaciones antárticas	Sistemas de alerta temprana
Mitigación	Manejo de residuos		Eventos geoespaciales

El Programa Cintya identifica áreas temáticas y líneas de investigación que son importantes para el país, considerando un enfoque biológico, socioeconómico y/o físico ambiental. 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; Brien *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 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 período 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.

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.

- **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; Diringer *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 µm, respectivamente, por

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 utilicen 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 treintatres 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 treintatres) 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 generan 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 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 Amazonia, 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; Brien *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, disseminación 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; disseminación 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

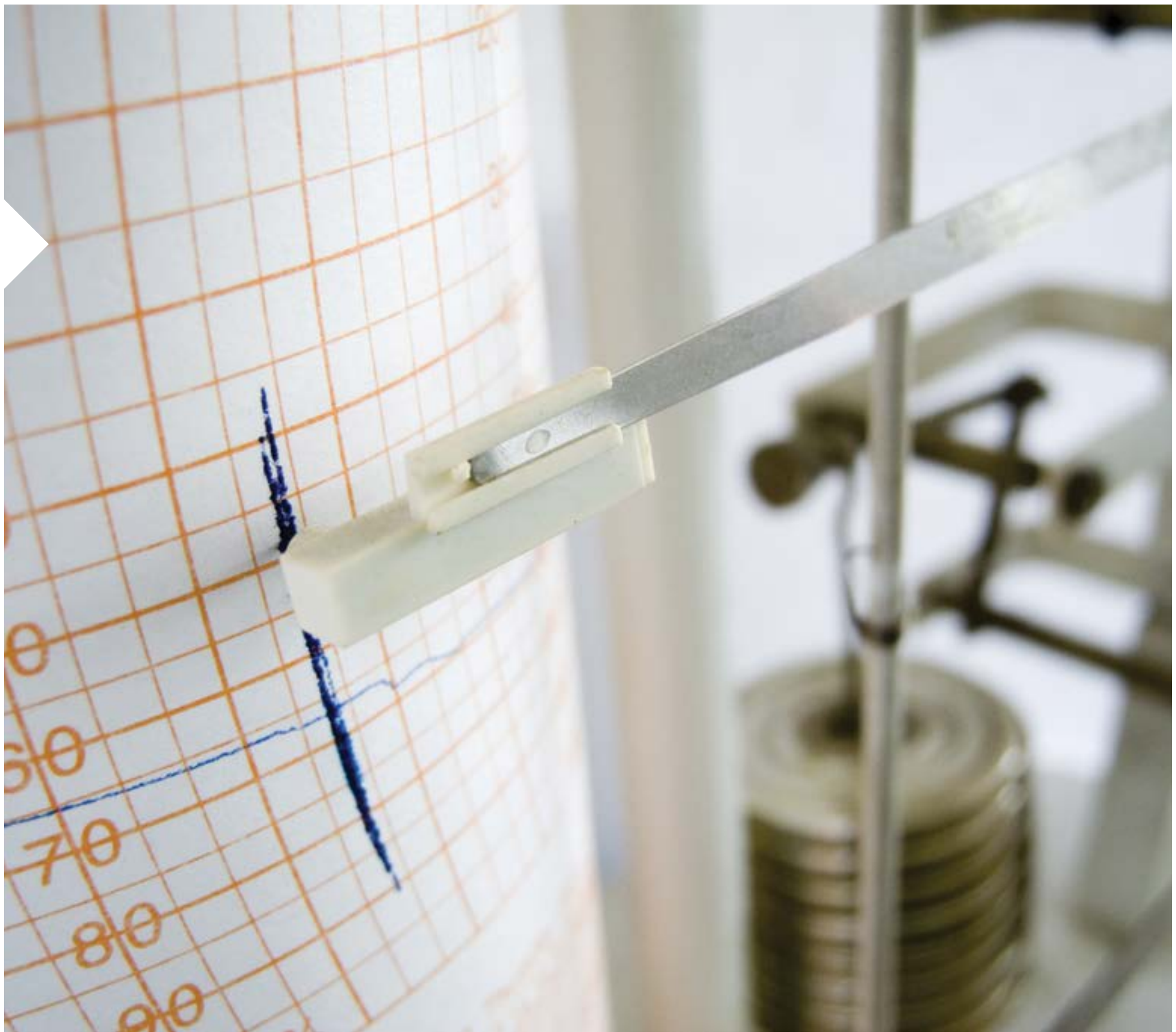


El seguimiento y estudio de eventos y fenómenos geoespaciales son necesarios para la prevención y mitigación de posibles fallas en nuestros sistemas tecnológicos

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.



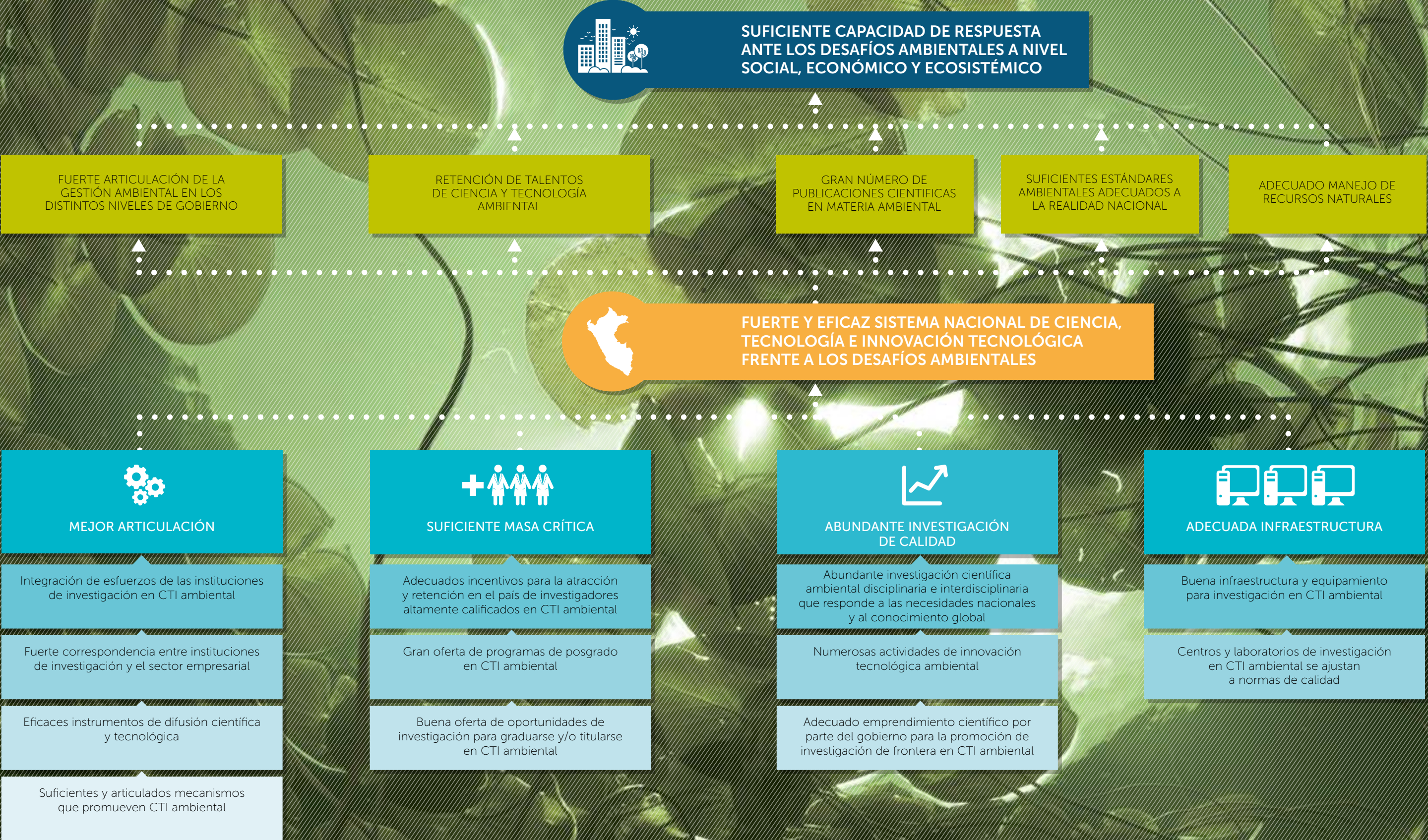
05

OBJETIVOS DEL PROGRAMA

El fin del Programa Cintya, es decir, 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



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.

06 ACTIVIDADES, METAS E INDICADORES

Las actividades, metas e indicadores del Programa Cintya se establecen considerando tres aspectos: los desafíos nacionales del CONCYTEC, las causas identificadas en el árbol de problemas y el propósito identificado en el árbol de objetivos, que se articulan a los ejes de la Política Nacional del Ambiente. Estas actividades, metas e indicadores del Programa Cintya están estructurados en una matriz de marco lógico que se presenta en la tabla 3.

Tabla 3. Matriz de marco lógico para cada alternativa identificada en atención al árbol de problemas de CTI ambiental

Jerarquía de objetivos	Indicadores	Fuentes	Supuestos
FIN			
Incremento de la capacidad de respuesta ante los desafíos ambientales en los ámbitos social, productivo y ecosistémico	Cantidad de tecnologías de prevención, mitigación y adaptación a desafíos ambientales	Información oficial Estadísticas del INEI	Gobiernos nacional y subnacionales priorizan apoyo a actividades I+D+i Entiéndase por tecnología al <i>software</i>, investigación, métodos, técnicas, procedimientos, protocolos, etcétera.
PROPÓSITO			
Sistema nacional de CTI fortalecido y eficaz ante los desafíos ambientales	Cantidad de investigaciones ambientales lideradas por investigadores del SINACYT	Información INEI-MINAM CONCYTEC	Estabilidad macroeconómica
RESULTADOS / COMPONENTES			
1. Mejor articulación entre actores públicos y privados involucrados en la temática ambiental	- Cantidad de círculos de investigación del área ambiental - Cantidad de proyectos de investigación interinstitucionales - Cantidad de publicaciones científicas en CTI ambiental en el Perú % de bases de datos institucionales sobre investigaciones ambientales integradas	Registros CONCYTEC y FONDECYT	Compromisos asumidos por sectores, academia, institutos públicos de investigación (IPI) y empresas para la implementación de Cintya
		ALICIA/SINIA	
2. Mayor masa crítica de investigadores altamente calificados que desarrollen CTI ambiental de calidad	- Cantidad de investigadores del cuerpo de investigadores en CTI ambiental - Cantidad de investigadores altamente calificados del SINACYT residentes en el Perú	REGINA	Normativa política y leyes que permitan la creación del Cuerpo Nacional de Investigadores del Perú
		Información del CONCYTEC y MINAM	Inversión en masa crítica nacional de investigadores altamente calificados
	Cantidad de subvenciones para estudios de posgrado en CTI ambiental	Información del CONCYTEC	Mantenimiento de reformas en educación básica y superior
	Cantidad de doctores en CTI ambiental graduados	Estadísticas INEI/SUNEDU	
3. Mayor investigación de calidad en CTI ambiental que responda a los desafíos ambientales nacionales y al conocimiento global	- Cantidad de publicaciones científicas en revistas indizadas - Cantidad de proyectos de investigación en CTI ambiental	Registros del CONCYTEC	Creciente inversión en proyectos de CTI ambiental
		Bases de datos Scopus, Web of Science, MEDLINE y Scielo	Mayor participación y compromiso de empresas
	Cantidad de nuevas patentes, diseños industriales o modelos de utilidad adjudicados a inventores nacionales relacionados con el área ambiental	Registros INDECOPI	
4. Mejor infraestructura y equipamiento de los centros y laboratorios de investigación en CTI ambiental	Cantidad de centros y laboratorios de investigación en CTI ambiental con equipamiento de última generación e infraestructura adecuada	Registros CONCYTEC, INACAL e INDECOPI	Investigadores interesados en trabajar en instituciones peruanas Inversión en infraestructura y equipamiento en el ámbito nacional

Es importante resaltar que los procesos de gestión deben establecer metas en el corto y mediano plazos para el Programa Cintya, para así alcanzar los objetivos planteados en aras de dar solución a los problemas identificados en CTI ambiental, tomando como referencia la línea de base actual. Estas metas se presentan a continuación:

Jerarquía de objetivos	Indicadores	Línea base 2015	Meta 2016-2018	Meta 2019-2021
1. Mejor articulación entre actores públicos y privados involucrados en la temática ambiental	Cantidad de círculos de investigación del área ambiental	0	3	8
	Cantidad de proyectos interinstitucionales	0	25	50
2. Mayor masa crítica de investigadores altamente calificados que desarrollen CTI ambiental de calidad	Cantidad de investigadores de CTI ambiental que pertenece al Cuerpo Nacional de Investigadores del Perú	0	100	250
	Cantidad de investigadores posdoctorales (peruanos o extranjeros) subvencionados para laborar en universidades peruanas	0	100	200
	Cantidad de programas de posgrado en CTI ambiental	0	8	12
	Cantidad de graduados con becas nacionales para estudios de posgrado en CTI ambiental	0	80	120
	Cantidad de graduados con becas internacionales para estudios de posgrado en CTI ambiental	7	45	100
3. Mayor investigación de calidad en CTI ambiental que responde a los desafíos ambientales nacionales y al conocimiento global	Cantidad de publicaciones científicas en la temática ambiental en revistas indizadas	131	500	800
	Cantidad de publicaciones científicas de autores nacionales como autor corresponsal (<i>corresponding author</i>) en la temática ambiental en revistas indizadas	32	100	400
	Cantidad de proyectos de investigación científica en CTI ambiental	16	100	250
	Cantidad de nuevas patentes adjudicadas a inventores nacionales relacionados con el área ambiental	0	2	6
4. Mejor infraestructura y equipamiento de los centros y laboratorios de investigación en CTI ambiental	Cantidad de laboratorios y centros de investigación en CTI ambiental con equipamiento de última generación e infraestructura adecuada	5	10	15

