

64379



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 personería 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 CTel y compatibilizar los programas regionales y especiales de CTel 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 CTel y su implementación;

Que, el Artículo 26 del Reglamento, regula que los programas nacionales de CTel son los instrumentos de gestión y articulación de los planes nacionales de CTel 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 CTel está a cargo de acuerdo a su competencia de las entidades del sector público, relacionadas con el tema del programa de CTel;

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 CTel se constituirá mediante Resolución de Presidencia del CONCYTEC en base a la propuesta que presente la Dirección de Políticas y Programas de CTel. Asimismo, dispone que el Comité estará conformado por: (i) El Responsable del Programa Nacional Transversal de CTel 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 8 de febrero de 2016, el Jefe (e) 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 (e) de la Oficina General de Planeamiento y Presupuesto y de la Jefa (e) 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.




Gisella Orjeda, PhD
Presidente
Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología
e Innovación Tecnológica
CONCYTEC





CONCYTEC

CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA,
TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

PROGRAMA NACIONAL TRANSVERSAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AMBIENTAL

2016-2021



2

Instituciones participantes

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONCYTEC

Autoridad Binacional del Lago Titicaca

Autoridad Nacional del Agua, ANA

Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos, CITRAR-UNI

Centro Internacional de la Papa, CIP

Compañía Minera Antamina S. A.

Institut de recherche pour le développement, IRD

Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, ILAP

Instituto de Montaña

Instituto del Mar del Perú, IMARPE

Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, INGEMMET

Instituto Geofísico del Perú, IGP

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña, INAIGEM

Ministerio del Ambiente, MINAM

Ministerio de Relaciones Exteriores, RR. EE.

Museo de Historia Natural de la UNMSM

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, OEFA

PLUSPETROL

Pontificia Universidad Católica del Perú, PUCP

Servicio de Agua Potable de Lima, SEDAPAL

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, SENAMHI

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, SERFOR

Servicio Nacional de Áreas Protegidas, SERNANP

Universidad Nacional Católica Santa María, UCSM

Universidad Peruana Cayetano Heredia, UPCH

Universidad Nacional Agraria La Molina, UNALM

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, UNMSM

Universidad de Piura, UDEP

Universidad Nacional del Altiplano, UNA Puno

Unvirsidad Nacional de Piura, UNP

Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, UNSAAC

Universidad Nacional de San Agustín, UNSA

Universidad Nacional de Tumbes, UNATUMBES

Universidad Nacional de Trujillo, UNITRU

Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, UNASAM

Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, UNTRM

Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, UNPRG

Universidad Nacional de Cajamarca, UNC

Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez de Juliaca, UNANCV



Comité de formulación

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONCYTEC

Ministerio de Relaciones Exteriores, RREE

Ministerio del Ambiente, MINAM

Autoridad Nacional del Agua, ANA

Universidad Nacional Agraria La Molina, UNALM

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, UNMSM

Pontificia Universidad Católica del Perú, PUCP

Instituto Geofísico del Perú, IGP

Instituto del Mar del Perú, IMARPE

Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, IIAP

Compañía Minera Antamina S. A.

PLUSPETROL



X

Tabla de contenido

I. Aspectos generales	5
A. Nombre del Programa	5
B. Duración del Programa.....	5
C. Fundamentación	5
II. Contenido general del Programa.....	7
A. Diagnóstico de la situación actual.....	7
B. Problema principal	11
1. Escasa articulación.....	12
2. Escasa masa crítica.....	12
3. Limitada investigación de calidad.....	13
4. Insuficiente infraestructura.....	13
III. Visión a largo plazo.....	13
IV. Áreas temáticas de investigación.....	13
A. Variabilidad climática y cambio climático.....	14
B. Calidad ambiental	18
C. Ecosistemas y recursos naturales	21
D. Gestión de riesgos	24
V. Objetivos del Programa.....	27
VI. Actividades, metas e indicadores.....	29
VII. Financiamiento	33
VIII. Compromisos institucionales	39
IX. Referencias	39
Glosario	48
Anexos.....	49



I. Aspectos generales

A. Nombre del Programa

El Programa Ciencia y Tecnología Ambiental será denominado como “Ciencia, Innovación, Tecnología y Ambiente - CINTyA”.

B. Duración del Programa

El Programa se ejecutará en un horizonte de seis (6) años entre 2016 y 2021, alineándose de este modo con los Objetivos Nacionales del Plan Bicentenario: El Perú al 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).

C. Fundamentación

El ambiente es, en la actualidad, uno de los temas centrales en el ámbito 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 la 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 ambiente natural, incluyendo 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, geografía y mar territorial, posee una diversa gama de ecosistemas, alta diversidad biológica y gran riqueza de recursos naturales que proveen diversos bienes y servicios (Rodríguez & Young 2000; Josse *et al.* 2009). Los bienes que se obtienen son bien conocidos y diversos (madera, minerales, petróleo, gas, genes, alimento, vestido, etc.); 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.), mayormente conocido por proporcionar la cochinilla, una fuente valiosa de tintes naturales, pero que además brinda 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, también lo exponen a una diversidad de fenómenos que permanente impactan a nuestra sociedad y ecosistemas. La alta sismicidad y actividad volcánica del Cinturón de Fuego, 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, entre otros, exigen investigación científica que nos permita conocer y reducir nuestra vulnerabilidad ante las amenazas de origen ambiental (CONCYTEC 2006; MINAM 2010).

Actualmente, diversos países, entre ellos el Perú, vienen desarrollando 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 además 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, 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, siendo estos últimos los que corresponden a las áreas de especialización científica y tecnológica útiles en los campos de intervención de los sectoriales, 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 (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 de la nación, respondiendo a grandes desafíos nacionales como: **ambiente sostenible** y **salud y bienestar social**, enmarcado en el Programa de Ciencia y Tecnología Ambiental. **Ambiente sostenible** está relacionado con el aprovechamiento de los recursos naturales para el beneficio de la sociedad asegurando su sostenibilidad y respeto al entorno, junto con la preparación para enfrentar los cambios del clima y los desastres naturales asegurando un hábitat seguro y con recursos disponibles; y **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 documentos de política y planes nacionales y programas internacionales como 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, Programa marco Horizonte de la OCDE, 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), y al MINAM como ente rector de la Política Nacional del Ambiente, les corresponde impulsar actividades de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) en las diferentes áreas temáticas ambientales, así como promover la articulación de los sectores públicos y privados para afrontar los impactos ambientales. Este Programa es una herramienta para la gestión de la CTI en el área ambiental y la captación de fondos con la finalidad de garantizar la continuidad del fortalecimiento y promoción de la CTI en el país. Mediante este Programa, el CONCYTEC liderará la implementación de instrumentos que responderán a las necesidades de articulación interinstitucional, masa crítica de profesionales altamente calificados, investigación científica y adecuado equipamiento e infraestructura. El fortalecimiento del sistema nacional de CTI permitirá asimismo 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 socio-económico-ambientales para



“un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo” de la vida de las personas como lo sostiene el art. 2, inciso 22 de la Constitución Política del Perú.

II. Contenido general del Programa

A. 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, procesos 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 lo tanto, se requiere de estudios más profundos, especialmente 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 (fig. 1a), e ínfimo comparado con economías fuertes como Alemania (2,9 %) (National Science Board 2014).

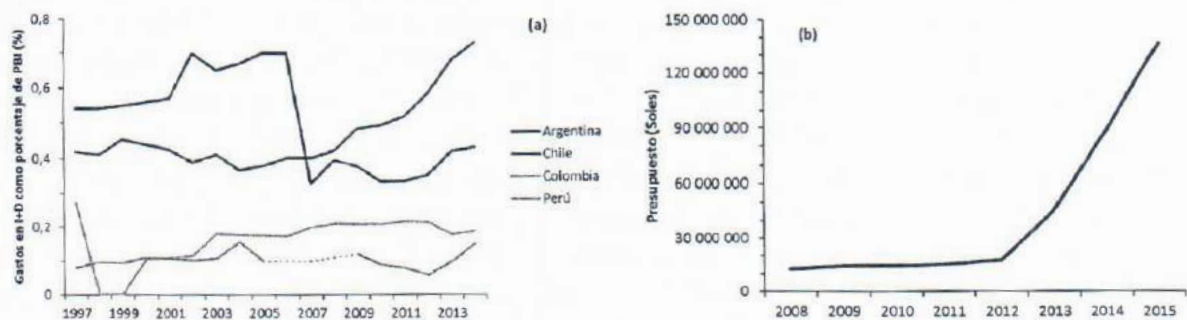


Figura 1. Inversión nacional en I+D. (a) Porcentaje de la inversión nacional en I+D (GERD) respecto al PBI en el Perú y países de la región (fuente: CONCYTEC; RICYT; Corvera 2004; Fernández 2009; Sagasti 2008. Elaboración propia). (b) Evolución del presupuesto del CONCYTEC en los últimos 8 años. Desde el año 2013 el presupuesto se ha incrementado, llegando en 2015 a siete veces el presupuesto del 2012 (fuente: CONCYTEC. Elaboración propia).



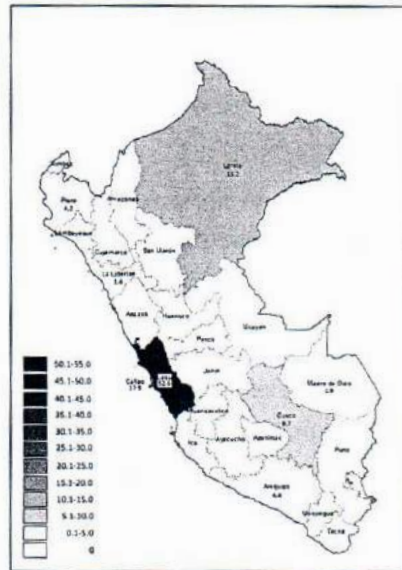


Figura 2. Distribución de investigadores en las diferentes regiones con filiación peruana y publicaciones científicas en ciencia ambiental registradas en Scopus de 1977 a 2015 (Elaboración propia).

Desde el punto de vista social, productivo y ecosistémico, nuestro país afronta diversos y elevados **desafíos ambientales**, pero tiene una **insuficiente capacidad de respuesta** ante los mismos en la generación de conocimiento y en número de profesionales altamente calificados en ciencia y tecnología ambiental. En este sentido, aun cuando el país ha incrementado su inversión en CTI (fig. 1b), no se está haciendo 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. Y los que se quedan no son capaces de afrontar las necesidades nacionales debido a su reducido número o al centralismo de las mayores instituciones de investigación (fig. 2). El centralismo, manifestado a través de 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 del interior del país con capacidad de realizar investigación ambiental, limitan el desarrollo de la investigación en las regiones. En el ámbito nacional, los investigadores están concentrados en 8 regiones de las 25 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 Amazonia Peruana (IIAP).

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 magister es de 6 %, con relación al número total de su personal; estas cifras reflejan la falta de investigadores en instituciones cuya función es la realizar investigación científica (tabla 1).

Tabla 1. Número de investigadores con postgrado en instituciones públicas de investigación relacionadas con el tema ambiental.

Institución pública	Personal	Investigadores con grado de doctor	Investigadores con grado de magister
---------------------	----------	------------------------------------	--------------------------------------



ANA	37	5	11
CONIDA	75	1	6
ILAP	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	3168	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.

Los diversos y elevados impactos ambientales que afronta nuestro país requieren de un mayor esfuerzo en investigación en CTI ambiental que resulte en un mayor **número de publicaciones científicas**. En general, el número de publicaciones científicas en revistas indizadas con afiliación en instituciones peruanas presenta una tendencia positiva (fig. 3a), pero representa menos del 1,5 % de las publicaciones en toda Latinoamérica (fig. 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). Así también, el número de patentes concedidas en nuestro país comparado con otros países de la región como Argentina, Chile y Colombia es muy bajo (fig. 4). Cabe destacar que en los últimos años, Colombia ha incrementado sustancialmente este indicador.

