



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú - IGP



Memoria Institucional 2013



Ciencia para protegernos,
ciencia para avanzar.



Fotografías carátula

- 1) Estación sísmica Huaylas, ubicada en el cerro Limaqñan, provincia de Huaylas, región Áncash.
- 2) Fumarolas emitidas por el volcán Ubinas en el 2013.
- 3) Cangrejo rojo del manglar. (*Ucides occidentalis*).
- 4) Vista parcial de la antena principal del Radio Observatorio de Jicamarca.



Ciencia para protegernos,
ciencia para avanzar.



Evaluación geodinámica y geotécnica en el distrito de Parobamba, provincia de Pomobamba.

CONTENIDO

07 PRESENTACIÓN

08 MISIÓN Y VISIÓN DEL IGP

09 ORGANIGRAMA

10 MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO

13 INVESTIGADORES CIENTÍFICOS

14 GENERANDO CONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS

Artículos Indexados	14
Divulgación Científica	16

17 CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA

Sismología	18	Geodinámica Superficial	28
Geodesia Espacial	24	Vulcanología	32

35 CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA E HIDRÓSFERA

Variabilidad y Cambio Climático	36
---------------------------------	----

44 CIENCIAS DEL GEOESPACIO Y ASTRONOMÍA

Geoespacio	45
Astronomía	49

52 OPTIMIZANDO LAS TECNOLOGÍAS E INFRAESTRUCTURA

Redes Geofísicas	53
Centro Nacional de Datos Geofísicos	56

57 FORTALECIENDO CAPACIDADES

Asuntos Académicos	58
--------------------	----

61 GEOFÍSICA & SOCIEDAD

Dimensión Humana	62
Comunicaciones	64

66 COOPERACIÓN INSTITUCIONAL Y SERVICIOS

Convenios para el Desarrollo	67
Servicios Tecnológicos	69

70 POTENCIAL HUMANO

74 MEJORANDO LA GESTIÓN INSTITUCIONAL



Puerto 25 ubicado en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes.

RESUMEN EJECUTIVO

La ciencia es inherente al hombre y, por ende, se ha extendido desde sus orígenes por todo aquel camino donde la humanidad ha dejado huella. Avances científicos en campos tan disímiles como la Astronomía y la Medicina, realizados por culturas como las Preinca e Inca, nos hablan de la enorme herencia que tenemos los peruanos. Este pasado científico, hoy, se convierte en la mejor antesala a la labor del Instituto Geofísico del Perú: Ciencia para protegernos, ciencia para avanzar.

Por ello, en el año de su LXVI Aniversario, el IGP buscó consolidar procesos y abrir caminos que nos permitan afianzarnos como institución y establecer nuevos retos. En el 2013, se actualizó el Mapa Sísmico del Perú con el registro de la sismicidad del país en el periodo 1960 – 2011; se continuó con las investigaciones del proyecto Andes del Norte (ADN) que se ejecuta desde hace cinco años, en convenio con el IRD, para estudiar el ciclo sísmico en la zona de subducción de la región norte del Perú. Por otro lado, se intensificó el estudio y monitoreo del volcán Sabancaya ante un posible peligro de erupción y se iniciaron investigaciones como el proyecto EXGEA en la región de Quincemil, en Cusco, y en los poblados de Locroja, Yupán y Parobamba, donde se recomendó tomar acciones ante el riesgo de deslizamientos.

Asimismo, se continuaron ejecutando convenios con entidades aliadas y se formaron nuevas alianzas como la firmada con la Municipalidad de La Molina para impulsar la investigación científica en la comuna. Además, en el marco del convenio de cooperación interinstitucional entre el Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD) y el IGP, destacados investigadores franceses continúan desarrollando en nuestro país actividades de investigación de manera conjunta con el personal científico y técnico de la Institución. Actividades que se complementan con otras, tales como el monitoreo de la actividad sísmica y volcánica, de la deformación de la corteza de la

Tierra, de la interacción océano-atmósfera, entre otros. En cuanto a los estudios de los fenómenos que se producen en la alta y baja atmósfera, hasta la actualidad se cuenta con el apoyo de la Fundación Nacional de Ciencias de los EE.UU. que —a través de la Universidad de Cornell— mantiene un acuerdo colaborativo con el IGP para mantener y operar el Radio Observatorio de Jicamarca, cuyo radar de dispersión incoherente es considerado el más grande del mundo.