Para que las metas planteadas se cumplan, es necesario establecer las actividades concretas por realizarse. En ese sentido, presentamos las actividades a ser implementadas en atención a los subcomponentes en cada componente del Programa Cintya:

Componente	Subcomponentes	Actividades	
ARTICULACIÓN			
1. Mejor articulación entre actores públicos y privados involucrados en la temática ambiental	1.1. Esfuerzos integrados de las instituciones de investigación en CTI ambiental	Reuniones de coordinación entre IPI, sectores y academia	
		Fortalecimiento de grupos de investigación en CTI ambiental (academia, IPI, sectores)	
		Promoción de proyectos de investigación en CTI ambiental multidisciplinarios	
	1.2. Fuerte correspondencia entre instituciones de investigación y el sector empresarial	Promoción de círculos de investigación con participación de la empresa	
		Promoción de proyectos de investigación para la competitividad	
		Promoción de proyectos de investigación aplicada de acuerdo con necesidades regionales y sectoriales	
	1.3. Eficaces instrumentos de difusión científica y tecnológica ambiental	Organización de eventos científicos y tecnológicos en el área ambiental	
		Organización de eventos de promoción a la innovación tecnológica ambiental	
1.4. Suficientes y articulados mecanismos que promuevan CTI ambiental	Reuniones de coordinación para sinergia entre documentos normativos		
	Elaboración de instrumentos que reflejen la sinergia de mecanismos que promuevan la CTI ambiental		
MASA CRÍTICA			
2. Mayor masa crítica de investigadores altamente calificados que desarrollen CTI ambiental de calidad	2.1. Adecuados incentivos para la atracción y retención de investigadores altamente calificados en CTI ambiental	Cuerpo Nacional de Investigadores del Perú	
		Subvenciones posdoctorales	
		Investigadores adjuntos	
	2.2. Gran oferta de programas de posgrado en CTI ambiental	Investigadores séniores	
		Movilización nacional e internacional en CTI ambiental	
		Incentivos para la publicación efectiva de artículos científicos en revistas indizadas	
	2.3. Buena oferta de oportunidades de investigación para graduarse o titularse en carreras de CTI ambiental	Fortalecimiento de programas de maestría	
		Fortalecimiento de programas de doctorado	
Becas de posgrado en universidades extranjeras			
3. Mayor investigación de calidad en CTI ambiental que responde a los desafíos ambientales nacionales y al conocimiento global	3.1. Mayor investigación científica ambiental disciplinaria e interdisciplinaria que responde a las necesidades nacionales y al conocimiento global	Subvenciones para proyectos de grados o títulos	
		Proyectos de investigación básica y aplicada	
		Proyectos de investigación ambiental interdisciplinaria —tecnologías de la información y comunicación (TIC), biotecnología, ciencias básicas y ciencias sociales—	
		Círculos de investigación en ciencia y tecnología ambiental (academia, empresa, IPI)	
	3.2. Numerosas actividades de innovación tecnológica ambiental	Proyectos en áreas prioritarias regionales multidisciplinarias	
		Ideas audaces en CTI	
	3.3. Adecuado emprendimiento por parte del gobierno para la promoción de investigación de frontera en CTI ambiental	Proyectos para investigación de frontera en CTI ambiental	
		INVESTIGACIÓN	
4. Mejor infraestructura y equipamiento de los centros y laboratorios de investigación en CTI ambiental	4.1. Buena infraestructura y equipamiento para investigación en CTI ambiental	Proyectos para investigación de frontera en CTI ambiental	
	4.2. Alto nivel de calidad de los centros y laboratorios de investigación en CTI ambiental		
	INFRAESTRUCTURA		
	4.1. Buena infraestructura y equipamiento para investigación en CTI ambiental	Equipamiento para la investigación científica ambiental	
	4.2. Alto nivel de calidad de los centros y laboratorios de investigación en CTI ambiental	Centros de excelencia en CTI ambiental	

07

FINANCIAMIENTO

El financiamiento del Programa Cintya es presentado tomando como referencia los costos actuales de los diversos instrumentos de financiamiento manejados por el FONDECYT.

Tabla 4. Financiamiento para el Programa Cintya. Todos los montos están en soles.

COMPONENTES/SUBCOMPONENTES (/ ALTERNATIVAS/ ACTIVIDADES)	LÍNEA BASE		AÑO 1		AÑO 2		AÑO 3		AÑO 4		AÑO 5		AÑO 6		TOTAL
	N°	S/.	N°	S/.	N°	S/.	N°	S/.	N°	S/.	N°	S/.	N°	S/.	
1. MEJOR ARTICULACIÓN ENTRE ACTORES PÚBLICOS Y PRIVADOS INVOLUCRADOS EN LA TEMÁTICA AMBIENTAL															
1.1. Esfuerzos integrados de las instituciones de investigación en CTI ambiental															
1.1.1. Reuniones de coordinación entre IPI, sectores y academia	0	4	44 000		5	55 000	5	55 000	5	55 000	6	66 000	6	66 000	341 000
1.1.2. Fortalecimiento de grupos de investigación en CTI ambiental (academia, IPI, sectores)	0	4	120 000		6	180 000	6	180 000	6	180 000	8	240 000	8	240 000	1 140 000
1.1.3. Promoción de proyectos de investigación en CTI ambiental multidisciplinarios	0	1	30 000		1	30 000	2	60 000	2	60 000	3	90 000	3	90 000	360 000
1.2. Fuerte correspondencia entre instituciones de investigación y el sector empresarial															
1.2.1. Promoción de círculos de investigación con participación de la empresa	0	1	11 000		1	11 000	1	11 000	2	22 000	2	22 000	3	33 000	110 000
1.2.2. Promoción de proyectos de investigación para la competitividad	0	1	11 000		1	11 000	1	11 000	2	22 000	2	22 000	3	33 000	110 000
1.2.3. Promoción de proyectos de investigación aplicada de acuerdo con necesidades regionales y sectoriales	0	2	22 000		2	22 000	2	22 000	3	33 000	3	33 000	4	44 000	176 000
1.3. Eficaces instrumentos de difusión científica y tecnológica ambiental															
1.3.1. Organización de eventos científicos y tecnológicos en el área ambiental	0	2	100 000		2	100 000	4	200 000	4	200 000	4	200 000	5	250 000	1 050 000
1.3.2. Organización de eventos de promoción a la innovación tecnológica ambiental	0	1	50 000		1	50 000	2	100 000	2	100 000	2	100 000	2	100 000	500 000
1.4. Suficientes y articulados mecanismos que promuevan CTI ambiental															
1.4.1. Reuniones de coordinación para sinergia de implementación de acuerdo con la normativa ambiental existente	0	2	22 000		2	22 000	2	22 000	2	22 000	2	22 000	3	33 000	143 000
1.4.2. Elaboración de instrumentos que reflejen la sinergia de mecanismos que promuevan CTI ambiental	0	1	11 000		1	11 000	1	11 000	1	11 000	1	11 000	2	22 000	77 000

COMPONENTES/SUBCOMPONENTES (/ ALTERNATIVAS/ ACTIVIDADES)	LÍNEA BASE	AÑO 1			AÑO 2		AÑO 3		AÑO 4		AÑO 5		AÑO 6		TOTAL
		N°	S/.		N°	S/.	N°	S/.	N°	S/.	N°	S/.	N°	S/.	
2. MAYOR MASA CRÍTICA DE INVESTIGADORES ALTAMENTE CALIFICADOS QUE DESARROLLEN CTI AMBIENTAL DE CALIDAD															
2.1. Adecuados incentivos para la atracción y retención de investigadores altamente calificados en CTI ambiental															
2.1.1. Cuerpo Nacional Investigadores del Perú	0	29	4 630 000		65	10 400 000	100	16 500 000	125	20 900 000	160	27 000 000	195	33 100 000	112 530 000
2.1.1.1. Subvenciones posdoctorales	0	20	2 600 000		45	5 850 000	65	8 450 000	80	10 400 000	100	13 000 000	120	15 600 000	55 900 000
2.1.1.2. Investigadores adjunto	0	7	1 470 000		15	3 150 000	25	5 250 000	30	6 300 000	40	8 400 000	50	10 500 000	35 070 000
2.1.1.3. Investigadores séniores	0	2	560 000		5	1 400 000	10	2 800 000	15	4 200 000	20	5 600 000	25	7 000 000	21 560 000
2.1.2. Movilización nacional e internacional en CTI ambiental	0	4	28 000		6	42 000	8	56 000	8	56 000	10	70 000	12	84 000	336 000
2.1.3. Incentivos para la publicación efectiva de artículos científicos en revistas indizadas	0	25	200 000		35	280 000	45	360 000	45	360 000	55	440 000	65	520 000	2 160 000
2.2. Gran oferta de programas de posgrado en CTI ambiental															
2.2.1. Fortalecimiento de programas de maestría	0	2	2 520 000		4	5 040 000	5	6 300 000	6	7 560 000	8	10 080 000	10	12 600 000	44 100 000
2.2.2 Fortalecimiento de programas de doctorado	0	1	1 604 000		2	3 208 000	3	4 812 000	4	6 416 000	5	8 020 000	6	9 624 000	33 684 000
2.2.3. Becas de posgrado en universidades extranjeras	7	10	2 500 000		20	5 000 000	40	10 000 000	40	10 000 000	60	15 000 000	80	20 000 000	62 500 000
2.3. Buena oferta de oportunidades de investigación para graduarse o titularse en carreras de CTI ambiental															
2.3.1. Subvenciones para proyectos de grados o títulos	0	20	240 000		30	360 000	50	600 000	60	720 000	80	960 000	100	1 200 000	4 080 000
3. MAYOR INVESTIGACIÓN DE CALIDAD EN CTI AMBIENTAL QUE RESPONDE A LOS DESAFÍOS AMBIENTALES NACIONALES Y AL CONOCIMIENTO GLOBAL															
3.1. Mayor investigación científica ambiental disciplinaria e interdisciplinaria que responde a las necesidades nacionales y al conocimiento global															
3.1.1. Proyectos de investigación básica y aplicada	14	20	8 000 000		40	16 000 000	60	24 000 000	80	32 000 000	100	40 000 000	120	48 000 000	168 000 000
3.1.2. Proyectos de investigación interdisciplinaria (TICS, biotecnología, ciencias básicas, ciencias sociales)	0	4	2 000 000		8	4 000 000	12	6 000 000	15	7 500 000	18	9 000 000	25	12 500 000	41 000 000
3.1.3. Círculos de investigación en ciencia y tecnología ambiental (academia, empresa, IPI)	0	1	500 000		2	1 000 000	3	1 500 000	4	2 000 000	5	2 500 000	6	3 000 000	10 500 000
3.1.4. Proyectos en áreas prioritarias regionales multidisciplinarias	0	2	1 000 000		4	2 000 000	6	3 000 000	8	4 000 000	10	5 000 000	12	6 000 000	21 000 000
3.2. Numerosas actividades de innovación tecnológica ambiental															
3.2.3. Ideas audaces en CTI	0	4	587 600		8	7 520 933	13	11 854 267	15	20 520 933	16	25 720 933	17	35 254 267	101 458 933
3.3. Adecuado emprendimiento por parte del gobierno para la promoción de investigación de frontera en CTI ambiental															
3.3.1. Proyectos para investigación de frontera en CTI ambiental	0	2	400 000		4	800 000	6	1 200 000	8	1 600 000	10	2 000 000	12	2 400 000	8 400 000
4. MEJOR INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO DE LOS CENTROS Y LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN EN CTI AMBIENTAL															
4.1. Buena infraestructura y equipamiento para investigación en CTI ambiental															
4.1.1. Equipamiento para la investigación científica ambiental	0	5	5 000 000		7	7 000 000	10	10 000 000	15	15 000 000	20	20 000 000	25	25 000 000	82 000 000
4.2. Alto nivel de calidad de los centros y laboratorios de investigación en CTI ambiental															
4.2.1. Centros de excelencia académicos en CTI Ambiental	0	0	0		1	20 000 000	0	0	1	20 000 000	1	20 000 000	1	20 000 000	80 000 000
TOTAL			29 630 600			83 142 933		96 854 267		149 337 933		186 596 933		230 193 267	775 755 933

En resumen, considerando los objetivos principales del Programa Cintya, se presenta en la tabla 5 el presupuesto total requerido por cada uno de sus componentes.