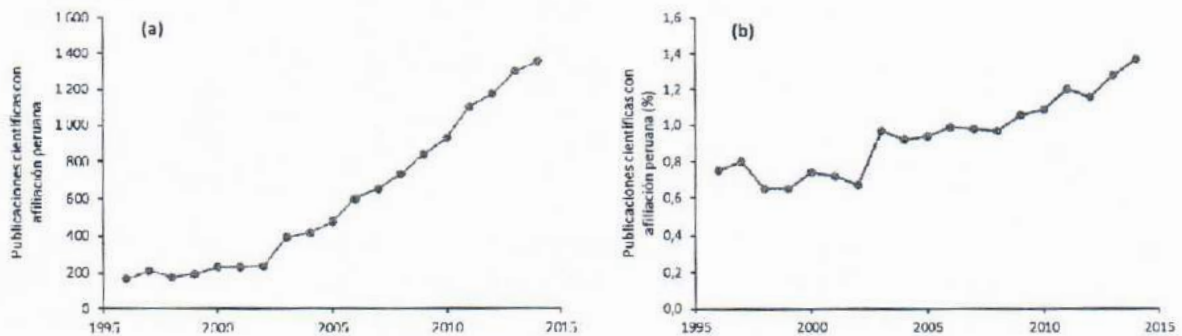
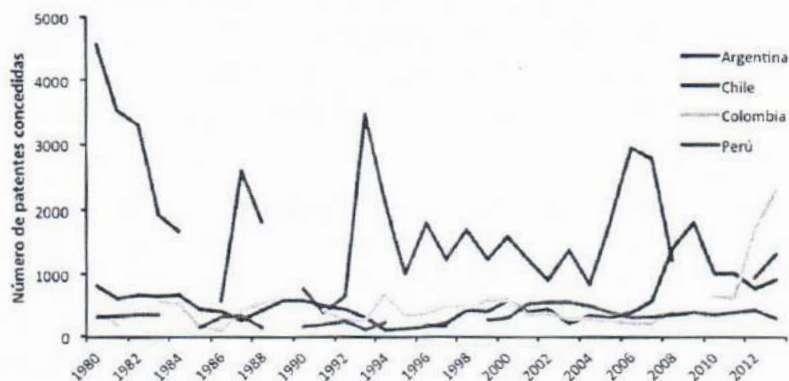


Figura 3. Producción científica en el Perú. (a) Número de publicaciones científicas con afiliación peruana en revistas indizadas en los últimos 20 años (fuente: SCImago. Elaboración propia). (b) Porcentaje de publicaciones científicas con afiliación peruana en revistas indizadas con relación al total publicado en la región (fuente: SCImago. Elaboración propia).



2

Figura 4. Número de patentes concedidas en Perú y en países de la región (fuente: WIPO. Elaboración propia).

En el área ambiental, el número de publicaciones muestra también una tendencia positiva, pero el Perú se encuentra en los lugares inferiores con respecto a otros países de la región como Colombia, Chile y Argentina (fig. 5). El escenario es más crítico cuando la comparación se hace con países con similar PBI, donde el Perú se encuentra muy por debajo de lo publicado por los otros países como Ucrania, Rumanía y Austria (fig. 6). Un caso particular lo representa Grecia, cuyo PBI anteriormente era mayor que el de Perú, pero actualmente se encuentra por debajo. Su producción científica no ha decrecido y está muy por encima de nuestro país (fig. 6a).

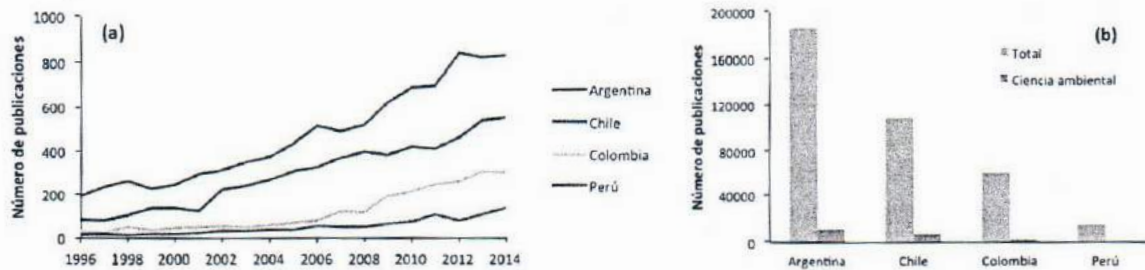


Figura 5. Producción científica en ciencia ambiental en el Perú y otros países de la región. (a) Variación histórica del número de publicaciones en ciencia ambiental (fuente: SCImago. Elaboración propia). (b) Número de publicaciones totales y en ciencia ambiental hasta 2015 (fuente: SCOPUS. Elaboración propia).

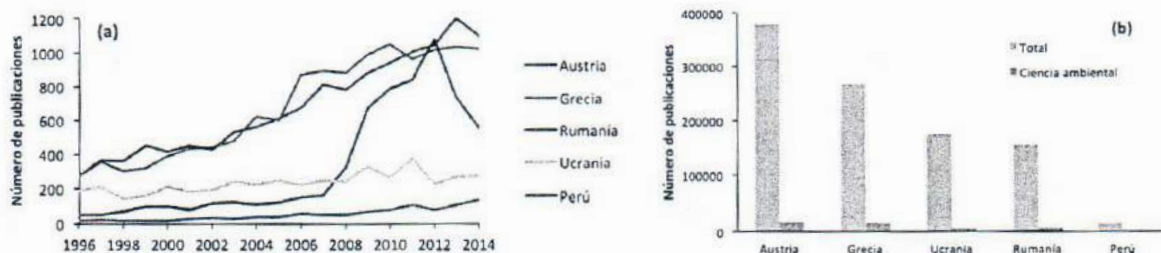


Figura 6. Producción científica en ciencia ambiental en el Perú y otros países con PBI similar. (a) Variación histórica del número de publicaciones en ciencia ambiental (fuente: SCImago. PBI de acuerdo al FMI). (b) Número de publicaciones totales y en ciencia ambiental hasta 2015 (fuente: SCOPUS. Elaboración propia. PBI de acuerdo al FMI).

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, etc.). El incremento de estudios científicos contribuirá en la determinación y actualización de los Estándares Nacionales de Calidad Ambientales (ECAs) y Límites Máximos Permisibles (LMPs) 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 IUCN, a CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora) y a CMS (Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals). 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 requiere ser gestionada con efectividad y eficiencia, siendo prioritario fortalecer los indicadores de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CTI), relacionados con la investigación, la masa crítica, la infraestructura y la sinergia institucional; de forma que atiendan las prioridades 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 frente a los grandes desafíos ambientales en el ámbito social, productivo y ecosistémico que afronta el país.

B. Problema principal

Una sociedad que apunta a la modernidad no solo debe mostrar una economía creciente, sino ser capaz de responder a los desafíos que le impone sus características ambientales, geográficas y sociales. Sin embargo, nuestro país todavía muestra un notable retraso en su capacidad de respuesta frente a los desafíos ambientales, debido principalmente a su **débil e ineficaz sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación tecnológica**. 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.

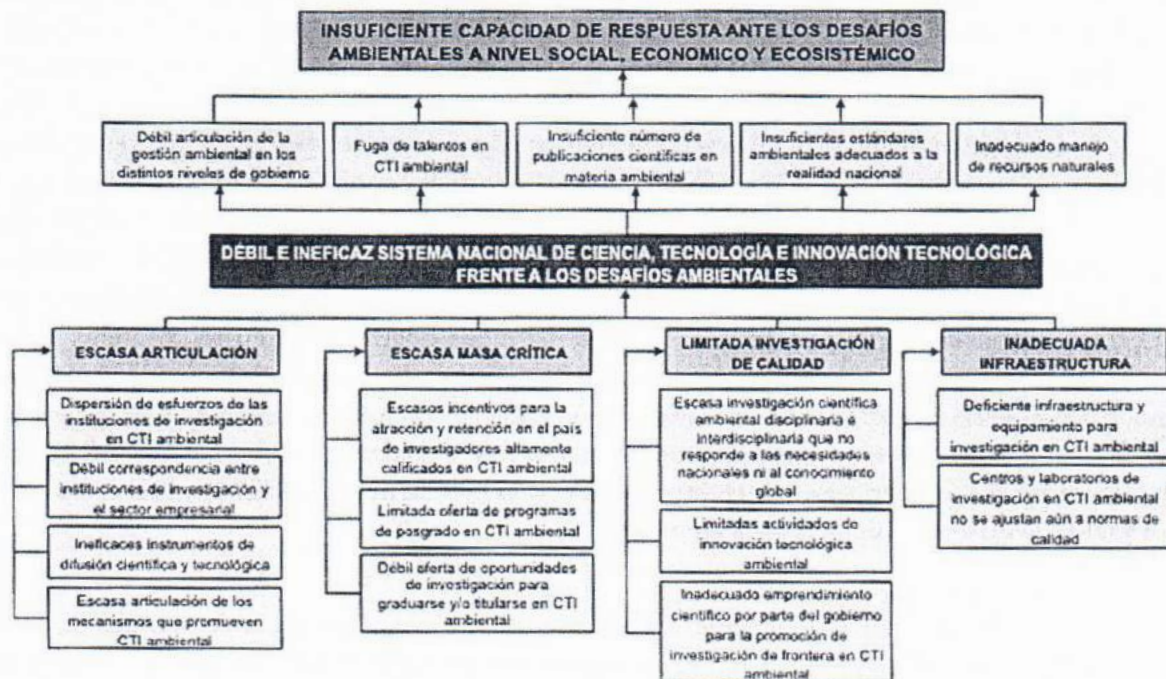


Figura 7. El árbol de problemas del CTI ambiental, con cuatro componentes o causas primarias identificadas: articulación, masa crítica, investigación e infraestructura.

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 ámbito ambiental se reflejará en mejores respuestas a los desafíos ambientales. A pesar de la contundencia de este Acuerdo, las políticas públicas y el apoyo del Estado y el sector privado no han sido suficientes hasta ahora 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 el uso del mismo en la solución de problemas del país usamos indicadores de CTI entre los que tenemos el número de profesionales altamente capacitados (masa crítica), el número de publicaciones en revistas indizadas (investigación), el número 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 7 veces comparado con 2012 (fig. 1b), pero aún continúa siendo uno de los más bajos de la región con respecto al PBI (fig. 1a). Asimismo, los indicadores de CTI muestran que las causas fundamentales o primarias de la debilidad e ineficacia del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación tecnológica son cuatro, reseñados en el árbol de problemas (fig. 7) y que se detallan a continuación:

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 conlleva a 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 demanda inversiones en ciencia y tecnología. Si nos comparamos con países como EE. UU., 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), encontraremos que nuestra inversión, sobre todo proveniente de las empresas, es todavía muy bajo (fig. 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 dentro de 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 ambiental.

2. Escasa masa crítica

La masa crítica de investigadores altamente calificados es insuficiente para que se desarrollen ciencia y tecnología 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, 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, el número de subvenciones para realizar estudios de posgrado en el tema ambiental es aún insuficiente. Si bien la oferta de programas de maestría y doctorado 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 y/o titularse**. Es decir, estudiantes de pregrado con potencial no tienen el apoyo necesario para desarrollar su tesis de grado o título. Asimismo, 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.



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 ni al conocimiento global. Este problema se ve reflejado en el bajo número de publicaciones indizadas arbitradas y patentes que se originan en el Perú (figs. 3 a 6). Los desafíos ambientales son generalmente muy complejos y requieren investigación científica intensa. En particular, muchos de estos desafíos requieren 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 limitada sinergia entre el sector empresarial y las instituciones de investigación se llevan a cabo un **número limitado de actividades de innovación tecnológica ambiental** que, de revertirse el panorama tan reducido, ayudarían a la nación a conservar y usar mejor los recursos naturales y servicios ecosistémicos. Por otro lado, también hay **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 las fronteras 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 hacer frente a los actuales desafíos ambientales y nuevos retos que puedan aparecer y requieran soluciones nuevas y creativas por parte de los investigadores.

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.

III. Visión a largo plazo

El presente Programa considera contar con un sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación tecnológica fuerte y eficaz para afrontar los desafíos ambientales, y considera que en los próximos 10 años se eleve la calidad y el número de investigaciones, investigadores e infraestructura en CTI ambiental, para que nuestro país mejore en su competitividad y gestión frente a los desafíos ambientales.

IV. Áreas temáticas de investigación

El Programa, siendo una herramienta de gestión para el desarrollo científico, tecnológico y de innovación tecnológica 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.

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).

Por otro lado, es importante mencionar que, siendo el Programa el marco Nacional de Ciencia y Tecnología Ambiental, guarda relación con las prioridades establecidas en la Agenda de Investigación Ambiental al 2021, donde se establecen líneas prioritizadas de investigación en el corto mediano y largo plazo en la temática ambiental (anexo I, MINAM 2016).

Tabla 2. Areas temáticas y líneas de investigación del Programa.

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

A. Variabilidad climática y cambio climático

De acuerdo a la definición del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (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 (p. ej. usando pruebas estadísticas) por los cambios en la media y/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 & 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 los años cincuenta, tanto en la atmósfera como el océano,



alcanzando niveles sin precedentes (IPCC 2013). En el contexto del Programa, 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 además acoplarlos a otros tipos de modelos como los ecológicos, socio-económicos, biológicos, 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, de poblaciones, etc. Los modelos climáticos desarrollados para simular la temperatura superficial a escala global han mejorado significativamente en los últimos años 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 25 “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 & Vuille 2009; Blázquez & Nuñez 2012). Por otro lado, 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 & Nuñez 2012; Jones & 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. El aumento en la temperatura, la frecuencia de sequías e inundaciones severas y posiblemente de 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 en la composición y diversidad de los ecosistemas, y la disminución en la capacidad de los bosques de mitigar las emisiones de dióxido de carbono (Thomas *et al.* 2004; Feeley *et al.* 2011; Fauset *et al.* 2012; Brienen *et al.* 2015).