Desde el 2012, la Institución es parte del Programa Presupuestal (PP) N°68 “Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”, impulsado por el gobierno central a través del Ministerio de Economía. En el marco de este programa se logró ampliar la instrumentación geofísica a nivel nacional y se realizaron estudios relacionados a la actividad sísmica (Huacho, Barranca, Huarmey y Chimbote) y volcánica (Misti, Sabancaya y Ubinas) del país. Los resultados de estas investigaciones fueron difundidos por medio de reportes y mapas técnicos, además de talleres participativos en zonas vulnerables a eventos como sismos, tsunamis y erupciones volcánicas. Además, a partir del 2013, intervenimos en el PP N°35 “Gestión sostenible de recursos naturales y diversidad biológica”, en el cual el IGP es responsable de la valoración del ecosistema de manglar en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes.

Otros puntos importantes a destacar de este 2013 fueron el haber sido sede de la reunión *VAMOS PANEL* y del evento *CORDEX*, actividades en las que se congregaron científicos especializados en clima regional de diversos países del planeta; así como también el significativo aporte en número y calidad de nuevo personal científico que afianzará y extenderá las investigaciones que se desarrollan en la Institución, para buscar cumplir así ser los abanderados del estudio del gran laboratorio que es el Perú.

MISIÓN Y VISIÓN

MISIÓN

El Instituto Geofísico del Perú es una institución pública al servicio del país, adscrita al Ministerio del Ambiente, que genera, utiliza y transfiere conocimientos e información científica y tecnológica en el campo de la Geofísica y ciencias afines, forma parte de la comunidad científica internacional y contribuye a la gestión del ambiente geofísico con énfasis en la prevención y mitigación de desastres naturales y de origen antrópico.