Tabla 5. Financiamiento requerido para el largo plazo del Programa Cintya

Componente	Presupuesto 2016-2021 (soles)
1. Mejor articulación entre actores públicos y privados involucrados en la temática ambiental	4 007 000
2. Mayor masa crítica de investigadores altamente calificados que desarrollen CTI ambiental de calidad	259 390 000
3. Mayor investigación de calidad en CTI ambiental que responde a los desafíos ambientales nacionales y al conocimiento global	350 358 933
4. Mejor infraestructura y equipamiento de los centros y laboratorios de investigación en CTI ambiental	162 000 000
TOTAL	775 755 933

Las áreas temáticas y líneas de investigación fueron priorizadas de forma que sean los indicadores los que nos ayuden en los procesos de gestión de la mejora de los indicadores de CTI por

área temática y por línea de investigación, según los criterios establecidos en la tabla 6.

Tabla 6. Niveles y porcentajes de priorización para el Programa Cintya

Prioridad	Porcentaje de relación entre prioridades
4. Indispensable	50
3. Alta prioridad	30
2. Mediana prioridad	15
1. Baja prioridad	5
0. No aplica	0

En la tabla 7 se muestran las prioridades de las áreas temáticas relacionadas con los indicadores de CTI.

Tabla 7. Tabla resumen de priorización de las áreas temáticas de investigación por indicadores de CTI

	Áreas de investigación	Investigaciones	Masa crítica	Laboratorios	Patentes
Corto plazo (1-3 años)	Variabilidad climática y cambio climático	4	3	2	1
	Calidad ambiental	4	3	3	2
	Ecosistemas y recursos naturales	3	4	2	1
	Gestión de riesgos	3	4	3	1
Mediano y largo plazos (4-6 años)	Variabilidad climática y cambio climático	4	3	2	1
	Calidad ambiental	4	2	3	3
	Ecosistemas y recursos naturales	4	3	2	1
	Gestión de riesgos	4	3	3	1

En la tabla 7 se muestran las prioridades de las áreas temáticas relacionadas con los indicadores de CTI.

Tabla 8. Tabla resumen de priorización por líneas de investigación

	Prioridad	Variabilidad climática y cambio climático	Prioridad	Calidad ambiental	Prioridad	Ecosistemas y recursos naturales	Prioridad	Gestión de riesgos
Corto plazo (1-3 años)	4	Variabilidad climática, cambio climático reciente y paleoclimas	4	Calidad ambiental y salud humana	4	Ecosistemas y servicios ecosistémicos	4	Eventos extremos climáticos e hidrológicos
	3	Escenarios climáticos futuros y sus potenciales impactos	3	Manejo de residuos	3	Recursos hídricos, energéticos, geológicos y edáficos	4	Sismos, actividad volcánica y fenómenos asociados
	3	Dinámica de la criósfera	3	Niveles de contaminación ambiental	2	Manejo sostenible de recursos biológicos	3	Erosión, transporte de sedimentos y movimientos en masa
	3	Adaptación	3	Remediación y recuperación de ambientes degradados	2	Investigaciones antárticas	3	Sistemas de alerta temprana
	3	Mitigación	2	Bioacumulación y biomagnificación			1	Eventos geoespaciales
Mediano y largo plazos (4-6 años)	4	Variabilidad climática, cambio climático reciente y paleoclimas	4	Calidad ambiental y salud humana	4	Ecosistemas y servicios ecosistémicos	4	Sismos, actividad volcánica y fenómenos asociados
	3	Escenarios climáticos futuros y sus potenciales impactos	3	Manejo de residuos	3	Recursos hídricos, energéticos, geológicos y edáficos	4	Eventos extremos climáticos e hidrológicos
	3	Dinámica de la criósfera	3	Niveles de contaminación ambiental	2	Manejo sostenible de recursos biológicos	3	Erosión, transporte de sedimentos y movimientos en masa
	3	Adaptación	3	Remediación y recuperación de ambientes degradados	2	Investigaciones antárticas	3	Sistema de alerta temprana
	3	Mitigación	2	Bioacumulación y biomagnificación			2	Eventos geoespaciales

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

REFERENCIAS

Acuerdo Nacional. (2014). Acuerdo Nacional: Consensos para enrumbar al Perú. 1.ª ed. Exituno SA, Lima.

Adetona, O., Horton, K., Sjodin, A., Jones, R., Hall, D. B., Aguillar-Villalobos, M., et al. (2013). “Concentrations of select persistent organic pollutants across pregnancy trimesters in maternal and in cord serum in Trujillo, Peru”. En: Chemosphere, 91, 1426-1433.

ANA. (2015). Plan nacional de recursos hídricos. Autoridad Nacional del Agua (ANA), Lima.

Anderson, E., Marengo, J., Villalba, J., Halloy, S., Young, B., Cordero, D., et al. (2012). “Consecuencias del cambio climático en los ecosistemas y servicios ecosistémicos de los Andes Tropicales”. En: Cambio climático y biodiversidad en los Andes Tropicales (eds. Herzog, S.K., Martínez, R., Jorgesen, P.M. y Tiessen, H.). Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI), Sao José dos Campos y Comité Científico sobre Problemas del Medio Ambiente (SCOPE), París, pp. 1-22.

Apaéstegui, J., Cruz, F.W., Sifeddine, A., Vuille, M., Espinoza, J.C., Guyot, J.L., et al. (2014). “Hydroclimate variability of the northwestern Amazon Basin near the Andean foothills of Peru related to the South American monsoon system during the last 1600 years”. En: Clim Past, 10, 1967-1981.

Armijos, E., Crave, A., Vauchel, P., Fraizy, P., Santini, W., Moquet, J.-S., et al. (2013). “Suspended sediment dynamics in the Amazon River of Peru”. En: Journal of South American Earth Sciences, Hydrology, Geochemistry and Dynamic of South American Great River Systems, 44, 75-84.

Asner, G.P., Llactayo, W., Tupayachi, R. y Luna, E.R. (2013). “Elevated rates of gold mining in the Amazon revealed through high-resolution monitoring”. En: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 110, 18454-18459.

Astete, J., Gastañaga, M. del C., Fiestas, V., Oblitas, T., Sabastizagal, I., Lucero, M., et al. (2010). “Enfermedades transmisibles, salud mental y exposición a contaminantes ambientales en población aledaña al proyecto minero Las Bambas antes de la fase de explotación, Perú 2006”. En: Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica, 27, 512-519.

Basher, R. (2006). “Global early warning systems for natural hazards: systematic and people-centred”. En: Philosophical Transactions of Royal Society, 364, 2167-2182.

Bech, J., Poschenrieder, C., Llugany, M., Barceló, J., Tume, P., Tobias, F.J., et al. (1997). “Arsenic and heavy metal contamination of soil and vegetation around a copper mine in Northern Peru”. En: Science of the Total Environment, 203, 83-91.

Berkes, F. y Folke, C. (1998). Linking social and ecological systems for resilience and sustainability. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Binder, C.R., Hinkel, J., Bots, P.W.G. y Pahl-Wostl, C. (2013). “Comparison of frameworks for analyzing social-ecological systems”. En: Ecology and Society, 18, 26.

Bird, B.W., Abbott, M.B., Rodbell, D.T. y Vuille, M. (2011). “Holocene tropical South American hydroclimate revealed from a decadalley resolved lake sediment ¹⁸O record”. En: Earth and Planetary Science Letters, 310, 192-202.

Blázquez, J. y Núñez, M.N. (2012). “Analysis of uncertainties in future climate projections for South America: comparison of WCRP-CMIP3 and WCRP-CMIP5 models”. En: Climate Dynamics, 41, 1039-1056.

BMBF. (2015). Forschung für Nachhaltige Entwicklung (FONA). Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Alemania.

Boers, N., Bookhagen, B., Marwan, N., Kurths, J. y Marengo, J. (2013). “Complex networks identify spatial patterns of extreme rainfall events of the South American Monsoon System”. En: Geophysical Research Letters, 40, 4386-4392.

Bograd, S.J., Castro, C.G., Di Lorenzo, E., Palacios, D.M., Bailey, H., Gilly, W., et al. (2008). “Oxygen declines and the shoaling of the hypoxic boundary in the California Current”. En: Geophysical Research Letters, 35, L12607.

Brack, A. (1986). “Gran geografía del Perú”. En: Ecología de un país complejo (ed. Mejía Baca, M.J.). Manfer, España, pp. 175-319.

Brando, P.M., Balch, J.K., Nepstad, D.C., Morton, D.C., Putz, F.E., Coe, M.T., et al. (2014). “Abrupt increases in Amazonian tree mortality due to drought-fire interactions”. En: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 111, 6347-6352.

Brienen, R.J. W., Phillips, O.L., Feldpausch, T.R., Gloor, E., Baker, T.R., Lloyd, J., et al. (2015). “Long-term decline of the Amazon carbon sink”. En: Nature, 519, 344-348.

Brochier, T., Echevin, V., Tam, J., Chaigneau, A., Goubanova, K. y Bertrand, A. (2013). “Climate change escenarios experiments predict a future reduction in small pelagic fish recruitment in the Humboldt Current system”. En: Global Change Biology, 19, 1841-1853.

Brook, B.W., Sodhi, N.S. y Bradshaw, C.J.A. (2008). “Synergies among extinction drivers under global change”. En: Trends in Ecology & Evolution, 23, 453-460.

Buytaert, W., Vuille, M., Dewulf, A., Urrutia, R., Karmalkar, A. y Célleri, R. (2010). “Uncertainties in climate change projections and regional downscaling in the tropical Andes: implications for water resources management”. En: Hydrology and Earth System Sciences, 14, 1247-1258.

Cai, W., Wang, G., Santoso, A., McPhaden, M.J., Wu, L., Jin, F.-F., et al. (2015). “Increased frequency of extreme La Nina events under greenhouse warming”. En: Nature Climate Change, 5, 132-137.

Carbajal-Arroyo, L., Barraza-Villarreal, A., Durand-Pardo, R., Moreno-Macías, H., Espinoza-Lain, R., Chiarella-Ortigosa, P., et al. (2007). “Impact of traffic flow on the asthma prevalence among school children in Lima, Peru”. En: The Journal of Asthma: official journal of the Association for the Care of Asthma, 44, 197-202.

Carpenter, S.R., Mooney, H.A., Agard, J., Capistrano, D., DeFries, R.S., Díaz, S., et al. (2009). “Science for managing ecosystem services: Beyond the Millennium Ecosystem Assessment”. En: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 106, 1305-1312.

CEPLAN. (2011). Plan bicentenario: El Perú hacia el 2021. Centro Nacional de Planeamiento Estratégico (CEPLAN), Lima.

Chau, J.L., Woodman, R.F. y Galindo, F. (2007). “Sporadic meteor sources as observed by the Jicamarca high-power large-aperture VHF radar”. En: Icarus, 188, 162-174.

Chlieh, M., Perfettini, H., Tavera, H., Avouac, J.-P., Remy, D., Nocquet, J.-M., et al. (2011). “Interseismic coupling and seismic potential along the Central Andes subduction zone”. En: Journal of Geophysical Research, 116, 1-21.

Choi, J., An, S.-I., Kug, J.S. y Yeh, S.-W. (2010). “The role of mean state on changes in El Niño’s flavor”. En: Climate Dynamics, DOI: 10.1007/s00382-010-0912-1.

Comte, D. y Pardo, M. (1991). “Reappraisal of great historical earthquakes in the northern Chile and southern Peru seismic gaps”. Natural Hazards, 4, 23-44.

CONCYTEC. (2006). Plan Nacional Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Competitividad y el Desarrollo Humano, PNCTI 2006-2021. CONCYTEC, Lima.

CONCYTEC. (2014). Principales indicadores bibliométricos de la actividad científica peruana 2006-2011. CONCYTEC, Lima.

Corvera, M.T. (2004). Ciencia y tecnología, indicadores de la situación chilena. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, Santiago de Chile, Chile.

Cossios, E.D. (2010). “Vertebrados naturalizados en el Perú: historia y estado del conocimiento”. En: Revista Peruana de Biología, 17, 179-189.

Coynel, A., Schäfer, J., Hurtrez, J.-E., Dumas, J., Etcheber, H. y Blanc, G. (2004). „Sampling frequency and accuracy of SPM flux estimates in two contrasted drainage basins”. En: Science of the Total Environment, 330, 233-247.

Crowley, T.J. y North, G.R. (1988). “Abrupt climate change and extinction events in Earth history”. En: Science, 240, 996-1002.

Dasgupta, P. (2001). Human well-being and the natural environment. Oxford University Press.

DIGESA. (2011). Reglamento de la calidad del agua para consumo humano. Ministerio de Salud, Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), Lima.

Diringer, S.E., Feingold, B.J., Ortiz, E.J., Gallis, J.A., Araújo-Flores, J.M., Berky, A., et al. (2015). “River transport of mercury from artisanal and small-scale gold mining and risks for dietary mercury exposure in Madre de Dios, Peru”. En: Environ Sci Process Impacts, 17, 478-487.