En cuanto al océano, son escasas las proyecciones sobre nivel del mar, temperatura, oxígeno, productividad, nutrientes, pH y otras variables oceánicas que sufrirían cambios de acuerdo a 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 podrían terminar 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 encuentran en el Perú, especialmente en la Cordillera Blanca (Rabatel *et al.* 2013). Sin embargo, la mayoría de estos glaciares están 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, estos son transportados a zonas bajas, pudiendo afectar los ecosistemas y poblaciones humanas aledañas. El ejemplo emblemático es el Callejón de Huaylas donde se encuentra el mayor porcentaje de glaciares del país, y gran parte de la población de la región Ancash (Fraser 2012). Por otro lado, se ha detectado suelo congelado (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).
- **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 además tiene impactos en el clima de distintas regiones alrededor del mundo gracias a las teleconexiones atmosféricas y oceánicas. Por otro lado, la comunidad científica internacional recién está empezando a enfocarse en los diferentes tipos de El Niño, siendo de particular interés para el Perú los mecanismos de los eventos El Niño extremos que calientan intensamente la costa sudamericana (Takahashi *et al.* 2011; Takahashi & Dewitte 2015), pero que no están adecuadamente representados en los modelos utilizados para el pronóstico (Takahashi & 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 & Espinoza 2014). Por otro lado, también hay 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 escala regional y local; esta información es básica para comprender las variaciones en el clima de largo plazo. Específicamente, en la cuenca amazónica-andina peruana se ha detectado un calentamiento de 0,09 °C por década desde los años sesenta (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 las últimas décadas 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 & 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 la década del setenta (-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 frente a la evolución del clima con base en variaciones que no han sido detectadas por registros instrumentales de las últimas décadas 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 2 000 años), han sido realizados en glaciares (Thompson *et al.* 1985), sedimentos lacustres (Bird *et al.* 2011) y espeleotemas (Reuter *et al.* 2009; Apaéstegui *et al.* 2014). En los registros paleoclimáticos hay evidencia de desplazamientos de la zona de convergencia intertropical; sin embargo, no son claros los cambios de la variabilidad de eventos ENOS en los datos y tampoco en los modelos climáticos. Durante el último milenio, el periodo de la Pequeña Edad de Hielo (1500-1800 AC) 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 de mediados de los setenta ocurrido en el océano Pacífico tropical (Mantua & Hare 2002; Meehl *et al.* 2009), sus impactos aún no han sido estudiados en profundidad en el Perú. Además, esta variabilidad decadal parece tener una influencia importante sobre el patrón espacial, frecuencia e intensidad de los eventos ENOS (por ej. Wang & 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 a estos peligros. Ante 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 en su artículo 7 (COP21) 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 practicas, experiencias y enseñanzas de la aplicación de medidas de adaptación, así también los conocimientos científicos de 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 de emisiones con posibles beneficios indirectos y 33 medidas de mitigación (PlanCC 2014). Nuestra capacidad de mitigación es considerada aún baja (USAID 2011). Es por tanto necesario investigar el potencial de secuestro de carbono de los bosques secundarios, las plantaciones forestales y las áreas naturales protegidas (Post & Kwon 2000; Guo & 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.

B. Calidad ambiental

Calidad ambiental es un conjunto de propiedades y características generales o locales del ambiente y cómo estos afectan 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 de agua es uno de los problemas más graves, ya que afecta el abastecimiento de agua 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 gran mayoría se encuentran depositados al aire libre sin ningún tratamiento y cerca de poblaciones humanas o en los cuerpos de agua, y también a 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).

- **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, siendo el Perú el sexto mayor productor de oro en el mundo y el primero en América Latina (Román-Dañobeytia *et al.* 2015); por lo tanto, esto conlleva a 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 también tienen un impacto importante en calidad y estabilidad de suelo y



agua. 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). Teniendo como prioridad el cumplimiento de la Meta 15 de Aichi del Convenio sobre Diversidad Biológica, para 2020, se debe recuperar 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, contribuyendo así 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 recuperar estos ambientes. Esto se debe a la complejidad de estos proyectos que requieren desarrollar tecnologías para la remoción de contaminantes en el suelo, agua superficial y subterránea o sedimentos, así como estudios ecosistémicos y socio-económicos 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, pudiendo alcanzar concentraciones muy altas. Estas sustancias, a su vez, pueden concentrarse aún 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 & 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, posiblemente debido 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 están incrementando 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. También se sostiene 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 & Zuluaga Gómez 2001; Mori *et al.* 2003). La contaminación del agua, la contaminación del suelo,



los contaminantes de la atmósfera, 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 requiere 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 bio-indicadores 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 (p.ej. automóviles) y fuentes estacionarias externas (p.ej. fábricas) y estacionarias internas (p.ej. material de construcción). En el caso del agua, la contaminación es provocada mayormente por el ser humano. Muchos de los ecosistemas acuáticos como los ríos, lagos y lagunas reciben grandes cantidades de aguas residuales proveniente 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 y provocando 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, causando daños a la salud por sobreexposición (Carbajal-Arroyo *et al.* 2007). Por otro lado, 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 la 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 del país, ciudades y cuencas prioritarias, el inventario de fuentes contaminantes existente 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, así como 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 data, 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 data 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 & Caban 1998). La acumulación de estos residuos es un problema creciente en todas las regiones del país, donde no se cuenta con un adecuado manejo de residuos. Se requiere implementar en el país un sistema de disposición final de residuos que tenga mayor presencia en provincias. Para lograr el desarrollo sostenible del Perú es fundamental hacer frente a este grave problema ambiental que acompaña al desarrollo social y económico. Esto implica el desarrollo tecnológico y científico para diseñar productos que utilizan menos materiales,



utilizar procesos que generen menor cantidad de residuos, 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 trabajando 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; 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 (ej.: incineración, biogás) que incentiven la aparición de mejores prácticas.

C. 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. Es así que 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 & 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 18 regiones ecológicas, de las cuales 16 son terrestres y dos están restringidas al ámbito marino (Zamora 1996; León *et al.* 2006). Cada una de estas regiones alberga un gran número de ecosistemas; por ejemplo, si nos enfocamos en los Andes tropicales septentrionales y centrales, Josse *et al.* (2009) reconocen 133 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 gran mayoría de estos sistemas ecológicos (102 de 133) 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 culturales (Millenium Ecosystem Assessment 2005) enfrentan amenazas debido a la carencia de una gestión efectiva para su uso y conservación frente a 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). 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; Brienen *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; Brienen *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 también existe 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 y/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 de servicios, tomando en cuenta la variabilidad intrínseca y las alteraciones detectables debidas al cambio climático. A través de 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 nivel 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, etc. 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 (ej. agricultura, asentamientos humanos, plantación de bosques, productos forestales, etc.), 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, la conservación de diferentes bienes y servicios, logrando así 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 a los recursos geológicos y energéticos del país por parte de investigadores nacionales 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 podrá servir como base para las decisiones políticas relacionadas a 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 y los procesos y funciones asociados a los recursos hídricos, energéticos, geológicos y edáficos en el país, brindará bases para una adecuada gestión de los mismos 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 los mismos. 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 altamente vulnerables a estas actividades.

- **Investigaciones antárticas.** El Perú, mediante el Tratado Antártico de Washington de 1959 y su Política Nacional Antártica (D. S. n.º 014-2014-RE) se comprometió a profundizar la investigación científica en la Antártida y la protección de este ecosistema frente a 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; en ella 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 krill, el plancton y el monitoreo oceanográfico, no existen publicaciones científicas lideradas por científicos peruanos (por ej. 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 y a través del cual se detectaron por primera vez en la Antártida ecos polares



mesosféricos de verano o PMSE (Polar Mesosphere Summer Echoes en sus siglas en inglés) (Woodman *et al.* 1999). En resumen, las actividades de investigación se han limitado a principalmente a la toma de datos y no se ha utilizado la información obtenida para la producción científica a través de publicaciones indexadas y arbitradas, posiblemente por limitaciones en la capacidad científica y/o falta de incentivos.

D. 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. Actualmente, estos peligros o factores de riesgos de un sistema pueden ser 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 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 6 a 7 cm/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 & Pardo 1991; Tavera & Bernal 2008; Perfettini *et al.* 2010; Chlieh *et al.* 2011; Villegas-Lanza 2014). Asimismo, en el interior del continente también ocurren sismos de magnitud moderada, que son producto de la interacción de las fallas corticales, y que al ocurrir cerca de la superficie suelen ser perjudiciales. Por otro lado, una franja de más de 500 km 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 & Finizola 2005).

- **Eventos extremos climáticos e hidrológicos.** El Perú es un país altamente vulnerable a los eventos extremos climáticos e hidrológicos, los cuales pueden tener su origen en la variabilidad atmosférica de corto plazo como heladas, friajes, tormentas, etc. (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 nivel global, pero a pesar de décadas de esfuerzo en investigación aún se requiere mejorar nuestra capacidad de predicción a escala local y regional (Cai *et al.* 2015; Takahashi & Dewitte 2015), particularmente en cuanto a su patrón geográfico, intensidad, duración e impacto ecosistémico positivo o negativo, económico y social.

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 & Espinoza 2014), así como sequías en la cuenca amazónica (Espinoza *et al.* 2011a, 2013; Lavado-Casimiro & Espinoza 2014). En la Amazonía, las sequías y el incremento de incendios forestales están generalmente asociados al Fenómeno El Niño y a condiciones cálidas en el océano Atlántico tropical norte. En cambio, la intensificación de lluvias e inundaciones están a menudo asociados a eventos La Niña (Espinoza *et al.* 2013, 2014; Brando *et al.* 2014; Marengo & 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 los eventos hidrológicos extremos son más frecuentes desde inicio de los años noventa (Espinoza *et al.* 2009; Marengo & 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 el ámbito 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, minería, etc. (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). 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 de tiempo 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, 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 además desastres provocados por el hombre (ej. derrames petroleros) (UNISDR 2006).

Los SAT consideran cuatro componentes: estimación del riesgo, servicio de monitoreo y alerta, diseminación y comunicación, y capacidad de respuesta (Basher 2006; UNISDR 2006), a lo cual se puede adicionar la respuesta de los subsistemas (Waidyanatha 2010). El Perú, como uno de los países más vulnerables a desastres naturales (terremotos, sequías, friajes, inundaciones, etc.), requiere de una capacidad de respuesta basado no solo en sistemas de vigilancia y seguimiento, sino también evaluaciones de las vulnerabilidades con rigor científico. Los elementos para la implementación de cada SAT específico deben corresponder al instrumental de monitoreo y alerta (diseño y desarrollo), diseminación y comunicación (metodologías y su efectividad) y capacidad de respuesta (análisis y reforzamiento).

- **Eventos geospaciales.** 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, conllevar un impacto en sus actividades (Feynman & 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 en nuestro planeta, las cuales pueden inducir corrientes eléctricas superficiales que generen 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); estos 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. Es por ello que el seguimiento y estudio de estos eventos y fenómenos geospaciales 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 a 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 setiembre del 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.



V. Objetivos del Programa

El fin del Programa, su propósito u objetivo central y los medios agrupados en objetivos específicos o componentes, están definidos en base al problema principal, sus causas y efectos. El fin del Programa, 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 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 el número de publicaciones y producciones científicas y tecnológicas, los estándares ambientales y el uso de los recursos naturales.