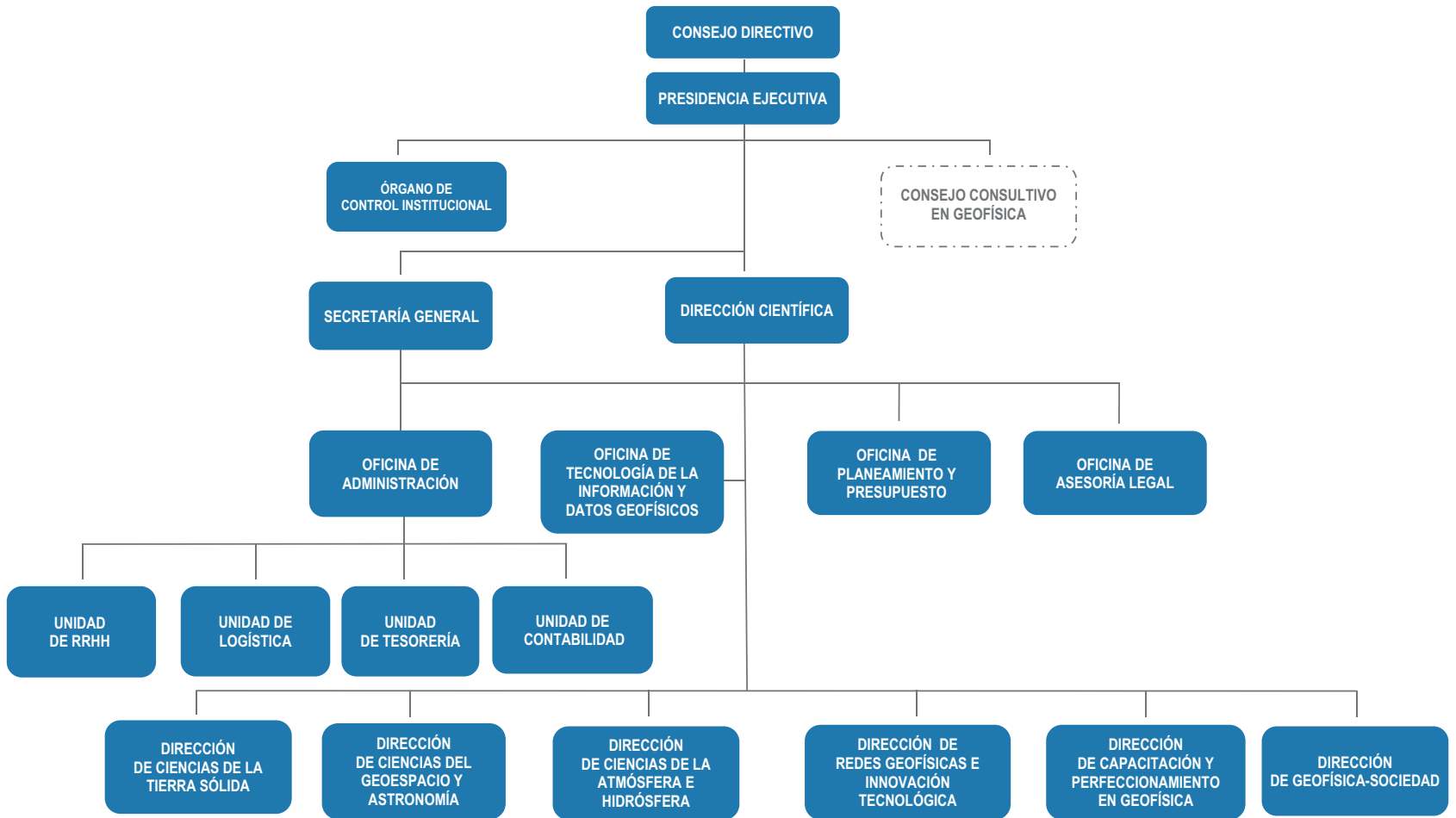
VISIÓN

El Instituto Geofísico del Perú se ha consolidado nacional e internacionalmente como una institución pública líder en la gestión del ambiente geofísico e investigación científica, aportando significativamente a la toma de decisiones en beneficio de la sociedad peruana.



Personal de Redes Geofísicas trabajando en el mantenimiento de la estación sísmica ubicada en el volcán Ubinas.

ORGANIGRAMA



El presente organigrama institucional fue elaborado durante los años 2011 y 2012 para su inclusión en los documentos de gestión en desarrollo.

Presidente Ejecutivo
Dr. Ronald Woodman Pollitt

Actual presidente del Instituto Geofísico del Perú (IGP). Ingeniero Mecánico Electricista por la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Máster y Ph.D. en Física Aplicada por la Universidad de Harvard. Presidente de la Academia Nacional de Ciencias del Perú. Miembro de la Academia Nacional de Ciencias de EE.UU. y de la *American Geophysical Society*. Premio *Edward Appleton* de la *Royal Society of London*. Premio Nacional a la Innovación. Premio Nacional de Cultura. Doctor *Honoris Causa* de las universidades: UNI, Universidad Ricardo Palma de Lima (URP) y Universidad de Piura (UDEP). Es reconocido como uno de los principales investigadores científicos del mundo en Aeronomía y ha publicado más de un centenar de artículos indexados en prestigiosas publicaciones científicas.

Vicepresidente
Ing. Alberto Giesecke Matto

Ingeniero Electricista por el *Rensselaer Polytechnic Institute (RPI)* de Troy, Nueva York. Campo de actividad: Geofísica, capacitación, fomento y aplicación de la ciencia para la mitigación de desastres ocasionados por fenómenos naturales. Exdirector del Centro Regional de Sismología para América del Sur (Ceresis). Fue presidente fundador del Consejo Nacional de Investigación, hoy Concytec, y de la Comisión de Geofísica del Instituto Panamericano de Geografía e Historia. Premio Cosapi a la Innovación. Palmas Magisteriales en el Grado de Amauta. Gran Cruz al Servicio Distinguido del Gobierno del Perú. Premio Nacional Daniel A. Carrión del Instituto Nacional de Cultura (INC). Doctor *Honoris Causa* por la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP). Por su enorme contribución al control de los efectos de los fenómenos naturales, reconocido como uno de los más destacados investigadores en geofísica del Perú y América Latina.

Miembro
Dr. Antonio Mabres Torelló

Licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad de Barcelona. Doctor en Ciencias Físicas por la Universidad de Zaragoza. Desde 1974 profesor de la Universidad de Piura (UDEP), de la que ha sido rector y actualmente es prorector. Representante nacional del Perú ante la Asociación Internacional de Ciencias Hidrológicas. Presidente de la Comisión de Ética de Indecopi. Miembro del Jurado del Premio de Buenas Prácticas de Gestión Pública, que organiza Ciudadanos Al Día (CAD). Miembro de la Sociedad Peruana de Física. Orden Isabel La Católica, en el grado de Encomienda, concedida por el Rey Juan Carlos de España. Destacado investigador especializado en el análisis del cambio climático y en el estudio de los efectos del fenómeno El Niño. Ha publicado artículos sobre el fenómeno El Niño, educación, ecología y gestión cultural.

CONSEJO DIRECTIVO

Miembro

Dr. Jorge Alva Hurtado

Ingeniero Civil y magíster en Ciencias, con mención en Estructuras por la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Máster en Ciencias e Ingeniería Civil por el Instituto Tecnológico de Massachussets. Ph.D. por la Universidad de Massachussets. Miembro de la Academia Nacional de Ciencias del Perú (ANC). Exdecano de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI. Presidente del Capítulo de Ingeniería Civil del Consejo Departamental de Lima del Colegio de Ingenieros del Perú. Miembro del Comité Técnico Permanente de la Norma Técnica de Edificación, Diseño Sismorresistente de Sencico. Investigador y hombre de empresa, con una admirable trayectoria como promotor del tema de seguridad en la construcción. Es uno de los oradores más reputados del país en el tema de infraestructura.