Doherty, P.H., Delay, S.H., Valladares, C.E. y Klobuchar, J.A. (2003). “Ionospheric Scintillation Effects on GPS in the Equatorial and Auroral Regions”. En: Navigation, 50, 235-245.

Doney, S.C., Fabry, V.J., Feely, R.A. y Kleypas, J.A. (2009). “Ocean acidification: The other CO₂ problem”. En: Annual Review of Marine Science, 1, 169-192.

Douglas, M.W., Mejía, J., Ordinola, N. y Boustead, J. (2009). “Synoptic variability of rainfall and cloudiness along the coasts of Northern Peru and Ecuador during the 1997/98 El Niño event”. En: Monthly Weather Review, 137, 116-136.

Draper, F.C., Roucoux, K.H., Lawson, I.T., Mitchard, E.T., Coronado, E.N.H., Lähteenoja, O., et al. (2014). “The distribution and amount of carbon in the largest peatland complex in Amazonia”. En: Environmental Research Letters, 9, 124017.

EEA. (2013). Environment and human health. European Environmental Agency-EEA, Denmark.

Espinoza, J.C., Ronchail, J., Guyot, J.L., Cochonneau, G., Naziano, F., Lavado, W., et al. (2009). “Spatio-temporal rainfall variability in the Amazon basin countries (Brazil, Peru, Bolivia, Colombia, and Ecuador)”. En: International Journal of Climatology, 29, 1574-1594.

Espinoza, J.C., Lengaigne, M., Ronchail, J. y Janicot, S. (2011a). “Large-scale circulation patterns and related rainfall in the Amazon Basin: a neuronal networks approach”. En: Climate Dynamics, 38, 121-140.

Espinoza, J.C., Ronchail, J., Guyot, J.L., Junquas, C., Vauchel, P., Lavado, W., et al. (2011b). “Climate variability and extreme drought in the upper Solimões River (western Amazon Basin): Understanding the exceptional 2010 drought”. En: Geophysical Research Letters, 38, L13406.

Espinoza, J.C., Ronchail, J., Frappart, F., Lavado, W., Santini, W. y Guyot, J.L. (2013). “The major floods in the Amazonas River and tributaries (Western Amazon Basin) during the 1970-2012 period: A focus on the 2012 flood”. En: Journal of Hydrometeorology, 14, 1000-1008.

Espinoza, J.C., Marengo, J.A., Ronchail, J., Carpio, J.M., Flores, L.N. y Guyot, J.L. (2014). “The extreme 2014 flood in south-western Amazon basin: the role of tropical-subtropical South Atlantic SST gradient”. En: Environmental Research Letters, 9, 124007.

Espinoza, J.C., Chavez, S., Ronchail, J., Junquas, C., Takahashi, K. y Lavado, W. (2015). Rainfall hotspots over the southern tropical Andes: Spatial distribution, rainfall intensity, and relations with large-scale atmospheric circulation. Water Resour. Res., 51, 3459-3475.

Espinoza Villar, J.C., Guyot, J.L., Ronchail, J., Cochonneau, G., Filizola, N., Fraizy, P., et al. (2009). “Contrasting regional discharge evolutions in the Amazon basin (1974-2004)”. En: Journal of Hydrometeorology, 375, 297-311.

Espinoza Villar, R., Martinez, J.-M., Guyot, J.-L., Fraizy, P., Armijos, E., Crave, A., et al. (2012). “The integration of field measurements and satellite observations to determine river solid loads in poorly monitored basins”. En: Journal of Hydrometeorology, 444-445, 221-228.

Evans, S.G., Bishop, N.F., Fidel Smoll, L., Valderrama Murillo, P., Delaney, K.B. y Oliver-Smith, A. (2009). “A re-examination of the mechanism and human impact of catastrophic mass flows originating on Nevado Huascarán, Cordillera Blanca, Peru in 1962 and 1970”. En: Engineering Geology, 108, 96-118.

Faniran, O.O. y Caban, G. (1998). “Minimizing waste on construction project sites”. En: Engineering, Construction and Architectural Management, 5, 182-188.

Farley, D.T. (2009). “The equatorial E-region and its plasma instabilities: a tutorial”. En: Annales Geophysicae, 27, 1509-1520.

Fauset, S., Baker, T.R., Lewis, S.L., Feldpausch, T.R., Affum-Baffoe, K., Foli, E.G., et al. (2012). “Drought-induced shifts in the floristic and functional composition of tropical forests in Ghana”. En: Ecology Letters, 15, 1120-1129.

Feeley, K.J., Silman, M.R., Bush, M.B., Farfan, W., Cabrera, K.G., Malhi, Y., et al. (2011). “Upslope migration of Andean trees”. En: Journal of Biogeography, 38, 783-791.

Fernandes, K., Baethgen, W., Bernardes, S., DeFries, R., DeWitt, D.G., Goddard, L., et al. (2011). “North Tropical Atlantic influence on western Amazon fire season variability”. En: Geophysical Research Letters, 38, L12701.

Fernández, M.A. (2009). Chile: Investigación y desarrollo v/s gasto militar (2000-2007). Evolución y relación. Tesis de grado de licenciado. Universidad Austral de Chile, Puerto Montt, Chile.

Feynman, J. y Gabriel, S.B. (2000). “On space weather consequences and predictions”. En: Journal of Geophysical Research: Space Physics, 105, 10543-10564.

Finizola, A., Lénat, J.-F., Macedo, O., Ramos, D., Thouret, J.-C. y Sortino, F. (2004). “Fluid circulation and structural discontinuities inside Misti volcano (Peru) inferred from self-potential measurements”. En: Journal of Volcanology and Geothermal Research, 135, 343-360.

Fisk, A.T., Hobson, K.A. y Norstrom, R.J. (2001). “Influence of Chemical and Biological Factors on Trophic Transfer of Persistent Organic Pollutants in the Northwater Polynya Marine Food Web”. En: Environmental Science & Technology, 35, 732-738.

Flores, D., Céspedes, L. y Martínez, A. (2013). Identificación de servicios ecosistémicos en el Santuario Nacional los Manglares de Tumbes. Instituto Geofísico del Perú.

Folke, C. 2006. “Resilience: the emergence of a perspective for social-ecological systems analyses”. En: Global Environmental Change, 16, 253-267.

Fraser, B. (2012). “Goodbye glaciers”. En: Nature, 491, 180-182.

Garreaud, R.D. (2000). “Cold air incursions over subtropical SouthAmerica: Mean structure and dynamics”. En: Monthly Weather Review, 128, 2544-2559.

Gatti, L.V., Gloor, M., Miller, J.B., Doughty, C.E., Malhi, Y., Domingues, L.G., et al. (2014). “Drought sensitivity of Amazonian carbon balance revealed by atmospheric measurements”. En: Nature, 506, 76-80.

Gutiérrez, D., Sifeddine, A., Field, D.B., Ortlieb, L., Vargas, G., Chávez, F.P., et al. (2009). “Rapid reorganization in ocean biogeochemistry off Peru towards the end of the Little Ice Age”. En: Biogeosciences, 6, 835-848.

Gutiérrez, D., Bouloubassi, I., Sifeddine, A., Purca, S., Goubanova, K., Graco, M., et al. (2011a). “Coastal cooling and increased productivity in the main upwelling zone off Peru since the mid-twentieth century”. En: Geophysical Research Letters, 38, L07603.

Gutiérrez, D., Bertrand, A., Wosnitza-Mendo, C., Dewitte, B., Purca, S., Peña, C., et al. (2011b). “Sensibilidad del sistema de afloramiento costero del Perú al cambio climático e implicancias ecológicas”. En: Revista Peruana Geo-Atmosférica, 3, 1-24.

Guo, L.B. y Gifford, R.M. (2002). “Soil carbon stocks and land use change: A meta-analysis”. En: Global Change Biology, 8, 345-360.

Gutleb, A.C., Helsberg, A. y Mitchell, C. (2002). “Heavy metal concentrations in fish from a pristine rainforest valley in Peru: A baseline study before the start of oil-drilling activities”. En: The Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 69, 523-529.

Hall, S.J. (2001). “Ecosystem effects of fishing”. En: Encyclopedia of ocean sciences (ed. Steele, J.H.). Academic Press, Oxford, pp. 793-799.

Hewitt, R.P., Kim, S., Naganobu, M., Gutierrez, M., Kang, D., Takao, Y., et al. (2004). “Variation in the biomass density and demography of Antarctic krill in the vicinity of the South Shetland Islands during the 1999/2000 austral summer”. En: Deep-Sea Research. Part II, Topical Studies in Oceanography, 51, 1411-1419.

Hurtado, J., Gonzales, G.F. y Steenland, K. (2006). “Mercury exposures in informal gold miners and relatives in southern Peru”. En: International Journal of Occupational and Environmental Health, 12, 340-345.

IPCC. (2007). Climate Change 2007: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Ginebra, Suiza.

IPCC. (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge y Nueva York.

Jacinto, M.E. y Aguilar, S. (2007). Concentraciones traza de metales en especies marinas de la bahía de Huarmey, Áncash, Perú. Revista Peruana de Biología. Disponible en: <www.redalyc.org/articulo.oa?id=195018549024>. Última visita: 16 de octubre de 2015.

Johnson, D.L., Ambrose, S.H., Bassett, T.J., Bowen, M.L., Crummey, D.E., Isaacson, J.S., et al. (1997). “Meanings of environmental terms”. En: Journal of Environmental Quality, 26, 581.

Jones, C. y Carvalho, L.M. V. (2013). “Climate change in the South American monsoon system: present climate and CMIP5 projections”. En: Journal of Climate, 26, 6660-6678.

Jørgensen, S.E. y Bendoricchio, G. (2001). Fundamentals of Ecological Modelling. 3ª ed. Elsevier, Copenhagen.

Josse, C., Cuesta, F., Navarro, G., Barrena, V., Cabrera, E., Chacón-Moreno, E., et al. (2009). Ecosistemas de los Andes del Norte y Centrales. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Secretaría General de la Comunidad Andina, Programa Regional ECOBONA-Intercooperation, CONDESAN-Proyecto Páramo Andino, Programa BioAndes, Eco-Ciencia, Nature Serve, IAvH, LTA-UNALM, ICAE-ULA, CDCUNALM, RUMBOL SRL, Lima.

Josse, C., Cuesta Camacho, F., Navarro, G., Barrena, V., Becerra, M.T., Cabrera, E., et al. (2012). “Geografía física y ecosistemas de los Andes tropicales”. En: Cambio climático y biodiversidad en los Andes tropicales (eds. Herzog, S.K., Martínez, R., Jorgesen, P.M. y Tiessen, H.). Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI), Sao José dos Campos y Comité Científico sobre Problemas del Medio Ambiente (SCOPE), París, pp. 177-194.

Keeling, R.F., Körtzinger, A. y Gruber, N. (2010). “Ocean deoxygenation in a warming world”. En: Annual Review of Marine Science, 2, 199-229.

Kessler, W.B., Salwasser, H., Cartwright, C.W. y Caplan, J.A. (1992). “New perspectives for sustainable natural resources management”. En: Ecological Applications, 2, 221-225.

Kug, J.-S., Jin, F.-F. y An, S.-I. (2009). “Two-types of El Niño events: cold tongue El Niño and warm pool El Niño”. En: Journal of Climate, 22, 1499-1515.

Lagos, P., Silva, Y., Nickl, E. y Mosquera, K. (2008). “El Niño? related precipitation variability in Perú”. En: Advances in Geosciences, 14, 231-237.

Lähteenoja, O., Reátegui, Y.R., Räsänen, M., Del Castillo, T.D., Oinonen, M. y Page, S. (2012). “The large Amazonian peatland carbon sink in the subsiding Pastaza-Marañón foreland basin, Peru”. En: Global Change Biology, 18, 164-178.

Lam, P., Lavik, G., Jensen, M.M., Vossenberg, J. van de, Schmid, M., Woebken, D., et al. (2009). “Revising the nitrogen cycle in the Peruvian oxygen minimum zone”. En: Proceedings of the National Academy of Sciences, 106, 4752-4757.

Lavado-Casimiro, W. y Espinoza, J.C. (2014). “Impacts of El Niño and La Niña in the precipitation over Perú (1965-2007)”. En: Revista Brasileira de Meteorologia, 29, 171-182.

Lavado-Casimiro, W.S., Labat, D., Ronchail, J., Espinoza, J.C. y Guyot, J.-L. (2013a). “Trends in rainfall and temperature in the Peruvian Amazon-Andes basin over the last 40 years (1965-2007)”. En: Hydrological Processes, 27, 2944-2957.

Lavado-Casimiro, W., Felipe, O., Silvestre, E. y Bourrel, L. (2013b). “ENSO impact on hydrology in Peru”. En: Advances in Geosciences, 33, 33-39.

Lefebvre, K.A., Powell, C.L., Busman, M., Doucette, G.J., Moeller, P.D., Silver, J.B., et al. (1999). “Detection of domoic acid in northern anchovies and California sea lions associated with an unusual mortality event”. En: Natural Toxins, 7, 85-92.

Legeley-Padovani, A., Mering, C., Guillande, R. y Huaman, D. (1997). “Mapping of lava flows through SPOT images an example of the Sabancaya volcano (Peru)”. En: International Journal of Remote Sensing, 18, 3111-3133.