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

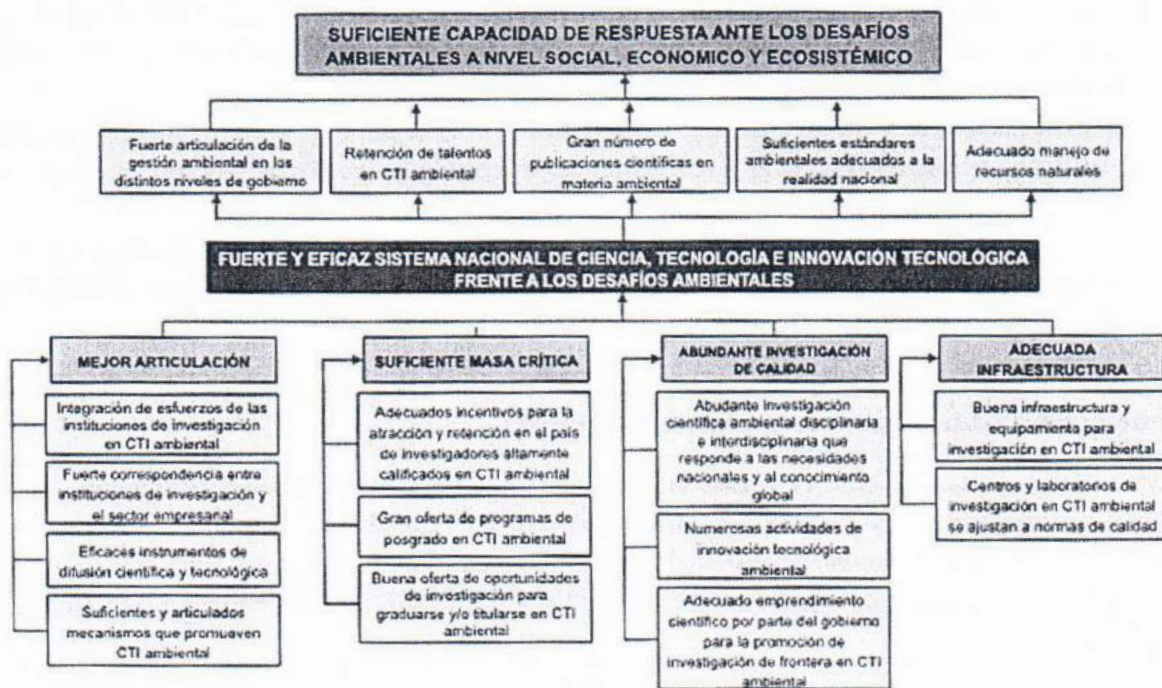


Figura 8. Árbol de objetivos con los cuatro componentes u objetivos específicos identificados.

1. 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 como medios los siguientes:

- 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, la sinergia entre los instrumentos de gestión de CTI a nivel nacional.

2. 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, ya que un mayor número de científicos y tecnólogos altamente calificados, podrán ser ejecutores que 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, 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 y/o titularse en CTI ambiental, incentivando proyectos de tesis y la inclusión de tesis dentro de proyectos de investigación.

3. 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 ambientales del país y al conocimiento global. Esto conllevará al incremento de publicaciones indizadas en el área ambiental que, si bien ha incrementado en los últimos años, aún se encuentra muy por debajo comparado con los países de la región y otros con PBI similar (figs. 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.

4. 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.

VI. Actividades, metas e indicadores

Las actividades, metas e indicadores del Programa se establecen considerando 3 aspectos: los desafíos nacionales de CONCYTEC, las causas identificadas en el árbol de problemas y el propósito identificado en el árbol de objetivos, los mismos que se articulan a los ejes de la Política Nacional del Ambiente. Estas actividades, metas e indicadores del Programa 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 el ámbito social, productivo y ecosistémico	• Número de tecnologías de prevención, mitigación y adaptación a desafíos ambientales	Información oficial Estadísticas INEI	Gobiernos nacional y subnacionales priorizan apoyo a actividades I+D+i Entiéndase por tecnología al software, investigación, métodos, técnicas, procedimientos, protocolos, etc.
Propósito			
Sistema nacional de CTI fortalecido y eficaz frente a los desafíos ambientales	• Número 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	• Número de círculos de investigación del área ambiental • Número de proyectos de investigación interinstitucionales • Número de publicaciones científicas en CTI ambiental en Perú • % Bases de datos institucionales sobre investigaciones ambientales integradas	Registros CONCYTEC y FONDECYT	Compromisos asumidos por sectores, academia, IPI y empresas para la implementación de CINTyA
		ALICIA / SINIA	
2. Mayor masa crítica de investigadores altamente calificados que desarrollen CTI ambiental de calidad	• Número de investigadores del Cuerpo de Investigadores en CTI ambiental • Número de investigadores altamente calificados del SINACYT residentes en el Perú	REGINA	Normativa política y leyes que permitan la creación del Cuerpo de Investigadores Inversión en masa crítica nacional de investigadores altamente calificados Mantenimiento de reformas en educación básica y superior
		Información del CONCYTEC y MINAM	
		• Número de subvenciones para estudios de postgrado en CTI ambiental	
	• Número de doctores en CTI ambiental graduados	Estadísticas INEI/SUNEDU	



3. Mayor investigación de calidad en CTI ambiental que responde a los desafíos ambientales nacionales y al conocimiento global	<ul style="list-style-type: none"> • Número de publicaciones científicas en revistas indizadas • Número de proyectos de investigación en CTI ambiental 	Registros de CONCYTEC Bases de datos Scopus, Web of Science, MEDLINE y Scielo	Creciente inversión en proyectos de CTI ambiental Mayor participación y compromiso de empresas
	<ul style="list-style-type: none"> • Número de nuevas patentes, diseños industriales y/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	<ul style="list-style-type: none"> • Número 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 plazo para este Programa para así alcanzar los objetivos planteados en aras a dar solución a los problemas identificados en Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica 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	Número de círculos de investigación del área ambiental	0	3	8
	Número de proyectos interinstitucionales	0	25	50
2. Mayor masa crítica de investigadores altamente calificados que desarrollen CTI ambiental de calidad	Número de investigadores de CTI ambiental que pertenece al Cuerpo Nacional Investigadores del Perú	0	100	250
	Número de investigadores posdoctorales (peruanos o extranjeros) subvencionados para laborar en universidades peruanas	0	100	200
	Número de programas de posgrado en CTI ambiental	0	8	12
	Número de graduados con becas nacionales para estudios de posgrado en CTI ambiental	0	80	120
	Número 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	Número de publicaciones científicas en la temática ambiental en revistas indizadas	131	500	800
	Número de publicaciones científicas de autores nacionales como autor corresponsal (corresponding author) en la temática ambiental en revistas indizadas	32	100	400
	Número de proyectos de investigación científica en CTI ambiental	16	100	250
	Número de nuevas patentes adjudicados a inventores nacionales relacionados al área ambiental	0	2	6
4. Mejor infraestructura y equipamiento de los centros y	Número de laboratorios y centros de investigación en CTI ambiental con	5	10	15



laboratorios de investigación en CTI ambiental	equipamiento de última generación e infraestructura adecuada			
--	--	--	--	--

Para que las metas establecidas se cumplan, es necesario establecer las actividades concretas a ser realizadas; en ese sentido presentamos las actividades a ser implementadas en atención a los subcomponentes en cada componente del Programa:

Componente	Subcomponentes	Actividades
Componente 1. 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 IPIs, sectores y academia
		Fortalecimiento de Grupos de Investigación en CTI ambiental (academia, IPI, sectores)
		Promoción de proyectos de investigación en CTI ambiental multidisciplinares
	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 a 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

Componente	Subcomponentes	Actividades
Componente 2. 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 de Investigadores del Perú
		Subvenciones posdoctorales
		Investigadores adjuntos
	2.2 Gran oferta de programas de posgrado en CTI ambiental	Investigadores senior
		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 y/o titularse en carreras de CTI ambiental	Fortalecimiento de programas de maestría	
	Fortalecimiento de programas de doctorado	
	Becas de posgrado en universidades extranjeras	
	Subvenciones para proyectos de grados o títulos	

Componente	Subcomponentes	Actividades
Componente 3. Investigación		
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	Proyectos de investigación aplicada
		Proyectos de investigación ambiental interdisciplinaria (TIC, biotecnología, CC. BB. y CC. SS.)



		Círculos de investigación en ciencia y tecnología ambiental (academia, empresa, IPI)
		Proyectos en áreas prioritarias regionales multidisciplinarias.
	3.2 Numerosas actividades de innovación tecnológica ambiental	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

Componente	Subcomponentes	Actividades
Componente 4. Infraestructura		
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	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





VII. Financiamiento

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

Tabla 4. Financiamiento para el Programa de Ciencia y Tecnología Ambiental. 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		
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 IPIs, sectores y academia	0	4	44 000	5	55 000	5	55 000	6	66 000	341 000
1.1.2 Fortalecimiento de grupos de investigación en CTI ambiental (academia, IPIs, sectores)	0	4	120 000	6	180 000	6	180 000	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	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	33 000
1.2.2 Promoción de Proyectos de investigación para la competitividad	0	1	11 000	1	11 000	1	11 000	2	22 000	33 000
1.2.3 Promoción de Proyectos de Investigación Aplicada de acuerdo a necesidades regionales y sectoriales	0	2	22 000	2	22 000	3	33 000	3	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	250 000
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	100 000
1.4 Suficientes y articulados mecanismos que promuevan CTI ambiental										



1.4.1 Reuniones de coordinación para sinergia de implementación de acuerdo a la normativa ambiental existente	0	2	22 000	2	22 000	2	22 000	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	1	11 000	1	11 000	1	11 000	2	22 000	77 000
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 de 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 senior	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 postgrado 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 y/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 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 (TIICS, Biotecnología, CC.BB, CC.SS)	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, IPIs)	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, se presenta en la tabla 5 el presupuesto total requerido por cada uno de sus componentes.

Tabla 5. Financiamiento requerido para el corto plazo para el Programa Nacional de CTI Ambiental

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 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 Nacional de CTI Ambiental

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 plazo (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



De la misma forma en la tabla 8 se muestra la priorización de las líneas de investigación.

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
	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
Mediano y Largo Plazo (4-6 Años)	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
--	---	------------	---	-----------------------------------	--	---	-----------------------

VIII. Compromisos institucionales

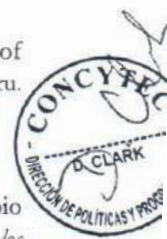
El Programa Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica Ambiental expresa el compromiso de los actores vinculados a la temática para implementar acciones conducentes al logro de los objetivos y metas establecidas. Igualmente, expresa la voluntad de unir esfuerzos académicos, sectoriales y empresariales, así como financieros y de gestión en el periodo establecido para la implementación del Programa.

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

- **Universidades:** se encargarán de desarrollar proyectos de investigación 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 aplicada disciplinaria y multidisciplinaria e innovación tecnológica, vinculando las metas del Programa 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 los 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 normatividad 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.

IX. Referencias

- Acuerdo Nacional. (2014). *Acuerdo Nacional: Consensos para enrumbar al Perú*. 1.ª ed. Exituno S. A., Lima.
- Adeona, 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. *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. & 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. *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. *J. South Am. Earth Sci.*, Hydrology, Geochemistry and Dynamic of South American Great River Systems, 44, 75-84.
- Asner, G. P., Llactayo, W., Tupayachi, R. & Luna, E. R. (2013). Elevated rates of gold mining in the Amazon revealed through high-resolution monitoring. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 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. *Rev. Peru. Med. Exp. Salud Pública*, 27, 512-519.
- Basher, R. (2006). Global early warning systems for natural hazards: systematic and people-centred. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. Math. Phys. Eng. Sci.*, 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. *Sci. Total Environ.*, 203, 83-91.
- Berkes, F. & 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. & Pahl-Wostl, C. (2013). Comparison of frameworks for analyzing social-ecological systems. *Ecology and Society*, 18, 26.
- Bird, B. W., Abbott, M. B., Rodbell, D. T. & Vuille, M. (2011). Holocene tropical South American hydroclimate revealed from a decadal resolved lake sediment $\delta^{18}\text{O}$ record. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 310, 192-202.
- Blázquez, J. & Nuñez, M. N. (2012). Analysis of uncertainties in future climate projections for South America: comparison of WCRP-CMIP3 and WCRP-CMIP5 models. *Clim. Dyn.*, 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. & Marengo, J. (2013). Complex networks identify spatial patterns of extreme rainfall events of the South American Monsoon System. *Geophys. Res. Lett.*, 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. *Geophys. Res. Lett.*, 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. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 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. *Nature*, 519, 344-348.
- Brochier, T., Echevin, V., Tam, J., Chaigneau, A., Goubanova, K. & Bertrand, A. (2013). Climate change scenarios predict a future reduction in small pelagic fish recruitment in the Humboldt Current system. *Glob. Change Biol.*, 19, 1841-1853.
- Brook, B. W., Sodhi, N. S. & Bradshaw, C. J. A. (2008). Synergies among extinction drivers under global change. *Trends Ecol. Evol.*, 23, 453-460.
- Buytaert, W., Vuille, M., Dewulf, A., Urrutia, R., Karmalkar, A. & Céleri, R. (2010). Uncertainties in climate change projections and regional downscaling in the tropical Andes: implications for water resources management. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 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. *Nat. Clim. 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. *J. Asthma Off. J. Assoc. Care 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. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 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. & Galindo, F. (2007). Sporadic meteor sources as observed by the Jicamarca high-power large-aperture VHF radar. *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. *J. Geophys. Res.*, 116, 1-21.