León, B., Pitman, N. y Roque, J. (2006). “Introducción a las plantas endémicas del Perú”. En: El libro rojo de las plantas endémicas del Perú (ed. León, B., et al.). Revista Peruana de Biología, 13, 9s-22s.

Li, Z., Sjödin, A., Romanoff, L.C., Horton, K., Fitzgerald, C.L., Eppler, A., et al. (2011). “Evaluation of exposure reduction to indoor air pollution in stove intervention projects in Peru by urinary biomonitoring of polycyclic aromatic hydrocarbon metabolites”. En: Environment International, 37, 1157-1163.

Loaiza, I., Hurtado, D., Miglio, M., Orrego, H. y Mendo, J. (2015). “Tissue-specific Cd and Pb accumulation in Peruvian scallop (Argopecten purpuratus) transplanted to a suspended and bottom culture at Sechura Bay, Peru”. En: Marine Pollution Bulletin and assessment of marine status in Latin America, 91, 429-440.

Loayza-Muro, R.A., Marticorena-Ruiz, J.K., Palomino, E.J., Merritt, C., De Baat, M.L., Gemert, M.V., et al. (2013). “Persistence of Chironomids in Metal Polluted Andean High Altitude Streams: Does Melanin Play a Role?” En: Environmental Science & Technology, 47, 601-607.

Lubchenco, J. (1998). “Entering the century of the environment: A new social contract for science”. En: Science, 279, 491-497.

Mantua, N.J. y Hare, S.R. (2002). “The Pacific Decadal Oscillation”. En: The Journal of Oceanography, 58, 35-44.

Marengo, J.A. y Espinoza, J.C. (2015). “Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends and impacts”. En: International Journal of Climatology.

Marengo, J.A., Tomasella, J., Alves, L.M., Soares, W.R. y Rodríguez, D.A. (2011). “The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region”. En: Geophysical Research Letters, 38, L12703.

Marengo, J., Cornejo, A., Satyamurty, P., Nobre, C. y Sea, W. (1997). “Cold Surges in Tropical and Extratropical South America: The Strong Event in June 1994”. En: Monthly Weather Review, 125, 2759-2786.

Mark, B.G. (2008). “Tracing tropical Andean glaciers over space and time: Some lessons and transdisciplinary implications”. En: Global and Planetary Change, Historical and Holocene Glacier-Climate Variations, 60, 101-114.

MAVDT. (2007). Plan Estratégico Nacional de Investigación Ambiental (PENIA). Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), Bogotá.

Meehl, G.A., Goddard, L., Murphy, J., Stouffer, R.J., Boer, G., Danabasoglu, G., et al. (2009). “Decadal prediction. Can it be skillful?”. En: Bulletin of the American Meteorological Society, 90, 1467-1485.

Mentes, G. (2015). “Investigation of dynamic and kinematic landslide processes by borehole tiltmeters and extensometers”. En: Procedia Earth and Planetary Science, World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium (WMESS) 2015, 15, 421-427.

Millenium Ecosystem Assessment. (2005). Ecosystems and human well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC.

Min, Q., Su, J. y Zhang, R. (2015). “What hindered the El Niño pattern in 2014?” En: Geophysical Research Letters, DOI: 10.1002/2015GL064899.

MINAGRI. (2012). Plan de gestión de riesgo y adaptación al cambio climático en el sector agrario, periodo 2012-2021. Ministerio de Agricultura (MINAGRI), Lima.

MINAM. (2009). Política nacional del ambiente. Ministerio del Ambiente (MINAM), Lima.

MINAM. (2010). El Perú y el cambio climático. Segunda comunicación nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. MINAM, Lima.

MINAM. (2011). Plan nacional de acción ambiental (PLANAA)-Perú 2011-2021. Aprobado con Decreto Supremo n.º 014-2011-MINAM. MINAM, Lima.

MINAM. (2014). Estrategia nacional de diversidad biológica al 2021. Plan de Acción 2014-2018. MINAM, Lima.

MINAM. (2016). Agenda de investigación ambiental. Aprobado con Resolución Ministerial n.º 044-2016-MINAM. MINAM, Lima.

Ministerio de la Producción. (2014). Plan nacional de diversificación productiva: nuevos motores para el desarrollo del país. Ministerio de la Producción, Lima.

Moatar, F., Birgand, F., Meybeck, M., Faucheux, C. y Raymond, S. (2009). “Incertitudes sur les métriques de qualité des cours d’eau (médiannes et quantiles de concentrations, flux, cas des nutriments) évaluées a partir de suivis discrets”. En: Houille Blanche, 68-76.

Monneveux, P., Ramírez, D.A. y Pino, M.-T. (2013). “Drought tolerance in potato (S. tuberosum L.): Can we learn from drought tolerance research in cereals?”. En: Plant Science, 205-206, 76-86.

Moquet, J.-S., Crave, A., Viers, J., Seyler, P., Armijos, E., Bourrel, L., et al. (2011). “Chemical weathering and atmospheric/soil CO₂ uptake in the Andean and Foreland Amazon basins”. En: Chemical Geology, 287, 1-26.

Morera, S.B., Condom, T., Vauchel, P., Guyot, J.-L., Galvez, C. y Crave, A. (2013). “Pertinent spatio-temporal scale of observation to understand suspended sediment yield control factors in the Andean region: the case of the Santa River (Peru)”. En: Hydrology and Earth System Sciences, 17, 4641-4657.

Mori, C., Komiyama, M., Adachi, T., Sakurai, K., Nishimura, D., Takashima, K., et al. (2003). “Application of toxicogenomic analysis to risk assessment of delayed long-term effects of multiple chemicals, including endocrine disruptors in human fetuses”. En: EHP Toxicogenomics: Journal of the National Institute of Environmental Health Sciences, 111, 7-13.

Morita, A., Kusaka, Y., Deguchi, Y., Moriuchi, A., Nakanaga, Y., Iki, M., et al. (1999). “Acute health problems among the people engaged in the cleanup of the Nakhodka oil spill”. En: Environmental Research, 81, 185-194.

Murphy, D., Lake, C., Kickey, A. y Baker, R. (2009). Toward a sustainable future: challenges changes choices. Department of Education, Newfoundland y Labrador, St. John’s.

Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A.B., y Kent, J. (2000). “Biodiversity hotspots for conservation priorities”. En: Nature, 403, 853-858.

National Science Board. (2000). Environmental science and engineering for the 21st century: The role of the National Science Foundation. National Science Foundation (NSF), Arlington.

National Science Board. (2014). “Research and development: National trends and international comparisons”. En: Science and Engineering Indicators 2014. National Science Foundation (NSF), Arlington.

Newell, B., C.L. Crumley, N. Hassan, E.F. Lambin, C. Pahl-Wostl, A. Underdalf, y R. Wasson. 2005. “A conceptual template for integrative human-environment research”. En: Global Environmental Change, 15, 299-307.

Norabuena, E.O., Leffler-Griffin, L., Mao, A., Dixon, T., Stein, S., Sacks, I.S., et al. (1998). “Space geodetic observations of Nazca-South America convergence across the central Andes”. En: Science, 279, 358-362.

Nriagu, J.O. (1989). “A global assessment of natural sources of atmospheric trace metals”. En: Nature, 338, 47-49.

Olea Serrano, N. y Zuluaga Gómez, A. (2001). “Exposición infantil a disruptores endocrinos”. En: Anales de Pediatría, 54, 58-62.

ONERN. (1976). Mapa ecológico del Perú. Mapa y guía explicativa. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN), Lima.

Orecchio, S., Bianchini, F., Bonsignore, R., Blandino, P., Barreca, S. y Amorello, D. (2015). “Profiles and Sources of PAHs in Sediments from an Open-Pit Mining Area in the Peruvian Andes”. En: Polycyclic Aromatic Compounds, 0, 1-23.

Oreskes, N. (2004). “Beyond the ivory tower. The scientific consensus on climate change”. En: Science, 306, 1686-1686.

Pepin, E., Guyot, J.L., Armijos, E., Bazan, H., Fraizy, P., Moquet, J.S., et al. (2013). “Climatic control on eastern Andean denudation rates (Central Cordillera from Ecuador to Bolivia)”. En: Journal of South

American Earth Sciences, Hydrology, Geochemistry and Dynamic of South American Great River Systems, 44, 85-93.

Perfettini, H., Avouac, J.-P., Tavera, H., Kositsky, A., Nocquet, J.-M., Bondoux, F., et al. (2010). “Seismic and aseismic slip on the Central Peru megathrust”. En: Nature, 465, 78-81.

Phillips, D.J.H. (1977). “The use of biological indicator organisms to monitor trace metal pollution in marine and estuarine environments: A review”. En: Environmental Pollution 1970, 13, 281-317.

Phillips, O.L., Aragao, L.E.O.C., Lewis, S.L., Fisher, J.B., Lloyd, J., Lopez-Gonzalez, G., et al. (2009). “Drought Sensitivity of the Amazon Rainforest”. En: Science, 323, 1344-1347.

Phillips, O.L., Van der Heijden, G., Lewis, S.L., López-González, G., Aragão, L.E., Lloyd, J., Malhi, Y., Monteagudo, A., Almeida, S., Dávila, E.A. y Amaral, I. (2010). “Drought-mortality relationships for tropical forests”. En: New Phytologist, 187, 631-646.

Phillips, P.S., Barnes, R., Bates, M.P. y Coskeran, T. (2006). “A critical appraisal of an UK county waste minimisation programme: The requirement for regional facilitated development of industrial symbiosis/ecology”. En: Resources, Conservation and Recycling, 46, 242-264.

PlanCC. (2014). Escenarios de mitigación del cambio climático en el Perú al 2050: construyendo un desarrollo bajo en emisiones. Lima.

Poder Ejecutivo. (2008). Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente. Decreto Ley n.º 1013, Lima.

Post, W.M. y Kwon, K.C. (2000). “Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential”. En: Global Change Biology, 6, 317-327.

Rabatel, A., Francou, B., Soruco, A., Gomez, J., Cáceres, B., Ceballos, J.L., et al. (2013). “Current state of glaciers in the tropical Andes: a multi-century perspective on glacier evolution and climate change”. En: The Cryosphere, 7, 81-102.

Ramírez, O.A., Carpio, C.E., Ortiz, R. y Finnegan, B. (2002). “Economic Value of the Carbon Sink Services of Tropical Secondary Forests and Its Management Implications”. En: Environmental and Resource Economics, 21, 23-46.

Reuter, J., Stott, L., Khider, D., Sinha, A., Cheng, H. y Edwards, R.L. (2009). “A new perspective on the hydroclimate variability in northern South America during the Little Ice Age”. En: AGU Fall Meeting, 36, L21706.

Reynel, C., Pennington, R.T. y Särkinen, T. (2013). Cómo se formó la diversidad ecológica del Perú. Lima.

Reynolds, J.D., Dulvy, N.K., y Roberts, C.M. (2002). “Exploitation and other threats to fish conservation”. En: Handbook of Fish Biology and Fisheries, volumen 2: Fisheries (eds. Hart, P.J.B. y Reynolds, J.D.). Blackwell Science Ltd, pp. 319.

Rivera, M., Thouret, J.C. y Gourgaud, A. (1998). “Ubinas, el volcán más activo del sur del Perú desde 1550: geología y evaluación de las amenazas volcánicas”. En: Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, 88, 53-71.

Rivera, M., Thouret, J.-C., Mariño, J., Berolatti, R. y Fuentes, J. (2010). “Characteristics and management of the 2006-2008 volcanic crisis at the Ubinas volcano (Peru)”. En: Journal of Volcanology and Geothermal Research, 198, 19-34.

Rodbell, D.T., Delman, E.M., Abbott, M.B., Besonen, M.T. y Tapia, P.M. (2014). “The heavy metal contamination of Lake Junin National Reserve, Peru: An unintended consequence of the juxtaposition of hydroelectricity and mining”. En: GSA Today, 4-10.

Rodríguez, L.C., Pascual, U. y Niemeyer, H.M. (2006). “Local identification and valuation of ecosystem goods and services from Opuntia scrublands of Ayacucho, Peru”. En: Ecological Economic, 57, 30-44.

Rodríguez, L.O. y Young, K.R. (2000). “Biological diversity of Peru: Determining priority areas for conservation”. En: AMBIO, 29, 329-337.

Román-Dañobeytia, F., Huayllani, M., Michi, A., Ibarra, F., Loayza-Muro, R., Vázquez, Telé., Rodríguez, L. y García, M. (2000). “Reforestation with four native tree species after abandoned gold mining in the Peruvian Amazon”. En: Ecological Engineering, 85, 39-46.

Safe, S.H. (2000). “Endocrine disruptors and human health--is there a problem? An update”. En: Environmental Health Perspectives, 108, 487-493.

Sagasti, F. (2008). Fortalecimiento del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación en el Perú. Antecedentes y propuesta. Informe para la Presidencia del Consejo de Ministros, Lima.

San Sebastián, M., Armstrong, B. y Stephens, C. (2001). “The health of women who live near oil wells and oil production stations in the Amazon region of Ecuador”. En: Revista Panamericana de Salud Pública, 9, 375-383.

SUNASS. (2008). Estudio: Diagnóstico situacional de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las EPS del Perú y propuestas de solución. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), Lima.

Takahashi, K. (2004). “The atmospheric circulation associated with extreme rainfall events in Piura, Peru, during the 1997-1998 and 2002 El Niño events”. En: Annals of Geophysics, 22, 3917-3926.

Takahashi, K., Montecinos, A., Goubanova, K. y Dewitte, B. (2011). “ENSO regimes: Reinterpreting the canonical and Modoki El Niño”. En: Geophysical Research Letters, 38, L10704, DOI: 10.1029/2011GL047364.

Takahashi, K. y Dewitte, B. (2015). “Strong and moderate nonlinear El Niño regimes”. En: Climate Dynamics, 1-19, doi 10.1007/s00382-015-2665-3.

Tancredi, G., Ishitsuka, J., Schultz, P.H., Harris, R.S., Brown, P., Revelle, D.O., et al. (2009). “A meteorite crater on Earth formed on September 15, 2007: The Carancas hypervelocity impact”. En: Meteoritics & Planetary Science, 44, 1967-1984.

Tavera, H. y Bernal, I. (2008). "The Pisco (Peru) earthquake of 15 August 2007". En: Seismological Research Letters, 79, 510-515.

Thomas, C.D., Cameron, A., Green, R.E., Bakkenes, M., Beaumont, L.J., Collingham, Y.C., et al. (2004). "Extinction risk from climate change". En: Nature, 427, 145-148.

Thompson, L.G., Mosley-Thompson, E., Bolzan, J.F. y Koci, B.R. (1985). "A 1500-Year Record of Tropical Precipitation in Ice Cores from the Quelccaya Ice Cap, Peru". En: Science, 229, 971-973.

Thompson, L.G., Mosley-Thompson, E., Davis, M.E., Zagorodnov, V.S., Howat, I.M., Mikhalenko, V.N., et al. (2013). "Annually resolved ice core records of tropical climate variability over the past ~1800 years". En: Science, 340, 945-950.

Thouret, J.-C., Davila, J. y Eissen, J.-P. (1999). "Largest explosive eruption in historical times in the Andes at Huaynaputina volcano, a.d. 1600, southern Peru". En: Geology, 27, 435-438.

Thouret, J.-C., Rivera, M., Wörner, G., Gerbe, M.-C., Finizola, A., Fornari, M. y Gonzales, K. (2005). "Ubinas: the evolution of the historically most active volcano in southern Peru". En: Bulletin of Volcanology, 67(6), 557-589.

Torres, M.A., West, A.J. y Clark, K.E. (2015). "Geomorphic regime modulates hydrologic control of chemical weathering in the Andes-Amazon". En: Geochimica et Cosmochimica Acta, 166, 105-128.

Tort, A. y Finizola, A. (2005). "The buried caldera of Misti volcano, Peru, revealed by combining a self-potential survey with elliptic Fourier function analysis of topography". En: Journal of Volcanology and Geothermal Research, 141, 283-297.

Tote, C., Govers, G., Van Kerckhoven, S., Filiberto, I., Verstraeten, G. y Eerens, H. (2011). "Effect of ENSO events on sediment production in a large coastal basin in northern Peru". En: Earth Surface Processes and Landforms, 36, 1776-1788.

Ubeda, J., Yoshikawa, K., Pari, W., Palacios, D., Macias, P., Apaza, F., et al. (2015). "Geophysical surveys on permafrost in Coropuna and Chachani volcanoes (southern Peru)". En: Geophysical Research Abstracts, volume 17, EGU2015-12592-2, 2015.

UNISDR. (2006). Developing early warning systems, a checklist: third international conference on early warning (EWC III). Bonn.

Urrutia, R. y Vuille, M. (2009). "Climate change projections for the tropical Andes using a regional climate model: Temperature and precipitation simulations for the end of the 21st century". En: Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 114, D02108.

USAID. (2011). Peru climate change vulnerability and adaptation desktop study. International Resources Group (IRG), Washington, DC.

Villacorta, S., Fidel, L. y Zavala Carrión, B. (2012). "Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa del Perú". En: Revista de la Asociación Geológica Argentina, 69, 393-399.

Villegas-Lanza, J.C. (2014). Cycle sismique et déformation continentale le long de la subduction Péruvienne. Tesis doctoral, Université de Nice Sophia Antipolis, Niza.

Waidyanatha, N. (2010). "Towards a typology of integrated functional Early Warning Systems". En: International Journal of Critical Infrastructures, 6, 31-51.

Wang, B. y An, S.-I. (2001). "Why the properties of El Niño changed during the late 1970s". En: Geophysical Research Letters, 28, 3709-3712.

Wang, B. y An, S.-I. (2002). "A mechanism for decadal changes of ENSO behavior: roles of background wind changes". En: Climate Dynamics, 18, 475-486.

Woodman, R.F. (2009). "Spread F-An old equatorial aeronomy problem finally resolved?". En: Annals of Geophysics, 27, 1915-1934.

Woodman, R.F., Balsley, B.B., Aquino, F., Flores, L., Vazquez, E., Sarango, M., et al. (1999). "First observations of polar mesosphere summer echoes in Antarctica". En: Journal of Geophysical Research: Space Physics, 104, 22577-22590.

Xiang, B., Wang, B. y Li, T. (2012). "A new paradigm for the predominance of standing Central Pacific Warming after the late 1990s". En: Climate Dynamics, DOI: 10.1007/s00382-012-1427-8.

Ylitalo, G.M., Stein, J.E., Hom, T., Johnson, L.L., Tilbury, K.L., Hall, A.J., et al. (2005). "The role of organochlorines in cancer-associated mortality in California sea lions (Zalophus californianus)". En: Marine Pollution Bulletin, 50, 30-39.

Zamora, C. (1996). "Mapa de las ecorregiones". En: Diversidad biológica del Perú (ed. Rodríguez, L.). INRENA-GTZ.

GLOSARIO

área temática de investigación. Campo disciplinar al cual concierne una investigación.

friaje. Descenso abrupto de temperatura en la región amazónica y andino-amazónica debido a procesos advectivos que implican incursiones de vientos fríos del sur (generalmente de latitudes medias extratropicales). En el sur de la Amazonía peruana, se han registrado friajes que ocasionan caídas de temperatura desde 20 °C hasta 10 °C e incluso 8 °C en pocas horas.

heladas. Descenso de temperatura por debajo de un umbral crítico, generalmente asociado al punto de congelación del agua, lo cual produce que el agua o el vapor que está en el aire se congele, depositándose en forma de hielo en las superficies. En la región andina, generalmente se produce por efectos radiativos (pérdida de calor en noches bajo cielo despejado). Se pueden mencionar al menos dos tipos de heladas:

- helada meteorológica. Desde el punto de vista meteorológico se considera helada a todo descenso térmico igual o inferior a 0 °C medido en abrigo meteorológico.
- helada agrometeorológica. Se define helada agrometeorológica a todo descenso térmico igual o inferior a 3 °C medido en el abrigo meteorológico, lo que equivaldría a 0 °C o menos a la intemperie en superficie.

lahar. Flujo de material volcánico generado cuando este se mezcla con agua proveniente de fenómenos meteorológicos (agua meteórica), escorrentía superficial, deshielo parcial de glaciares o fusión de nieve, o lagos volcánicos.

línea de investigación. Hace referencia a un tema de investigación específico dentro de un área temática que es de interés para el investigador.

modelado. Acción y efecto de ajustarse a un esquema teórico, generalmente en forma matemática, de un sistema o de una realidad compleja que se elabora para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento (fuente: RAE). Otros términos como modelamiento, modelación, modelización y modelaje son utilizados indistintamente, pero los dos primeros no se encuentran en el Diccionario de la lengua española y el último está más relacionado con la profesión de los modelos de prendas de vestir.

modelo ecológico. Síntesis de lo que conocemos de un ecosistema con referencia al problema considerado. (Jørgensen y Bendoricchio 2001)

modelado numérico. Técnica utilizada en varias áreas de estudio para validar o refutar un modelo conceptual, generalmente expresado en forma matemática, propuesto a partir de observaciones de la naturaleza o teorías ya propuestas.

sistemas socio-ecológicos. Sistemas complejos e integrados en los cuales los humanos son parte de la naturaleza. (Berkes y Folke 1998)

turbera. Tipo de humedal que contiene una capa gruesa de suelo orgánico sumergido en agua y donde se acumula materia orgánica.

testigo. Corte vertical cilíndrico de un sustrato sólido. En este se puede observar generalmente la dinámica temporal del clima, océano, hielo, sedimento o especies.

Miembros del Comité de Formulación

Elizabeth Silvestre Espinoza Responsable del Programa Nacional Transversal de Ciencia y Tecnología Ambiental Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC)	Eric Cosio Caravasi Profesor Principal del Departamento de Ciencias de la Sección Química Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP)
Eduardo Williams Calvo Buendia Asesor de la Dirección de Medio Ambiente Ministerio de Relaciones Exteriores - Perú (RREE)	Ken Takahashi Guevara Encargado de la Subdirección de Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera Instituto Geofísico del Perú (IGP)
Sonia María González Molina Directora General de Investigación e Información Ambiental Ministerio del Ambiente - Perú (MINAM)	Dimitri Gutiérrez Aguilar Director General de Investigaciones Oceanográficas y Cambio Climático Instituto del Mar del Perú (IMARPE)
Fernando Carlos Chiock Chang Responsable de la Unidad de Cambio Climático y Glaciares de la Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos Autoridad Nacional del Agua (ANA)	Dennis del Castillo Torres Director del Programa Manejo Integral de Bosques y Servicios Ambientales Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP)
Juan Jesús Torres Guevara Profesor Principal de la Facultad de Ciencias del Departamento de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM)	Roberto Manrique Arce Gerente de Medio Ambiente Compañía Minera Antamina
Dante Torres Anaya Profesor Principal y miembro de la Oficina General de Gestión del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM)	Nelson Ricardo Soto Fuentes Gerente de Medio Ambiente PLUSPETROL

Miembros de los Comités Científicos del Programa Cintya 2016-2021 del CONCYTEC

VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Anita Arrascue Lino Ministerio del Ambiente - Perú (MINAM)	Jean Loup Guyot Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD)	Omar Valencia García Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)
Bruno Turcq Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD)	Jorge Tam Málaga Instituto del Mar del Perú (IMARPE)	Wilson Suarez Alayza Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – Perú (SENAMHI)
David Ramírez Collantes Centro Internacional de la Papa (CIP)	Juan Julio Ordoñez Gálvez Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – Perú (SENAMHI)	Santiago Madrigal Martínez Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM)
Eurídice Honorio Coronado Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP)	Julio Ocaña Vidal Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)	Yamina Silva Vidal Instituto Geofísico del Perú (IGP)
Eusebio Ingol Blanco Autoridad Nacional del Agua (ANA)	Kobi Alberto Mosquera Vásquez Instituto Geofísico del Perú (IGP)	
Gabriela Rosas Benancio Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – Perú (SENAMHI)	Mirella Gallardo Marticorena Instituto de Montaña	

ECOSISTEMAS Y RECURSOS NATURALES

Carla Aguilar Samanamud Instituto del Mar del Perú (IMARPE)	Lourdes Ruck Puerta Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP)	Rudy Valdivia Pacheco Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP)
Diana Silva Dávila Museo de Historia Natural Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM)	Marco Antonio Enciso Hoyos Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR)	Soledad Guzmán Cárdenas Instituto del Mar del Perú (IMARPE)
Gastón Cruz Alcedo Universidad de Piura (UDEP)	Marilú Bouchon Corrales Instituto del Mar del Perú (IMARPE)	Ursula Neira Mendoza Fondo de Promoción de las Áreas Naturales Protegidas del Perú (PROFONANPE)
Ivonne Montes Torres Instituto Geofísico del Perú (IGP)	Marina Rosales Benites Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP)	
James Apaéstegui Campos Instituto Geofísico del Perú (IGP)	Michelle Graco Instituto del Mar del Perú (IMARPE)	

CALIDAD AMBIENTAL

Adela Vega Ríos Ministerio del Ambiente - Perú (MINAM)	Lilian Quispe Livisi Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos (CITRAR-UNI)	Rita Orozco Moreyra Instituto del Mar del Perú (IMARPE)
Álvaro Jesús Torres Enriquez Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL)	Lisveth Vilma Flores del Pino de Wright Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM)	Rosario Luz Cabrera Cabrera Ministerio del Ambiente - Perú (MINAM)
Carmen Barzola Choque Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL)	Lizardo Visitación Figueroa Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM)	Rosemary Vela Cardich Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM)
Danny Scipión Castillo Instituto Geofísico del Perú (IGP)	Mario Antonio Tinoco Venero Ministerio del Ambiente - Perú (MINAM)	Sandra Quispe León Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL)
Elmer Quinteros Hjar Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL)	Milagros Coral Podesta Ministerio del Ambiente - Perú (MINAM)	Sara Purca Cuicapusa Instituto del Mar del Perú (IMARPE)
Jonatan Mario Soto Villegas Ministerio del Ambiente - Perú (MINAM)	Pedro Grados Chaw Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL)	Sergio Morera Julca Instituto Geofísico del Perú (IGP)
José Luis Vásquez Vegas Ministerio del Ambiente - Perú (MINAM)	Raúl Loayza Muro Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH)	Sheila Zacarías Ríos Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA)
Jossy Cahuaya Ponte Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos (CITRAR-UNI)		Yessica Mercedes Paz Rosales Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL)
Jhan Carlo Espinoza Villar Instituto Geofísico del Perú (IGP)	Marco Milla Bravo Instituto Geofísico del Perú (IGP)	Patricio Valderrama Murillo Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET)
José Macharé Ordóñez Instituto Geofísico del Perú (IGP)	Orlando Macedo Sánchez Instituto Geofísico del Perú (IGP)	Santiago Madrigal Martínez Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM)
Juan Carlos Villegas Lanza Instituto Geofísico del Perú (IGP)		

GESTIÓN DE RIESGOS

Anexo I

Sinergia entre el Programa Cintya 2016-2021 del CONCYTEC y la Agenda de Investigación Ambiental al 2021 de MINAM (MINAM 2016)

Las líneas de acción de la Agenda de Investigación Ambiental al 2021 (AIA) han sido listadas numéricamente y clasificadas dentro de las áreas temáticas y líneas de investigación priorizadas de Cintya.