- Choi, J., An, S.-I., Kug, J. S. & Yeh, S.-W. (2010). The role of mean state on changes in El Niño's flavor. *Climate Dynamics*, doi: 10.1007/s00382-010-0912-1.
- Comte, D. & Pardo, M. (1991). Reappraisal of great historical earthquakes in the northern Chile and southern Peru seismic gaps. *Nat. Hazards*, 4, 23-44.
- CONCYTEC. (2006). *Plan Nacional Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Competitividad y el Desarrollo Humano, PNCTI 2006-2021*. Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC), Lima.
- CONCYTEC. (2014). *Principales indicadores bibliométricos de la actividad científica peruana 2006-2011*. Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC), Lima.
- Corvera, M. T. (2004). *Ciencia y tecnología, indicadores de la situación chilena*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, Santiago de Chile, Chile.
- Cossíos, E. D. (2010). Vertebrados naturalizados en el Perú: historia y estado del conocimiento. *Rev. Peru. Biol.*, 17, 179-189.
- Coynel, A., Schäfer, J., Hurtrez, J.-E., Dumas, J., Etcheber, H. & Blanc, G. (2004). Sampling frequency and accuracy of SPM flux estimates in two contrasted drainage basins. *Sci. Total Environ.*, 330, 233-247.
- Crowley, T. J. & North, G. R. (1988). Abrupt climate change and extinction events in Earth history. *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. *Environ. Sci. Process. Impacts*, 17, 478-487.
- Doherty, P. H., Delay, S. H., Valladares, C. E. & Klobuchar, J. A. (2003). Ionospheric Scintillation Effects on GPS in the Equatorial and Auroral Regions. *Navigation*, 50, 235-245.
- Doney, S. C., Fabry, V. J., Feely, R. A. & Kleypas, J. A. (2009). Ocean acidification: The other CO₂ problem. *Annu. Rev. Mar. Sci.*, 1, 169-192.
- Douglas, M. W., Mejia, J., Ordinola, N. & Boustead, J. (2009). Synoptic variability of rainfall and cloudiness along the coasts of Northern Peru and Ecuador during the 1997/98 El Niño event. *Mon. Weather Rev.*, 137, 116-136.
- Draper, F. C., Roucoux, K. H., Lawson, I. T., Mitchard, E. T., Coronado, E. N. H., Lähenteoja, O., et al. (2014). The distribution and amount of carbon in the largest peatland complex in Amazonia. *Environ. Res. Lett.*, 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). *Int. J. Climatol.*, 29, 1574-1594.
- Espinoza, J. C., Lengaigne, M., Ronchail, J. & Janicot, S. (2011a). Large-scale circulation patterns and related rainfall in the Amazon Basin: a neuronal networks approach. *Clim. Dyn.*, 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. *Geophys. Res. Lett.*, 38, L13406.
- Espinoza, J. C., Ronchail, J., Frappart, F., Lavado, W., Santini, W. & 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. *J. Hydrometeorol.*, 14, 1000-1008.
- Espinoza, J. C., Marengo, J. A., Ronchail, J., Carpio, J. M., Flores, L. N. & Guyot, J. L. (2014). The extreme 2014 flood in south-western Amazon basin: the role of tropical-subtropical South Atlantic SST gradient. *Environ. Res. Lett.*, 9, 124007.
- Espinoza, J. C., Chavez, S., Ronchail, J., Junquas, C., Takahashi, K. & 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). *J. Hydrol.*, 375, 297-311.



- Espinoza Villar, R., Martínez, 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. *J. Hydrol.*, 444-445, 221-228.
- Evans, S. G., Bishop, N. F., Fidel Smoll, L., Valderrama Murillo, P., Delaney, K. B. & 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. *Eng. Geol.*, 108, 96-118.
- Faniran, O.O. & Caban, G. (1998). Minimizing waste on construction project sites. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 5, 182-188.
- Farley, D. T. (2009). The equatorial E-region and its plasma instabilities: a tutorial. *Ann. Geophys.*, 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. *Ecol. Lett.*, 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. *J. Biogeogr.*, 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. *Geophys. Res. Lett.*, 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. & Gabriel, S. B. (2000). On space weather consequences and predictions. *J. Geophys. Res. Space Phys.*, 105, 10543-10564.
- Finizola, A., Lénat, J.-F., Macedo, O., Ramos, D., Thouret, J.-C. & Sortino, F. (2004). Fluid circulation and structural discontinuities inside Misti volcano (Peru) inferred from self-potential measurements. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 135, 343-360.
- Fisk, A. T., Hobson, K. A. & Norstrom, R. J. (2001). Influence of Chemical and Biological Factors on Trophic Transfer of Persistent Organic Pollutants in the Northwater Polynya Marine Food Web. *Environ. Sci. Technol.*, 35, 732-738.
- Flores, D., Céspedes, L. & 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. *Global Environmental Change*, 16, 253-267.
- Fraser, B. (2012). Goodbye glaciers. *Nature*, 491, 180-182.
- Garreaud, R. D. (2000). Cold air incursions over subtropical South America: Mean structure and dynamics. *Mon. Weather Rev.*, 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. *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. *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. *Geophys. Res. Lett.*, 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. *Rev. Peru. Geo-Atmosférica*, 3, 1-24.
- Guo, L. B. & Gifford, R. M. (2002). Soil carbon stocks and land use change: A meta-analysis. *Glob. Change Biol.*, 8, 345-360.
- Gutleb, A. C., Helsing, A. & 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. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 69, 523-529.
- Hall, S. J. (2001). Ecosystem effects of fishing. In: *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. *Deep-Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.*, 51, 1411-1419.



- Hurtado, J., Gonzales, G. F. & Steenland, K. (2006). Mercury exposures in informal gold miners and relatives in southern Peru. *Int. J. Occup. Environ. 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 (U.K.) and New York (U.S.A.).
- Jacinto, M. E. & Aguilar, S. (2007). Concentraciones traza de metales en especies marinas de la bahía de Huarmey, Ancash, Perú. *Rev. Peru. Biol.* Available at: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=195018549024>. Last accessed 16 October 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. *J. Environ. Qual.*, 26, 581.
- Jones, C. & Carvalho, L. M. V. (2013). Climate change in the South American monsoon system: present climate and CMIP5 projections. *J. Clim.*, 26, 6660-6678.
- Jørgensen, S. E. & Bendricchio, G. (2001). *Fundamentals of Ecological Modelling*. 3rd edn. Elsevier, Copenhagen, Denmark.
- Josse, C., Cuesta, F., Navarro, G., Barrera, 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., Barrera, 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. & 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. & Gruber, N. (2010). Ocean deoxygenation in a warming world. *Annu. Rev. Mar. Sci.*, 2, 199-229.
- Kessler, W. B., Salwasser, H., Cartwright, C. W. & Caplan, J. A. (1992). New perspectives for sustainable natural resources management. *Ecol. Appl.*, 2, 221-225.
- Kug, J.-S., Jin, F.-F. & An, S.-I. (2009). Two-types of El Niño events: cold tongue El Niño and warm pool El Niño. *Journal of Climate*, 22, 1499-1515.
- Lagos, P., Silva, Y., Nickl, E. & Mosquera, K. (2008). El Niño? related precipitation variability in Perú. *Adv. Geosci.*, 14, 231-237.
- Lähteenoja, O., Reátegui, Y. R., Räsänen, M., Del Castillo, T. D., Oinonen, M. & Page, S. (2012). The large Amazonian peatland carbon sink in the subsiding Pastaza-Marañón foreland basin, Peru. *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. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 106, 4752-4757.
- Lavado-Casimiro, W. & Espinoza, J. C. (2014). Impacts of El Niño and La Niña in the precipitation over Perú (1965-2007). *Rev. Bras. Meteorol.*, 29, 171-182.
- Lavado-Casimiro, W. S., Labat, D., Ronchail, J., Espinoza, J. C. & Guyot, J.-L. (2013a). Trends in rainfall and temperature in the Peruvian Amazon-Andes basin over the last 40 years (1965-2007). *Hydrol. Process.*, 27, 2944-2957.
- Lavado-Casimiro, W., Felipe, O., Silvestre, E. & Bourrel, L. (2013b). ENSO impact on hydrology in Peru. *Adv. Geosci.*, 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. *Nat. Toxins*, 7, 85-92.
- Legeley-Padovani, A., Mering, C., Guillaude, R. & Huaman, D. (1997). Mapping of lava flows through SPOT images an example of the Sabancaya volcano (Peru). *Int. J. Remote Sens.*, 18, 3111-3133.
- León, B., Pitman, N. & 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.). *Rev. Peru. Biol.*, 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. *Environ. Int.*, 37, 1157-1163.

- Loaiza, I., Hurtado, D., Miglio, M., Orrego, H. & 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. *Mar. Pollut. Bull.*, Marine pollution 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? *Environ. Sci. Technol.*, 47, 601-607.
- Lubchenco, J. (1998). Entering the century of the environment: A new social contract for science. *Science*, 279, 491-497.
- Mantua, N. J. & Hare, S. R. (2002). The Pacific Decadal Oscillation. *J. Oceanogr.*, 58, 35-44.
- Marengo, J. A. & Espinoza, J. C. (2015). Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends and impacts. *Int. J. Climatol.*
- Marengo, J. A., Tomasella, J., Alves, L. M., Soares, W. R. & Rodriguez, D. A. (2011). The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. *Geophys. Res. Lett.*, 38, L12703.
- Marengo, J., Cornejo, A., Satyamurty, P., Nobre, C. & Sea, W. (1997). Cold Surges in Tropical and Extratropical South America: The Strong Event in June 1994. *Mon. Weather Rev.*, 125, 2759-2786.
- Mark, B. G. (2008). Tracing tropical Andean glaciers over space and time: Some lessons and transdisciplinary implications. *Glob. Planet. 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? *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 90, 1467-1485.
- Mentes, G. (2015). Investigation of dynamic and kinematic landslide processes by borehole tiltmeters and extensometers. *Procedia Earth Planet. Sci.*, World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium, WMESS 2015, 15, 421-427.
- Millenium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, D. C.
- Min, Q., Su, J. & Zhang, R. (2015). What hindered the El Niño pattern in 2014? *Geophys. Res. Lett.*, doi:10.1002/2015GL064899.
- MINAGRI. (2012). *Plan de gestión de riesgo y adaptación al cambio climático en el sector agrario, período 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*. Ministerio del Ambiente (MINAM), Lima.
- MINAM. (2011). *Plan nacional de acción ambiental PLANAA-Perú 2011-2021*. Aprobado con D.S. N° 014-2011-MINAM. Ministerio del Ambiente (MINAM), Lima.
- MINAM. (2014). *Estrategia nacional de diversidad biológica al 2021. Plan de Acción 2014-2018*. Ministerio del Ambiente (MINAM), Lima.
- MINAM. (2016). *Agenda de investigación ambiental*. Aprobado con R.M. N° XXX-2016-MINAM. Ministerio del Ambiente (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. & Raymond, S. (2009). Incertitudes sur les métriques de qualité des cours d'eau (médianes et quantiles de concentrations, flux, cas des nutriments) évaluées a partir de suivis discrets. *Houille Blanche*, 68-76.
- Monneveux, P., Ramirez, D. A. & Pino, M.-T. (2013). Drought tolerance in potato (*S. tuberosum* L.): Can we learn from drought tolerance research in cereals? *Plant Sci.*, 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. *Chem. Geol.*, 287, 1-26.



- Morera, S. B., Condom, T., Vauchel, P., Guyot, J.-L., Galvez, C. & 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). *Hydrol Earth Syst Sci*, 17, 4641-4657.
- Mori, C., Komiya, 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. *EHP Toxicogenomics J. Natl. Inst. Environ. Health Sci.*, 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. *Environ. Res.*, 81, 185-194.
- Murphy, D., Lake, C., Kickey, A. & Baker, R. (2009). *Toward a sustainable future: challenges changes choices*. Dept. of Education, Province of Newfoundland and Labrador, St. John's, NL.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A.B., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *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, VA.
- National Science Board. (2014). Research and development: National trends and international comparisons. In: *Science and engineering indicators 2014*. National Science Foundation (NSF), Arlington, VA.
- Newell, B., C. L. Crumley, N. Hassan, E. F. Lambin, C. Pahl-Wostl, A. Underdalf, and R. Wasson. 2005. A conceptual template for integrative human-environment research. *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. *Science*, 279, 358-362.
- Nriagu, J.O. (1989). A global assessment of natural sources of atmospheric trace metals. *Nature*, 338, 47-49.
- Olea Serrano, N. & Zuluaga Gómez, A. (2001). Exposición infantil a disruptores endocrinos. *An. 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. & Amorello, D. (2015). Profiles and Sources of PAHs in Sediments from an Open-Pit Mining Area in the Peruvian Andes. *Polycycl. Aromat. Compd.*, 0, 1-23.
- Oreskes, N. (2004). Beyond the ivory tower. The scientific consensus on climate change. *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). *J. South Am. Earth Sci.*, 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. *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. *Environ. Pollut.* 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. *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. & Amaral, I. (2010). Drought-mortality relationships for tropical forests. *New Phytologist*, 187, 631-646.
- Phillips, P.S., Barnes, R., Bates, M.P. & Coskeran, T. (2006). A critical appraisal of an UK county waste minimisation programme: The requirement for regional facilitated development of industrial symbiosis/ecology. *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*. D.L. N° 1013, Lima.
- Post, W. M. & Kwon, K. C. (2000). Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. *Glob. Change Biol.*, 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. *The Cryosphere*, 7, 81-102.