Nº/cód.	Ítems
Programa	Área temática: Variabilidad climática y cambio climático
	Línea de investigación prioritaria: Escenarios climáticos futuros y sus potenciales impactos
AIA	Modelos climáticos y escenarios futuros del clima; vulnerabilidad y adaptación al cambio climático
1	Series climáticas y paleoclimáticas para estudiar indicios del cambio climático en el territorio y mar peruanos
2	Modelos atmosféricos de alta resolución y métodos empíricos para regionalización de escenarios climáticos a diversas escalas espaciales
3	Comportamiento atmosférico y oceanográfico en los diferentes escenarios de cambio climático
4	Factores físicos asociados al balance hídrico en cuencas (precipitaciones, glaciares, agua subterránea, etcétera) bajo diferentes escenarios de cambio climático
5	Impacto del cambio climático sobre los climas regionales y locales
6	Impacto del cambio climático sobre las surgencias costeras y las masas de aguas oceánicas
7	Impacto sobre la disponibilidad y calidad de los sistemas hidrológicos por cuencas bajo diferentes escenarios de cambio climático
8	Cambio o variabilidad de la biodiversidad ante los efectos del cambio climático bajo diversos eventos y escenarios
9	Impacto de diversos escenarios climáticos sobre la agrobiodiversidad y los sistemas productivos (agropecuarios y forestales)
10	Impacto de distintos escenarios climáticos sobre la biodiversidad, ecosistemas naturales y áreas naturales protegidas
11	Vulnerabilidad de las poblaciones humanas en distintos ámbitos nacionales, sus sistemas productivos e infraestructura ante los escenarios del cambio climático
12	Impacto de diversos escenarios del cambio climático sobre los sectores vulnerables priorizados: recursos hídricos, agricultura, salud, infraestructura, biodiversidad y pesca
13	Efecto del cambio climático sobre la composición, densidad de población y migración de especies nativas, introducidas e invasoras en distintos ecosistemas
Programa Línea de acción prioritaria: Dinámica de la criósfera	
AIA	Modelos climáticos y escenarios futuros del clima; vulnerabilidad y adaptación al cambio climático
14	Dinámica de la criósfera
15	Impacto sobre la disponibilidad y calidad de los sistemas hidrológicos por cuencas bajo diferentes escenarios de cambio climático
Programa Línea de acción prioritaria: Variabilidad climática, cambio climático reciente y paleoclimas	
AIA	Modelos climáticos y escenarios futuros del clima; vulnerabilidad y adaptación al cambio climático
16	Series climáticas y paleoclimáticas para estudiar indicios del cambio climático en el territorio y mar peruanos
17	Circulación atmosférica y oceánica asociada al cambio climático y su relación con eventos extremos como El Niño
18	Interacción océano-atmósfera y teleconexiones en relación con cambios climáticos
19	Comportamiento atmosférico y oceanográfico en los diferentes escenarios de cambio climático

Nº/cód.	Ítems
20	Conocimientos ecoclimáticos y científicos
21	Impacto del cambio climático sobre los climas regionales y locales
22	Impacto del cambio climático sobre las surgencias costeras y las masas de aguas oceánicas
23	Impacto de diversos escenarios climáticos sobre la agrobiodiversidad y los sistemas productivos (agropecuarios y forestales)
Programa Línea de acción prioritaria: Adaptación	
AIA	Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático; ecología aplicada; modelos climáticos y escenarios futuros del clima
24	Resiliencia asociada a problemas critico-ambientales
25	Conocimientos ecoclimáticos y científicos
26	Transferencia de tecnologías de punta y rescate de tecnologías tradicionales para reducir la vulnerabilidad de los sistemas productivos agrarios y forestales ante el cambio climático
27	Vulnerabilidad de las poblaciones humanas en distintos ámbitos nacionales, sus sistemas productivos e infraestructura ante los escenarios del cambio climático
28	Vulnerabilidad de las poblaciones humanas en distintos ámbitos nacionales, sus sistemas productivos e infraestructura ante los escenarios del cambio climático
29	Desarrollo y transferencia de tecnologías para la adaptación y sostenibilidad de las zonas litorales marino-costeras, ribereñas y lacustres ante los impactos del cambio climático
30	Impacto de diversos escenarios del cambio climático sobre los sectores vulnerables priorizados: recursos hídricos, agricultura, salud, infraestructura, biodiversidad y pesca
31	Desarrollo y transferencia de tecnologías para la adaptación al cambio climático en los sectores vulnerables priorizados: recursos hídricos, agricultura, salud, infraestructura, biodiversidad y pesca
32	Efecto del cambio climático sobre la composición, densidad de población y migración de especies nativas, introducidas e invasoras en distintos ecosistemas
Programa Línea de acción prioritaria: Mitigación	
AIA	Mitigación de gases de efecto invernadero; valoración económica del patrimonio natural; energía
33	Stock de carbono en los distintos ecosistemas del país
34	Potencial de recursos naturales renovables para su aprovechamiento como energías alternativas
35	Tecnologías energéticas renovables
36	Soluciones tecnológicas de eficiencia energética para zonas urbanas y rurales
37	Reducción de emisiones por deforestación evitada
38	Sistemas productivos silviculturales y agroforestales sostenibles y con eficiente capacidad de captura de carbono
39	Utilización de energía limpia y reducción de emisiones en viviendas de zonas urbanas
40	Dinámica de gases de efecto invernadero en ecosistemas con potencial de créditos de carbono y mercados de mecanismos de desarrollo limpio (MDL)
Programa	Área temática: Calidad ambiental
	Línea de acción prioritaria: remediación y recuperación de ambientes degradados
AIA	Ecología aplicada; minería; manejo de bosques; reforestación y recuperación de áreas degradadas; uso y tratamiento de agua y suelo
41	Recuperación y remediación de ecosistemas degradados
42	Tecnologías limpias aplicadas en el sector minero para la minimización de riesgos e impactos ambientales
43	Conservación o degradación de hábitats para el desarrollo de medidas de compensación
44	Impacto de la actividad minera a escala de ecosistemas y sus servicios, y áreas naturales protegidas y su efecto sobre la biodiversidad
45	Tecnologías para la recuperación de áreas degradadas por pasivos mineros
46	Técnicas para el aprovechamiento o recuperación de bosques intervenidos
47	Selección de las especies y fuentes de semilla más apropiadas
48	Métodos de restauración exitosos y protocolos de propagación de especies nativas

Nº/cód.	Ítems
49	Estrategias para el suministro sostenible de semilla de calidad, involucrando una diversidad de actores (campesinos, pueblos indígenas, finqueros, áreas protegidas)
50	Capacidad de regeneración de suelos ante actividades antropogénicas
51	Desarrollo y transferencia de tecnologías de punta para la descontaminación de aguas subterráneas y superficiales
52	Tecnologías para la recuperación de suelos degradados y contaminados
Programa	Línea de acción prioritaria: Bioacumulación y biomagnificación
AIA	Conservación de la diversidad biológica; biocomercio; minería; calidad ambiental de los ecosistemas acuáticos; uso y tratamiento de agua; toxicológica y ecotoxicología
53	Bioindicadores del estado de conservación de ecosistemas
54	Validación, estandarización, dosificación de efectos farmacológicos y toxicológicos de los principales recursos posicionados y emergentes del biocomercio
55	Impacto de la actividad minera a escala de ecosistemas y sus servicios, y áreas naturales protegidas y su efecto sobre la biodiversidad
56	Bioacumulación de metales pesados en especies vegetales y animales
57	Efectos de sustancias químicas y tóxicas en los organismos acuáticos y sus poblaciones
58	Sistemas de disposición final de aguas residuales en los cuerpos de agua marinos y continentales, así como efectos en los ecosistemas acuáticos
59	Aporte de los agentes contaminadores en el aire, agua y suelo
60	Dosis-respuesta entre la contaminación ambiental (aire, agua, suelo) y la salud de las personas
61	Contaminantes presentes en el agua, suelo y aire, y efecto en la salud humana y ambiental
Programa	Línea de acción prioritaria: Calidad ambiental y salud humana
AIA	Recursos hídricos; dinámica regional amazónica; evaluación de la calidad del agua; uso y tratamiento de agua; evaluación de la calidad del aire; control de emisiones; evaluación de la calidad del suelo; uso y tratamiento del suelo
62	Disponibilidad, demanda y calidad del agua de las cuencas del país
63	Impactos ambientales como consecuencia del cultivo de coca, el uso de insumos para la elaboración ilícita de drogas, las actividades propias del narcotráfico y el contrabando
64	Desarrollo de tecnologías de monitoreo automático de calidad del agua
65	Comportamiento de los contaminantes, de origen natural o antrópico, en cuerpos de agua superficiales, incluyendo glaciares y aguas subterráneas
66	Características naturales de los cuerpos de agua superficiales, en relación con los estándares de calidad ambiental para agua y para zonas de potencial minero
67	Relación funcional de la contaminación del agua, como relación operativa entre la contaminación natural y antrópica
68	Sistemas de potabilización del agua de mar
69	Prácticas ciudadanas sobre uso y gestión de la calidad del agua
70	Calidad del aire en ecosistemas
71	Calidad del aire en ciudades
72	Sensibilidad de la capa de ozono, ante los gases de efecto invernadero
73	Determinación cuantitativa de fuentes de aerosoles atmosféricos en ciudades priorizadas
74	Radiación ultravioleta en distintas zonas del país
75	Impacto de los contaminantes de origen natural (océanos, volcanes, etcétera) en la calidad del aire
76	Comportamiento de los contaminantes atmosféricos (dispersión, transporte, disposición seca y húmeda, etcétera)
77	Emisiones fugitivas de hidrocarburos en los tanques de almacenamiento de las baterías, refinerías, plantas de procesamiento y plantas envasadoras
78	Emisiones de gases y material particulado de las actividades industriales y vehículos automotores
79	Gases de efecto invernadero de instalaciones de combustión y poscombustión
80	Tecnologías de amortiguamiento de las emisiones sonoras y vibraciones generadas por la actividad industrial

Nº/cód.	Ítems
81	Tecnologías para reducir la dispersión de material particulado generadas por las actividades industriales ligeras
82	Tecnologías para el control de olores en el proceso productivo de actividades industriales
83	Tecnologías para el control de compuestos orgánicos volátiles en el aire
84	Desarrollo de tecnologías de abatimiento de radiaciones no ionizantes
85	Calidad de suelos
86	Tecnologías de monitoreo de calidad del suelo
87	Prácticas ciudadanas sobre uso y gestión de la calidad del suelo
Programa	Línea de acción prioritaria: Niveles de contaminación ambiental
AIA	
88	Actividades antropogénicas en los ecosistemas acuáticos marino-costeros y continentales
89	Contaminación, niveles de salinidad y extracción de aguas continentales y subterráneas
90	Comportamiento de los contaminantes, de origen natural o antrópico, en cuerpos de agua superficiales, incluyendo glaciares y aguas subterráneas
91	Relación funcional de la contaminación del agua, como relación operativa entre la contaminación natural y antrópica
92	Sistemas de disposición final de aguas residuales en los cuerpos de agua marinos y continentales, así como efectos en los ecosistemas acuáticos
93	Determinación cuantitativa de fuentes de aerosoles atmosféricos en ciudades priorizadas
94	Impacto de los contaminantes de origen natural (océanos, volcanes, etcétera) en la calidad del aire
95	Comportamiento de los contaminantes atmosféricos (dispersión, transporte, disposición seca y húmeda, etcétera)
96	Emisiones fugitivas de hidrocarburos en los tanques de almacenamiento de las baterías, refinerías, plantas de procesamiento y plantas envasadoras
Programa	Línea de acción prioritaria: Manejo de residuos
AIA	Uso y tratamiento de agua; disposición de residuos sólidos; aprovechamiento de residuos sólidos; tratamiento de residuos sólidos y peligrosos
97	Tecnologías para el reúso de agua residual doméstica
98	Tecnologías para el reúso de aguas residuales de las actividades agrícolas y pesqueras
99	Sistemas de tratamiento de aguas residuales en las distintas zonas geológicas
100	Disposición de las aguas de producción en lotes petroleros
101	Tratamiento y disposición final de lodos originados en las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales
102	Técnicas para el tratamiento de efluentes ácidos mediante humedales
103	Valoración económica y ambiental del reúso de las aguas residuales
104	Tecnologías para la disposición final de residuos sólidos (residuos orgánicos, residuos de material de construcción, etcétera)
105	Caracterización de la peligrosidad de residuos sólidos domésticos, hospitalarios, industriales, etcétera
106	Movilidad y dispersión de lixiviados de los rellenos sanitarios y depósitos de residuos peligrosos, incluyendo relaves mineros, en el suelo, subsuelo y agua subterránea
107	Prácticas y actitudes ciudadanas relacionadas con la disposición de residuos sólidos
108	Tecnologías de aprovechamiento y recuperación de materiales provenientes de los residuos sólidos (orgánicos, industriales, material de construcción, desmonte, etcétera)
109	Tecnologías para el reciclaje de residuos sólidos, peligrosos y químicos
110	Prácticas y sistemas de reciclaje de residuos sólidos
111	Tecnologías de tratamiento de residuos sólidos, orgánicos, peligrosos y químicos
112	Tecnologías de tratamiento de residuos en zonas rurales
113	Prácticas y sistemas de reciclaje de residuos sólidos
114	Valoración económica de programas de manejo de residuos

Nº/cód.	Ítems
Programa	Área temática: Ecosistemas y recursos naturales
	Línea de acción prioritaria: Ecosistemas y servicios ecosistémicos
AIA	Conservación de la diversidad biológica; ecología aplicada; ecología de sistemas productivos; valoración económica del patrimonio natural; manejo de bosques; biodiversidad acuática; recursos hídricos; manejo de territorios comunales amazónicos; dinámica regional amazónica; mitigación de gases de efecto invernadero
115	Taxonomía de especies silvestres y claves para el ecosistema
116	Bioindicadores del estado de conservación de ecosistemas
117	Hábitats críticos para la conservación de la diversidad biológica
118	Diversidad funcional y determinación de grupos funcionales
119	Patrones de diversificación para la delimitación de áreas con alta diversidad biológica
120	Dinámica de fragmentación de ecosistemas que aceleran la pérdida de biodiversidad
121	Técnicas y tecnologías para la conservación de especies amenazadas
122	Monitoreo de indicadores a nivel del Sistema de Áreas Naturales Protegidas
123	Sitios de referencia identificados en áreas naturales protegidas (sitios blancos)
124	Ecosistemas y especies prioritarias, y de los procesos de diversificación de la biota
125	Patrones de diversidad, conectividad y redes
126	Ecosistemas priorizados para viabilidad de las restauraciones ecológicas
127	Monitoreo de los ecosistemas con énfasis en cobertura y cambio de uso
128	Estocasticidad ambiental y su efecto sobre los ecosistemas
129	Modelos ecohidrológicos
130	Ecosistemas, priorizando los frágiles
131	Resiliencia asociada a problemas crítico-ambientales
132	Aprovechamiento sostenible de los recursos naturales
133	Conservación <i>in situ</i> de la agrobiodiversidad
134	Valor económico de los ecosistemas y servicios ecosistémicos (en ecosistemas priorizados y en áreas naturales protegidas)
135	<i>Stock</i> de carbono en los distintos ecosistemas del país
136	Potencial hídrico de los ecosistemas
137	Amenazas, integridad y viabilidad ecológica de los ecosistemas para el desarrollo de medidas de compensación
138	Áreas de equivalencia ecológica con fines de compensación
139	Valoración económica de bienes y servicios ecosistémicos
140	Índices biofísicos aplicables a los sistemas ecológicos
141	Valor ecológico de los ecosistemas
142	Determinación, evaluación y categorización de especies de flora y fauna silvestre, según su relevancia económica, social, ambiental y cultural
143	Valoración económica del daño ambiental causado por actividades productivas
144	Valoración económica de la regulación hídrica, aire, acústica y erosión, entre otros
145	Sucesión y flujo ecológico de los bosques
146	Dinámica poblacional de especies amenazadas y depredadores superiores en ecosistemas acuáticos marino-costeros y continentales
147	Sistema planctónico y bentónico para la formulación de modelos ecológicos
148	Tecnologías para el manejo ecosistémico de humedales, aguajales, manglares y cuencas
149	Zona de Protección Ambiental Litoral de bahías de importancia ecológica
150	Conocimientos y tecnologías tradicionales sobre el manejo sostenible del agua
151	Evaluación del caudal ecológico
152	Territorio comunal y su uso (extracción y conservación)

Nº/cód.	Ítems
153	Impactos ambientales de la adopción del ecoturismo, turismo de la naturaleza y turismo de aventura como alternativas de desarrollo económico de la región amazónica
154	Impactos ambientales del impulso, renovación y mejora de hidrovías como alternativas de transporte en la región amazónica
155	Clima de la cuenca amazónica y de la región andina
156	Dinámica de gases de efecto invernadero en ecosistemas con potencial de créditos de carbono y mercados de MDL
157	Sistemas productivos silviculturales y agroforestales sostenibles, y con eficiente capacidad de captura de carbono
Programa	Línea de acción prioritaria: Manejo sostenible de recursos biológicos
AIA	Conservación de la diversidad biológica; biotecnología y recursos genéticos; ecología de sistemas productivos; valoración económica del patrimonio natural; valoración cultural del patrimonio natural; biocomercio; suelos; manejo de territorios comunales amazónicos; dinámica regional amazónica; vulnerabilidad y adaptación al cambio climático
158	Hábitats críticos para la conservación de la diversidad biológica
159	Dinámica de poblaciones de especies CITES y amenazadas
160	Impacto de las especies exóticas invasoras sobre la biodiversidad
161	Técnicas y tecnologías para la conservación de especies amenazadas
162	Diversidad genética y flujo de genes en las plantas nativas del Perú de importancia económica
163	Técnicas de conservación de semillas de especies silvestres
164	Variabilidad genética de especies con potencial económico y especies clave para la conservación de ecosistemas
165	Parientes silvestres de las especies cultivadas, con fines de conservación e identificación de resistencia a factores adversos bióticos y abióticos
166	Aprovechamiento sostenible de los recursos naturales
167	Conservación <i>in situ</i> de la agrobiodiversidad
168	Comunidades bióticas en el suelo y su productividad
169	Valoración económica de bienes y servicios ecosistémicos
170	Percepción de las comunidades nativas, campesinas y poblaciones urbanas sobre el patrimonio natural y su aprovechamiento
171	Percepción de las poblaciones urbanas sobre el patrimonio natural y su aprovechamiento
172	Conocimientos tradicionales como alternativas para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales
173	Productos y procesos con alto valor agregado para el biocomercio
174	Diversidad biológica promisoría y los principales recursos con potencial de biocomercio y aplicación de modelos para el uso sostenible
175	Saberes y los conocimientos tradicionales sobre las propiedades de los recursos posicionados y emergentes del biocomercio
176	Propagación y reproducción masiva y estandarizada de los principales recursos posicionados y emergentes del biocomercio
177	Bioprospección, vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva de las cadenas de valor de la biodiversidad para identificar potenciales innovaciones para el biocomercio
178	Conocimientos y prácticas tradicionales para la lucha contra la desertificación y conservación de suelos
179	Prácticas adecuadas de uso del suelo para las diversas actividades económicas
180	Territorio comunal y su uso (extracción y conservación)
181	Impactos ambientales de los procesos de integración comercial
182	Desarrollo productivo de áreas estratégicas de la Amazonía peruana
183	Opciones productivas sostenibles y de conservación ambiental en la Amazonía peruana
184	Impacto de diversos escenarios climáticos sobre la agrobiodiversidad y los sistemas productivos (agropecuarios y forestales)
185	Estudios de alcance (<i>scoping</i>) asociados al manejo de los recursos naturales y la gestión de la calidad ambiental
Programa	Línea de acción prioritaria: Recursos hídricos, energéticos, geológicos y edáficos
AIA	Oceanografía; limnología; biodiversidad acuática; recursos hídricos; suelos
186	Características físicas del mar peruano y sus variaciones espacio-temporales en meso-, macro- y microescala

Nº/cód.	Ítems
187	Variabilidad espacial y temporal de los procesos biogeoquímicos en columnas de agua y sedimentos marinos
188	Relaciones funcionales oceanográficas y el sistema climático
189	Características físicas de los ecosistemas acuáticos continentales y sus variaciones espacio-temporales
190	Variabilidad espacial y temporal de los procesos biogeoquímicos en columnas de agua y sedimentos lacustres
191	Factores físicos asociados a la dinámica fluvial en cuencas
192	Actividades antropogénicas en los ecosistemas acuáticos marino-costeros y continentales
193	Disponibilidad, demanda y calidad del agua de las cuencas del país
194	Uso de los recursos hídricos
195	Contaminación, niveles de salinidad y extracción de aguas continentales y subterráneas
196	Comportamiento de cuerpos de agua continentales (lénticos y lóticos) orientados a la prevención de desastres
197	Conocimientos y tecnologías tradicionales sobre el manejo sostenible del agua
198	Modelos hidroambientales y su relación con la sostenibilidad social
199	Clasificación, inventario, cambio de uso del suelo
200	Impacto y especificidad de los factores naturales y humanos que ocasionan la desertificación
201	Cambio de uso de suelo y sus impactos
202	Evaluación del impacto del cambio de uso de suelos
Programa	Línea de acción prioritaria: Investigaciones antárticas
AIA	Investigación en la Antártida
203	Impacto antrópico en la Antártida y desarrollo de tecnologías y buenas prácticas para la remoción de residuos sólidos
204	Estado del ecosistema antártico y su diversidad biológica
205	Umbrales antártico: resiliencia y adaptación del ecosistema
206	Cambio climático en la Antártida
207	Biología molecular y microbiología antártica
208	Ciencias físicas, ciencias de la tierra
209	Estudios comparativos del comportamiento de glaciares cercanos a la base peruana Machu Picchu y los glaciares tropicales andinos, incluyendo componentes hidrológicos y meteorológicos
Programa	Área temática: Gestión de riesgos
	Línea de acción prioritaria: Sismos, actividad volcánica y fenómenos asociados
AIA	Tierra sólida
210	Estudios sobre los sismos, tsunamis y procesos asociados
211	Estudios sobre los volcanes activos y procesos asociados
Programa	Línea de acción prioritaria: Eventos extremos climáticos e hidrológicos
AIA	Atmósfera e hidrósfera
212	El Fenómeno El Niño: procesos físicos y su modelamiento
213	Eventos extremos climáticos en los Andes y la Amazonía
214	Interacción océano-atmósfera y los peligros físicos marino-costeros
Programa	Línea de acción prioritaria: Erosión, transporte de sedimentos y movimientos en masa
AIA	Oceanografía; calidad ambiental de los ecosistemas acuáticos; suelos; tierra sólida; atmósfera e hidrósfera; investigación socioeconómica sobre vulnerabilidades asociadas a peligros geofísicos
215	Variabilidad espacial y temporal de los procesos biogeoquímicos en columnas de agua y sedimentos marinos
216	Procesos de erosión de las zonas marino-costeras
217	Peligros de pérdida de suelos por geodinámica externa
218	Riesgos geológicos de movimientos en masa: deslizamientos, aluviones, avalanchas y otros flujos
219	Erosión y transporte de sedimentos
220	Uso del territorio en zonas impactadas por peligros geológicos y geofísicos

Nº/cód.	Ítems
Programa	Línea de acción prioritaria: Sistemas de alerta temprana
AIA	Manejo de bosques; modelos climáticos y escenarios futuros del clima; atmósfera e hidrósfera; investigación socioeconómica sobre vulnerabilidades asociadas a peligros geofísicos
221	Tendencias de deforestación y alerta temprana de eventos de deforestación
222	Sistemas de alerta temprana para pronosticar eventos extremos relacionados con El Niño y con La Niña
223	Sistemas de alerta temprana para desbordes de lagunas
224	Medidas de adecuación y adaptación actuales y futuras de poblaciones impactadas por peligros geológicos y geofísicos
Programa	Línea de acción prioritaria: Eventos geoespaciales
AIA	Geoespacio
225	Procesos ionosféricos peligrosos para actividades humanas
226	Caracterización y evaluación de meteoros
227	Física de la actividad solar



Programas Nacionales
Transversales de
Ciencia, Tecnología
e Innovación Tecnológica

Programa de
Valorización de la
Biodiversidad (VALBIO)

Programa de
Ciencia y Tecnología
de Materiales (PROMAT)

**Programa de
Ciencia y Tecnología
Ambiental (CINTyA)**

Programa de
Ciencias Básicas (ATLAS)

Programa de
Tecnologías de Información
y Comunicación (E-TIC)

Programa de
Biotecnología (PRONBIOTEC)



Calle Grimaldo del Solar N° 346
Miraflores, Lima - Perú
Teléfono: (+51-1) 3990030
www.concytec.gob.pe