- Ramirez, O. A., Carpio, C. E., Ortiz, R. & Finnegan, B. (2002). Economic Value of the Carbon Sink Services of Tropical Secondary Forests and Its Management Implications. *Environ. Resour. Econ.*, 21, 23-46.
- Reuter, J., Stott, L., Khider, D., Sinha, A., Cheng, H. & Edwards, R. L. (2009). A new perspective on the hydroclimate variability in northern South America during the Little Ice Age. *AGU Fall Meet. Abstr.*, 36, L21706.
- Reynel, C., Pennington, R. T. & Särkinen, T. (2013). *Cómo se formó la diversidad ecológica del Perú*. Lima.
- Reynolds, J. D., Dulvy, N. K., Roberts, C. M. (2002). Exploitation and other threats to fish conservation. En: *Handbook of fish biology and fisheries, Volume 2: Fisheries* (eds. Hart, P. J. B. & Reynolds, J. D.). Blackwell Science Ltd, pp. 319-341.
- Rivera, M., Thouret, J. C. & Gourgaud, A. (1998). Ubinas, el volcán más activo del sur del Perú desde 1550: Geología y evaluación de las amenazas volcánicas. *Bol. Soc. Geol. Perú*, 88, 53-71.
- Rivera, M., Thouret, J.-C., Mariño, J., Berolatti, R. & Fuentes, J. (2010). Characteristics and management of the 2006-2008 volcanic crisis at the Ubinas volcano (Peru). *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 198, 19-34.
- Rodbell, D. T., Delman, E. M., Abbott, M. B., Besonen, M. T. & Tapia, P. M. (2014). The heavy metal contamination of Lake Junín National Reserve, Peru: An unintended consequence of the juxtaposition of hydroelectricity and mining. *GSA Today*, 4-10.
- Rodríguez, L. C., Pascual, U. & Niemeyer, H. M. (2006). Local identification and valuation of ecosystem goods and services from Opuntia scrublands of Ayacucho, Peru. *Ecol. Econ.*, 57, 30-44.
- Rodríguez, L. O. & Young, K. R. (2000). Biological diversity of Peru: Determining priority areas for conservation. *AMBIO J. Hum. Environ.*, 29, 329-337.
- Román-Dañobeytia, F., Huayllani, M., Michi, A., Ibarra, F., Loayza-Muro, R., Vázquez, Telé., Rodríguez, L. & García, M. (2000). Reforestation with four native tree species after abandoned gold mining in the Peruvian Amazon. *Ecol. Eng.*, 85, 39-46.
- Safe, S. H. (2000). Endocrine disruptors and human health—is there a problem? An update. *Environ. Health Perspect.*, 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. & Stephens, C. (2001). The health of women who live near oil wells and oil production stations in the Amazon region of Ecuador. *Rev. Panam. 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. *Ann Geophys.*, 22, 3917-3926.
- Takahashi, K., Montecinos, A., Goubanova, K. & Dewitte, B. (2011). ENSO regimes: Reinterpreting the canonical and Modoki El Niño. *Geophys. Res. Lett.*, 38, L10704, doi: 10.1029/2011GL047364.
- Takahashi, K. & Dewitte, B. (2015). Strong and moderate nonlinear El Niño regimes. *Clim. Dyn.*, 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. *Meteorit. Planet. Sci.*, 44, 1967-1984.
- Tavera, H. & Bernal, I. (2008). The Pisco (Peru) earthquake of 15 August 2007. *Seismol. Res. Lett.*, 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. *Nature*, 427, 145-148.
- Thompson, L. G., Mosley-Thompson, E., Bolzan, J. F. & Koci, B. R. (1985). A 1500-Year Record of Tropical Precipitation in Ice Cores from the Quelccaya Ice Cap, Peru. *Science*, 229, 971-973.
- Thompson, L. G., Mosley-Thompson, E., Davis, M. E., Zagorodnov, V. S., Howat, I. M., Mikhailenko, V. N., et al. (2013). Annually resolved ice core records of tropical climate variability over the past ~1800 years. *Science*, 340, 945-950.
- Thouret, J.-C., Davila, J. & Eissen, J.-P. (1999). Largest explosive eruption in historical times in the Andes at Huaynaputina volcano, a.d. 1600, southern Peru. *Geology*, 27, 435-438.
- Thouret, J.-C., Rivera, M., Wörner, G., Gerbe, M.-C., Finizola, A., Fornari, M. & Gonzales, K. (2005). Ubinas: the evolution of the historically most active volcano in southern Peru. *Bull. Volcanol.*, 67(6), 557-589.



- Torres, M. A., West, A. J. & Clark, K. E. (2015). Geomorphic regime modulates hydrologic control of chemical weathering in the Andes–Amazon. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 166, 105-128.
- Tort, A. & Finizola, A. (2005). The buried caldera of Misti volcano, Peru, revealed by combining a self-potential survey with elliptic Fourier function analysis of topography. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 141, 283-297.
- Tote, C., Govers, G., Van Kerckhoven, S., Filiberto, I., Verstraeten, G. & Eerens, H. (2011). Effect of ENSO events on sediment production in a large coastal basin in northern Peru. *Earth Surf. Process. Landf.*, 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). Presented at the EGU General Assembly Conference Abstracts, p. 12592.
- UNISDR. (2006). *Developing early warning systems, a checklist: third international conference on early warning (EWC III)*. Bonn, Germany.
- Urrutia, R. & 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. *J. Geophys. Res. Atmospheres*, 114, D02108.
- USAID. (2011). *Peru climate change vulnerability and adaptation desktop study*. International Resources Group (IRG), Washington, DC.
- Villacorta, S., Fidel, L. & Zavala Carrión, B. (2012). Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa del Perú. *Rev. Asoc. Geológica Argent.*, 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, Francia.
- Waidyanatha, N. (2010). Towards a typology of integrated functional Early Warning Systems. *Int. J. Crit. Infrastruct. Impact Factor Inf.*, 6, 31-51.
- Wang, B. & An, S.-I. (2001). Why the properties of El Niño changed during the late 1970s. *Geophys. Res. Lett.*, 28, 3709-3712.
- Wang, B. & An, S.-I. (2002). A mechanism for decadal changes of ENSO behavior: roles of background wind changes. *Climate Dynamics*, 18, 475-486.
- Woodman, R. F. (2009). Spread F—An old equatorial aeronomy problem finally resolved? *Ann. Geophys.*, 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. *J. Geophys. Res. Space Phys.*, 104, 22577-22590.
- Xiang, B., Wang, B. & Li, T. (2012). A new paradigm for the predominance of standing Central Pacific Warming after the late 1990s. *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*). *Mar. Pollut. Bull.*, 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 tres primeros no se encuentran en el diccionario de la Real Academia 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 & 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 & 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 substrato sólido. En este se puede observar generalmente la dinámica temporal del clima, océano, hielo, sedimento o especies.



Anexos

Anexo I. Sinergia entre el Programa Nacional de CTI Ambiental 2016-2021 de CONCYTEC y la Agenda de Investigación Ambiental al 2021 de MINAM (MINAM 2016)

Por cada componente del Programa Nacional de Ciencia y Tecnología Ambiental hay una serie de líneas de acción listadas de forma alfabética. La lista numérica corresponde a las líneas de investigación de la Agenda de Investigación Ambiental al 2021 (AIA). Algunas líneas de investigación de la AIA son relevantes para más de una línea de acción del Programa.

N.º/COD	ÍTEMES
Programa	Área temática: Variabilidad climática y cambio climático
	Línea de acción 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 el mar peruano.
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, etc.) 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 el mar peruano.
17	Circulación atmosférica y oceánica asociados 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.
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 crítico-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 MDL (Mecanismos de Desarrollo Limpio).
Programa	Área temática: Calidad ambiental
Programa	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 nivel 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 y/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.
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 frente a 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 nivel 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 a 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, frente a 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, etc.) en la calidad del aire.
76	Comportamiento de los contaminantes atmosféricos (dispersión, transporte, disposición seca y húmeda, etc.).
77	Emisiones fugitivas de hidrocarburos en los tanques de almacenamiento de las baterías, refinerías, plantas de procesamiento y plantas en 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.
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, etc.) en la calidad del aire.
95	Comportamiento de los contaminantes atmosféricos (dispersión, transporte, disposición seca y húmeda, etc.).
96	Emisiones fugitivas de hidrocarburos en los tanques de almacenamiento de las baterías, refinerías, plantas de procesamiento y plantas en 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 reuso de agua residual doméstica.
98	Tecnologías para el reuso 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 domésticos e industriales.
102	Técnicas para el tratamiento de efluentes ácidos mediante humedales.
103	Valoración económica y ambiental del reuso de las aguas residuales.
104	Tecnologías para la disposición final de residuos sólidos (residuos orgánicos, residuos de material de construcción, etc.).
105	Caracterización de la peligrosidad de residuos sólidos domésticos, hospitalarios, industriales, etc.
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 (residuos orgánicos, residuos industriales, material de construcción, desmonte, etc.).
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.
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 blanco).
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 in situ de la agrobiodiversidad.
134	Valor económico de los ecosistemas y servicios ecosistémicos (en ecosistemas priorizados y en áreas naturales protegidas).
135	Stock 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, 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).
152	Impactos ambientales de la adopción del ecoturismo, turismo de la naturaleza y turismo de aventura como alternativas de desarrollo económico de la región amazónica.
153	Impactos ambientales del impulso, renovación y mejora de hidrovías como alternativas de transporte en la región amazónica.
154	Clima de la cuenca amazónica y de la región andina.
155	Dinámica de gases de efecto invernadero en ecosistemas con potencial de créditos de carbono y mercados de MDL (Mecanismos de Desarrollo Limpio).
156	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
157	Hábitats críticos para la conservación de la diversidad biológica.
158	Dinámica de poblaciones de especies CITES y amenazadas.
159	Impacto de las especies exóticas invasoras sobre la biodiversidad.
160	Técnicas y tecnologías para la conservación de especies amenazadas.
161	Diversidad genética y flujo de genes en las plantas nativas del Perú de importancia económica.
162	Técnicas de conservación de semillas de especies silvestres.
163	Variabilidad genética de especies con potencial económico y especies claves para la conservación de ecosistemas.
164	Parientes silvestres de las especies cultivadas, con fines de conservación e identificación de resistencia a factores adversos bióticos y abióticos.
165	Aprovechamiento sostenible de los recursos naturales
166	Conservación in situ de la agrobiodiversidad.
167	Comunidades bióticas en el suelo y su productividad.
168	Valoración económica de bienes y servicios ecosistémicos
169	Percepción de las comunidades nativas, campesinas y poblaciones urbanas sobre el patrimonio natural y su aprovechamiento.
170	Percepción de las poblaciones urbanas sobre el patrimonio natural y su aprovechamiento.
171	Conocimientos tradicionales como alternativas para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.
172	Productos y procesos con alto valor agregado para el biocomercio.
173	Diversidad biológica promisoriosa y los principales recursos con potencial de biocomercio y aplicación de modelos para el uso sostenible.
174	Saberes y los conocimientos tradicionales sobre las propiedades de los recursos posicionados y emergentes del biocomercio.
175	Propagación y reproducción masiva y estandarizada de los principales recursos posicionados y emergentes del biocomercio.
176	Bioprospección, vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva de las cadenas de valor de la biodiversidad para identificar potenciales innovaciones para el biocomercio.
177	Conocimientos y prácticas tradicionales para la lucha contra la desertificación y conservación de suelos.
178	Prácticas adecuadas de uso del suelo para las diversas actividades económicas.
179	Territorio comunal y su uso (extracción y conservación).
180	Impactos ambientales de los procesos de integración comercial.



181	Desarrollo productivo de áreas estratégicas de la Amazonía peruana.
182	Opciones productivas sostenibles y de conservación ambiental en la Amazonía peruana.
183	Impacto de diversos escenarios climáticos sobre la agrobiodiversidad y los sistemas productivos (agropecuarios y forestales).
184	Estudios de alcance (scoping) 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.
185	Características físicas del mar peruano y sus variaciones espacio-temporales en meso, macro y micro escala.
186	Variabilidad espacial y temporal de los procesos biogeoquímicos en columnas de agua y sedimentos marinos.
187	Relaciones funcionales oceanográficas y el sistema climático.
188	Características físicas de los ecosistemas acuáticos continentales y sus variaciones espacio-temporales.
189	Variabilidad espacial y temporal de los procesos biogeoquímicos en columnas de agua y sedimentos lacustres.
190	Factores físicos asociados a la dinámica fluvial en cuencas.
191	Actividades antropogénicas en los ecosistemas acuáticos marino-costeros y continentales.
192	Disponibilidad, demanda y calidad del agua de las cuencas del país.
193	Uso de los recursos hídricos.
194	Contaminación, niveles de salinidad y extracción de aguas continentales y subterráneas.
195	Comportamiento de cuerpos de agua continentales (lénticos y lóticos) orientados a la prevención de desastres.
196	Conocimientos y tecnologías tradicionales sobre el manejo sostenible del agua.
197	Modelos hidroambientales y su relación con la sostenibilidad social.
198	Clasificación, inventario, cambio de uso del suelo.
199	Impacto y la especificidad de los factores naturales y humanos que ocasionan la desertificación.
200	Cambio de uso de suelo y sus impactos.
201	Evaluación del impacto del cambio de uso de suelos.
Programa	Línea de acción prioritaria: Investigaciones antárticas
AIA	Investigación en la Antártida
202	Impacto antrópico en la Antártida y desarrollo de tecnologías y buenas prácticas para la remoción de residuos sólidos.
203	Estado del ecosistema antártico y su diversidad biológica.
204	Umbral antártico: resiliencia y adaptación del ecosistema.
205	Cambio climático en la Antártida.
206	Biología molecular y microbiología antártica.
207	Ciencias físicas, ciencias de la tierra.
208	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
209	Estudios sobre los sismos, tsunamis y procesos asociados.
210	Estudios sobre los volcanes activos y procesos asociados.
Programa	Línea de acción prioritaria: Eventos extremos climáticos e hidrológicos
AIA	Atmósfera e hidrósfera
211	El fenómeno El Niño: procesos físicos y su modelamiento.
212	Eventos extremos climáticos en los Andes y la Amazonía.
213	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 socio-económica sobre vulnerabilidades asociadas a peligros geofísicos.
214	Variabilidad espacial y temporal de los procesos biogeoquímicos en columnas de agua y sedimentos marinos.
215	Procesos de erosión de las zonas marino-costeras.
216	Peligros de pérdida de suelos por geodinámica externa.
217	Riesgos geológicos de movimientos en masa: deslizamientos, aluviones, avalanchas, y otros flujos.
218	Erosión y transporte de sedimentos.



219	Uso del territorio en zonas impactadas por peligros geológicos y geofísicos.
Programa	Línea de acción prioritaria: Sistemas de alerta temprana
AIA	Manejo de bosques, Modelos climáticos y escenarios futuros del clima, Atmósfera e hidrósfera, Investigación socio-económica sobre vulnerabilidades asociadas a peligros geofísicos.
220	Tendencias de deforestación y alerta temprana de eventos de deforestación.
221	Sistemas de alerta temprana para pronosticar eventos extremos relacionados al Niño y a la Niña.
222	Sistemas de alerta temprana para desbordes de lagunas.
223	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
224	Procesos ionosféricos peligrosos para actividades humanas.
225	Caracterización y evaluación de meteoros.
226	Física de la actividad solar.



Anexo II. Fundamentación de los desafíos nacionales

1. Marco general

El Plan Nacional Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Competitividad y el Desarrollo Humano (PNCTI 2006-2021)¹, elaborado bajo el marco de la Ley n.º 28303, Ley Marco de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica², es el documento en el que se propone la creación de una serie de programas que canalicen las líneas de acción en las áreas identificadas como prioritarias para satisfacer las demandas en Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) del país. Estos programas se han dividido en programas nacionales, regionales y especiales. Dentro de los programas nacionales, se incluye un grupo de programas sectoriales orientados a atender áreas productivas, sociales y ambientales, y otro grupo de programas transversales enfocados en áreas de especialización científica y tecnológica que puedan ser de utilidad en los campos de acción de los programas sectoriales.

Como parte de la implementación de los programas nacionales transversales propuestos en el PNCTI 2006-2021, el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (CONCYTEC) ha emitido la directiva n.º 003-2015, "Directiva para la formulación, aprobación, gestión, seguimiento, monitoreo y evaluación de los programas nacionales transversales de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica"³, que contempla, entre otras cosas, una fundamentación conceptual definida que dé un carácter orgánico al conjunto de programas y un diagnóstico de la situación actual del área temática correspondiente como punto de partida para definir el contenido general de cada programa. Entre la información relevante para el diagnóstico se ha considerado aquella proveniente de los sectores y organismos públicos relacionados con el área temática, los institutos de investigación, universidades y programas académicos, investigadores, publicaciones y patentes, entidades que financian la investigación e innovación tecnológica, entidades de investigación extranjeras de relevancia, empresas y gremios empresariales, infraestructura disponible y otros programas con los que pueda darse un potenciamiento en las acciones.

Con el propósito de contar con una visión general del fundamento de los programas nacionales transversales en la sección siguiente se describe el proceso a través del cual se han identificado los ejes de soporte conceptual de los 5 programas: programa de investigación básica, programa de biotecnología, programa de ciencia y tecnología de los materiales, programa de ciencia y tecnología ambiental, y programa de tecnologías de información y comunicación.

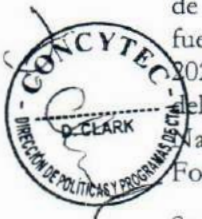
2. Definición del marco conceptual de los programas

Los programas nacionales transversales son herramientas a través de las cuales el CONCYTEC debe desarrollar un conjunto de líneas de acción orientadas a satisfacer una demanda en CTI. Esta demanda, que puede ser muy amplia y compleja, necesita ser organizada y sistematizada alrededor de grandes ejes o desafíos en función a una estrategia de desarrollo que procure el crecimiento sostenible y el bienestar a los miembros de la comunidad. La definición de grandes desafíos es, entonces, un ejercicio indispensable para organizar, priorizar y racionalizar las acciones que se van a tomar a través de los diferentes programas, a la vez que permite articular a estos últimos alrededor de sus puntos de sinergia y alinearlos con las políticas públicas y las preocupaciones de los miembros de la comunidad.

Para la identificación de los grandes desafíos que sirviesen de elemento unificador a los programas nacionales transversales de CONCYTEC, se utilizó en un principio el enfoque de mediano y largo plazo de experiencias internacionales previas como los desafíos de política para los próximos 50 años de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE)⁴, el programa marco Horizonte 2020 de la Unión Europea⁵ y los desafíos del Proyecto Milenio de las Naciones Unidas⁶. El insumo principal fueron los documentos de políticas y planes nacionales vinculados al desarrollo, entre ellos el PNCTI 2006-2021¹, los ejes, objetivos y acciones del Centro Nacional de Planeamiento Estratégico (CEPLAN) a través del Plan Bicentenario⁶, los planes sectoriales de los distintos ministerios, los documentos del Acuerdo Nacional, así como programas nacionales de otros países (Colciencias de Colombia, National Science Foundation de los Estados Unidos de Norteamérica, entre otros).

Se desarrolló un taller con la participación de los responsables de los programas de CONCYTEC, y en una primera etapa se llegó a la lista siguiente de desafíos:

- Competitividad y Diversificación Productiva



- Seguridad Alimentaria
- Salud y Bienestar Social
- Energía Limpia, Segura y Eficiente
- Gestión de Recursos Naturales y adaptación al Cambio Climático
- Ciudades Sostenibles
- Educación y Sociedad del Conocimiento
- Gestión Pública Eficiente y Transparente

En paralelo, se tomó en cuenta el documento “Elaboración de un mapeo de clusters en el Perú”, preparado por la consultora Metis-Gaia para el Consejo Nacional de la Competitividad, y en el que se identificó y calificó los “clusters” o conglomerados industriales del país de acuerdo con 5 criterios: masa crítica empresarial, potencial de crecimiento del negocio, ventaja competitiva del conglomerado, efecto de arrastre de la cadena en términos de empresas, ocupación y tecnología, y factibilidad de la iniciativa conglomerado. De esta calificación, se seleccionaron los 16 que alcanzaron el mayor puntaje y se les consideró como conglomerados priorizados.

Clusters	Ranking General
Minero Centro	1
Auxiliar Minero Lima y Arequipa	2
Moda Vestir en Lima	3
Turismo Cultural Cusco	4
Pelos Finos Arequipa-Cusco-Puno	5
Logística en el Callao	6
Construcción en Lima	7
Pesca: Harina y Aceite de Pescado de la costa	8
Pesca: Pescado Congelado y Conservas de la costa	9
Gastronomía & Food Service en Lima	10
Café del Norte	11
Salud en Lima	12
Software en Lima	13
Auxiliar Agroalimentario en Lima	14
Hortofrutícola en la Costa	15
Cárnico en Lima	16
Mango del Valle de San Lorenzo y Chulucanas (Piura)	16

Fuente: Consorcio Cluster Development - MetisGaia - Javier D’ávila Quevedo

En una segunda etapa del taller, se hizo un ejercicio preliminar en el que se evaluó qué programas contribuirían de manera significativa a la atención de los desafíos identificados, así como a los conglomerados priorizados. El resultado de tal ejercicio se resume en el cuadro que se muestra a continuación.



Programas Nacionales transversales CTI	Desafíos				Clúster - CNC															
	Competitividad industrial y diversificación productiva	Salud y bienestar social	Educación para una sociedad del conocimiento	Gestión de recursos naturales y adaptación al cambio climático	Módulo de vestir en Lima	Turismo cultural Cusco	Pe los fines Arequipa-Cusco-Puno	Logística en el Callao	Construcción en Lima	Pesca: Harina y aceite de pescado de la costa	Pesca: Pescado congelado y conservas de la costa	Gastronomía & Food Service en Lima	Café del Norte	Salud en Lima	Software en Lima	Auxiliar agroalimentario en Lima	Hortofrutícola en la Costa	Cárnicos en Lima	Mangos del valle de San Lorenzo y Chulucanas (Pura)	
Ambiental																				
Biotecnología																				
Ciencias Básicas																				
Materiales																				
TICs																				

Fuente: Programas nacionales transversales del CONCYTEC

Dejando de lado el programa nacional transversal de ciencias básicas, que por su propia naturaleza debe servir de soporte a cualquier actividad, se consideró que al menos uno de los programas restantes podía contribuir de manera significativa con los desafíos y conglomerados seleccionados, excepto por el caso de los conglomerados “Moda de vestir en Lima” y “Logística en el Callao” en los que no se pudo determinar vínculo alguno con los programas.

Debido a que abordar la totalidad de desafíos o conglomerados seleccionados resultaría una tarea inviable para los programas con los recursos de los que se dispone, se decidió, en una tercera etapa del taller, limitar el alcance a cuatro desafíos en los que se anticipaba una mayor contribución de los programas y que, a la vez, permitiesen tener una buena cobertura de los conglomerados priorizados. Los cuatro desafíos seleccionados fueron:

- **Competitividad Industrial y Diversificación Productiva:** capacidad para generar productos y servicios nuevos o mejorados (buena relación calidad/precio) para mayor satisfacción de los consumidores nacionales y extranjeros, y que le permita al país incrementar la producción y exportación de bienes con mayor valor agregado, así como la generación de empleo de calidad.
- **Seguridad Alimentaria:** capacidad de darle acceso a toda la población a alimentos nutritivos y variados frente al reto que plantea el crecimiento de la población nacional y mundial.
- **Salud y Bienestar Social:** implementación de sistemas de salud modernos y accesibles que permitan contar con una población sana, con calidad de vida plena y digna en un país en el que los índices de desarrollo humano son todavía insuficientes.
- **Gestión de Recursos Naturales y adaptación al cambio climático:** aprovechamiento de los recursos naturales para el beneficio de la sociedad, asegurando la sostenibilidad y el respeto al entorno. Preparación para enfrentar los cambios del clima y los desastres naturales, procurando un hábitat seguro, confiable y con recursos disponibles.

Con base en estos cuatro desafíos, los programas nacionales transversales, a excepción del de ciencias básicas por las razones ya expuestas, hicieron una propuesta preliminar de líneas prioritarias orientadas a atenderlos. Las líneas fueron las siguientes:

Programa de biotecnología

- Biotecnología vegetal



- Biología sintética
- Ingeniería microbiológica
- Pruebas de diagnóstico

Programa de ciencia y tecnología de los materiales

- Polímeros naturales y sintéticos
- Cerámicos
- Metales
- Compuestos
- Nanomateriales

Programa de ciencia y tecnología del ambiente

- Ciclos de producción
- Adaptabilidad de cultivos agrícolas
- Diversidad biológica
- Ecología de las enfermedades
- Eventos climáticos y geofísicos extremos
- Calidad ambiental
- Energías renovables

Programa de tecnologías de información y comunicación

- Servidores, redes, bases de datos, big data, aplicaciones SW y SIG
- Sistemas de comunicación
- Plataformas de capacitación y herramientas virtuales
- Interconexión e interoperatividad de las redes de comunicación
- Sistemas de detección remota y protocolo de alerta común (PAC)

La elección de los 4 desafíos y la relevancia de los programas nacionales transversales para su atención fueron validadas con la alta dirección de CONCYTEC a través de una encuesta y una cuarta y última etapa del taller participativo⁸, en el que se consideró el impacto de los programas en el corto (1-3 años), mediano (4-6 años) y largo plazo (7-15 años), asignándose un grado de importancia a cada uno, expresado como porcentajes en cuatro categorías (muy importante, importante, duda, poco importante) con relación a cada desafío.

	Biotecnología				Materiales				TIC				Ambiente				Ciencias Básicas			
	MI	I	D	PI	MI	I	D	PI	MI	I	D	PI	MI	I	D	PI	MI	I	D	PI
Competitividad Industrial y Diversificación Productiva	83	17	0	0	100	0	0	0	50	50	0	0	0	67	15	17	0	67	15	17
Seguridad Alimentaria	100	0	0	0	0	67	33	0	0	67	15	17	0	50	33	17	0	67	15	17
Salud y Bienestar Social	83	17	0	0	50	33	17	0	67	33	0	0	33	34	33	0	17	33	17	33
Gestión de Recursos Naturales y adaptación al cambio climático	50	33	0	17	17	66	17	0	0	67	33	0	100	0	0	0	17	50	0	33

- MI : muy importante
 I : importante
 D : duda
 PI : poco importante

Todos los datos expresan porcentajes (%)

La validación confirmó que, para todos los programas nacionales transversales, las categorías “muy importante” e “importante” con relación a los desafíos sumaban 50 % o más. Culminado el proceso de validación, se inició la formulación de los programas utilizando como marco conceptual los cuatro desafíos seleccionados.

3. Referencias



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

Ley n.º 28303, Ley Marco de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (2004).

CONCYTEC. (2015). Directiva n.º 003-201, Directiva para la formulación, aprobación, gestión, seguimiento, monitoreo y evaluación de los programas nacionales transversales de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica.

OECD. (2014). *Policy challenges for the next 50 years*. Recuperado de <http://www.oecd.org/economy/lookingto2060.htm>

Comisión Europea. (2014). Horizonte 2020 en breve. El programa Marco de Investigación e Innovación de la UE.

CEPLAN. (2011). Plan Bicentenario. El Perú hacia el 2021.

Consortio ClusterDevelopment - MetisGaia - Javier D'ávila Quevedo. (2013). Elaboración de un mapeo de clusters en el Perú.

Del Carpio, O. (2015). Recomendaciones para la definición de los programas nacionales transversales de ciencia, tecnología e innovación.



ANEXO 2

**ACTA DE APROBACIÓN DEL
PROGRAMA NACIONAL TRANSVERSAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
AMBIENTAL**

CINTyA





ACUERDOS DE LA REUNIÓN DEL COMITÉ DE FORMULACIÓN

LUGAR: CONCYTEC

FECHA: 5 de febrero de 2016

HORARIO: 09:00 a 13:00 horas

Agenda:

1. Aprobación de la versión final de CINTyA.
2. Definición de la fecha de lanzamiento oficial de CINTyA.

Desarrollo de la Sesión:

1. Se analizó cada uno de los aportes de la consulta pública y los textos adicionales producto de la reunión MINAM-CONCYTEC.
2. Se incluyó los aportes aprobados por el Comité de Formulación en base al numeral 1.
3. El CONCYTEC propuso el lanzamiento oficial para la segunda semana de marzo.

Aprobaciones:

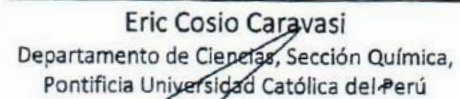
1. Se **aprobó** la versión final de CINTyA.
2. Se **consensuó** el lanzamiento oficial para la segunda quincena de marzo.



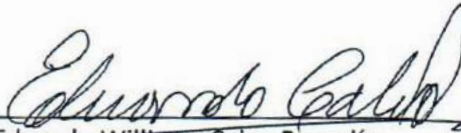
COMITÉ DE FORMULACIÓN



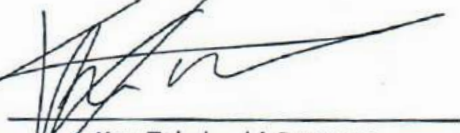
Elizabeth Silvestre Espinoza
Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e
Innovación Tecnológica, CONCYTEC



Eric Cosío Caravasi
Departamento de Ciencias, Sección Química,
Pontificia Universidad Católica del Perú



Eduardo Williams Calvo Buendía
Dirección de Medio Ambiente
Ministerio de Relaciones Exteriores



Ken Takahashi Guevara
Subdirección de las Ciencias de la Atmósfera e
Hidrosfera, Instituto Geofísico del Perú



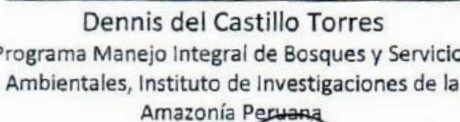
Sonia María González Molina
Dirección General de Investigación e Información
Ambiental, Ministerio del Ambiente



Dimítri Gutiérrez Aguilar
Dirección General de Investigaciones Oceanográficas
y Cambio Climático, Instituto del Mar del Perú



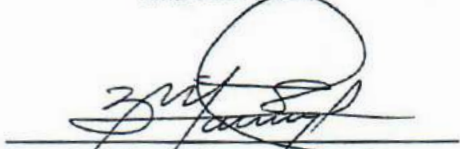
Fernando Carlos Chiock Chang
Dirección de Conservación y Planeamiento de
Recursos Hídricos, Autoridad Nacional del Agua



Dennis del Castillo Torres
Programa Manejo Integral de Bosques y Servicios
Ambientales, Instituto de Investigaciones de la
Amazonia Peruana



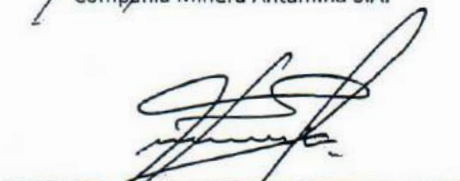
Juan Jesús Torres Guevara
Facultad de Ciencias, Departamento de Biología,
Universidad Nacional Agraria La Molina



Roberto Manrique Arce
Compañía Minera Antamina S.A.



Dante Torres Anaya
Oficina General de Gestión del Riesgo y Adaptación
al Cambio Climático, Universidad Nacional Mayor de
San Marcos



Nelson Ricardo Soto Fuentes
PLUSPETROL



ANEXO 3

RESOLUCIÓN DE PRESIDENCIA N° 131-2015-CONCYTEC-P
QUE CONSTITUYE EL COMITÉ DE FORMULACIÓN DEL
PROGRAMA NACIONAL TRANSVERSAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
AMBIENTAL

CINTyA



RESOLUCIÓN DE PRESIDENCIA N° 131 -2015-CONCYTEC-P

Lima.

25 SET. 2015

VISTO: El Informe N° 134-2015-CONCYTEC-DPP, de la Dirección de Políticas y Programas 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 personería 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 CTel y compatibilizar los Programas Regionales y Especiales de CTel 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, 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 CTel y su implementación;

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

Que, el Acápito V del Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 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. 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 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 CTel se constituirá mediante Resolución de Presidencia del CONCYTEC en base a la propuesta que presente la Dirección de Políticas y Programas de CTel. Asimismo, dispone que el Comité estará conformado por: (i) El Responsable del Programa Nacional Transversal de CTel del CONCYTEC; (ii) Representantes de los sectores a cuya competencia corresponde la especialización científico-tecnológica del Programa; (iii) Representantes del sector académico; y, (iv) Representantes del sector privado;

Que, mediante Informe N° 134-2015-CONCYTEC-DPP, la Dirección de Políticas y Programas de CTel solicita emitir la Resolución de Presidencia que constituya el Comité de Formulación del Programa Nacional Transversal de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica en Ciencia y Tecnología Ambiental;



Con el visado del Secretario General, de la Directora de la Dirección de Políticas y Programas de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica, y de la Jefa (e) de la Oficina General de Asesoría Jurídica;

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°.- Constituir el Comité de Formulación del Programa Nacional Transversal de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica en Ciencia y Tecnología Ambiental, el mismo que estará integrado por:

- a. Señora Elizabeth Silvestre Espinoza, Responsable del Programa Nacional Transversal de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica en Ciencia y Tecnología Ambiental, del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica - CONCYTEC, quien lo presidirá.
- b. Señor Eduardo Williams Calvo Buendía, Asesor de la Dirección de Medio Ambiente, representante del Ministerio de Relaciones Exteriores.
- c. Señorita Anita Arrascue Lino, Especialista en Fortalecimiento de Capacidades de la Dirección General de Cambio Climático, Desertificación y Recursos Hídricos, representante del Ministerio del Ambiente.
- d. Señorita Sonia María González Molina, Directora General de Investigación e Información Ambiental, representante del Ministerio del Ambiente.
- e. Señor Fernando Carlos Chock Chang, Responsable de la Unidad de Cambio Climático y Glaciares de la Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos, representante de la Autoridad Nacional del Agua.
- f. Señor Juan Jesús Torres Guevara, Profesor Principal de la Facultad de Ciencias del Departamento de Biología, representante de la Universidad Nacional Agraria La Molina.
- g. Señor Dante Torres Anaya, Jefe de la Oficina General de Gestión del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático, representante de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- h. Señor Eric Cosio Caravasi, Profesor Principal del Departamento de Ciencias de la Sección Química, representante de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- i. Señor Ken Takahashi Guevara, Encargado de la Sub Dirección de Ciencias de la Atmósfera e Hidrosfera, representante del Instituto Geofísico del Perú.
- j. Señor Dimitri Gutiérrez Aguilar, Director General de Investigaciones Oceanográficas y Cambio Climático, representante del Instituto del Mar del Perú.
- k. Señor Dennis del Castillo Torres, Director del Programa Manejo Integral de Bosques y Servicios Ambientales, representante del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana.
- l. Señor Roberto Manrique Arce, Gerente de Medio Ambiente, representante de la Compañía Minera Antamina S.A.
- m. Señor Nelson Ricardo Soto Fuentes, Gerente de Medio Ambiente, representante de PLUSPETROL.

Artículo 2°.- El Comité constituido en el Artículo precedente deberá observar las disposiciones establecidas 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, así como la normativa vigente sobre la materia.

Artículo 3°.- Notificar la presente Resolución a las instituciones públicas y privadas señaladas en el Artículo 1° de la presente Resolución.

Artículo 4°.- Encargar al Responsable del Portal de Transparencia del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica - CONCYTEC, la publicación de la presente Resolución.

Regístrese y comuníquese.



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

ANEXO 4

**INFORME N°0027-2015-CONCYTEC-ESE-DPP-SDCTT
QUE ACTUALIZA LA CONFORMACIÓN DEL COMITÉ DE FORMULACIÓN DEL
PROGRAMA NACIONAL TRANSVERSAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
AMBIENTAL**

CINTyA

INFORME N° 0027-2015-CONCYTEC-ESE-DPP-SDCTT



PARA MSc. Juana Kuramoto
Director de Políticas y Programas de CTI

DE Dra. Elizabeth Silvestre Espinoza
Responsable del Programa Nacional de CTI en Ciencia y Tecnología Ambiental

ASUNTO Comité de Formulación del Programa Nacional Transversal en CTI Ambiental

FECHA 14 de diciembre de 2015


Estimada MSc. Juana Kuramoto,

Por el presente es grato dirigirme a usted, para comunicarle que la conformación del Comité de Formulación del Programa Nacional Transversal de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica en Ciencia y Tecnología Ambiental actualmente considera a dos miembros que pertenecen al Ministerio del Ambiente, debido a que según la Directiva N° 003-2015-CONCYTEC/DPP, el Responsable del Programa Nacional Transversal de CTI, podrá identificar, seleccionar e invitar a los miembros del Comité de Formulación.

Sin embargo, según el Oficio N° 303-2015- MINAM-VMGA del 25 de setiembre de 2015, el Ministerio del Ambiente comunica la designación de la MSc. Sonia González Molina, como Representante del Ministerio del Ambiente ante el Comité de Formulación del Programa Nacional Transversal de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica en Ciencia y Tecnología Ambiental. En ese sentido, agradeceré proceder la actualización del Comité de Formulación del Programa Nacional de CTI Ambiental, considerando solamente a la **MSc. Sonia González Molina**, como representante del Ministerio del Ambiente.

Sin otro particular me despido de Usted.

Atentamente,


Elizabeth Silvestre Espinoza
Responsable del Programa Nacional de CTI
en Ciencia y Tecnología Ambiental

adj. Copia Oficio N° 303-2015- MINAM-VMGA
c.c. SDCTT

h