Miembro

Dr. Juan Tarazona Barboza

Biólogo por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM). Doctor en Recursos Naturales por la Universidad de Bremen, Alemania. Profesor principal de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNMSM. Académico titular de la Academia Nacional de Ciencia y Tecnología (ANCyT). Comparte el Premio Nobel de la Paz otorgado a los autores del IV Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático. Asesor de la Presidencia del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica. Director del Fondo Nacional de Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación Tecnológica. Presidente del Consejo Consultivo de la Facultad de Biología Marina y Ecomercados de la Universidad Científica del Sur. Investigador del Instituto de Ciencias Biológicas Antonio Raimondi en temas de impacto biológico de los eventos El Niño y el cambio climático, con más de 80 publicaciones en revistas especializadas internacionales. Distinguido como el investigador más destacado del período 1995-99 del área de Ciencias Básicas en la UNMSM.

Secretario

Dr. José Macharé Ordoñez

Actual director técnico del Instituto Geofísico del Perú. Ingeniero Geólogo de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Máster en Tectónica, Geología Estructural y Geofísica. Doctor en Ciencias de la Tierra de la Universidad de París XI. Ha desarrollado su actividad profesional tanto en la investigación como en la industria y en el mundo académico. Ha trabajado como geólogo de exploraciones en empresas mineras de prestigio como *Newmont Ltd.*, *North Ltd.* y *Barrick Gold*. Exdirector ejecutivo del Instituto Nacional de Geología, Minería y Metalurgia (Ingemmet). Condecorado por el gobierno francés con la "Orden de las Palmas Académicas" por su brillante labor científica y su dedicación a las geociencias. Paralelamente, ejerce la docencia de los cursos de geología estructural y geotectónica en la Escuela de Geología de la UNI.



Inundación que afectó durante el 2013 al poblado de Yanajanca, ubicado en la parte baja del río Huallaga.



INVESTIGADORES CIENTÍFICOS

- Ronald Woodman, Ph.D., Universidad de Harvard, EE.UU.
- José Macharé, Ph.D., Universidad de París XI, Francia.
- Pablo Lagos, Ph.D., Instituto de Tecnología de Massachusetts, EE.UU.
- Edmundo Norabuena, Ph.D., Universidad de Miami, EE.UU.
- Hernando Tavera, Ph.D., Universidad Complutense de Madrid, España.
- Orlando Macedo, Ph.D., Universidad de París XI, Francia.
- Jorge Chau, Ph.D., Universidad de Colorado, EE.UU.
- Ken Takahashi, Ph.D., Universidad de Washington, EE.UU.
- Jhan-Carlo Espinoza, Ph.D., Universidad Pierre y Marie Curie, Francia.
- Marco Milla, Ph.D., Universidad de Illinois en Urbana-Champaign, EE.UU.
- Danny Scipión, Ph.D., Universidad de Oklahoma, EE.UU.
- Ivonne Montes, Ph.D., Universidad de Concepción, Chile.
- José Ishitsuka, Ph.D., Universidad de Tokio, Japón.
- Yamina Silva, Ph.D., Instituto Estatal de Hidrometeorología, Rusia.
- Adolfo Inza, Ph.D., Universidad Joseph Fourier, Francia.
- Antonio Pereyra, Ph.D., Universidad de Sao Paulo, Brasil.
- Edgardo Pacheco, Ph.D., Universidad de Texas en Dallas, EE.UU.
- Nobar Baella, Ph.D., Observatorio Nacional de Brasil, Brasil.
- Kobi Mosquera, Ph.D. (c), Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.
- Juan Carlos Villegas, Ph.D. (c), Universidad de Niza Sophia Antipolis, Francia.
- James Apaéstegui, Ph.D. (c), Universidad Federal de Fluminense, Brasil.
- Sergio Morera, Ph.D. (c), Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.
- Juan Carlos Gómez, M.Sc., Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.
- Alejandra Martínez, M.Sc., Universidad Ricardo Palma, Perú.
- Federico Pardo, M.Sc., Instituto de Tecnología de Massachusetts, EE.UU.
- Hugo Trigoso, M.Sc., Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales, Brasil.
- Grace Trasmonte, M.Sc., Universidad Ricardo Palma, Perú.
- Isabel Bernal, M.Sc., Universidad Nacional Autónoma, México.
- Sheila Yauri, M.Sc., Universidad de Niza Sophia Antipolis, Francia.
- Liliana Torres, M.Sc., Universidad Blas Pascal, Francia.
- Julio Quijano, M.Sc., Universidad Peruana Cayetano Heredia, Perú.
- Ricardo Zubieta, M.Sc., Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.

PERSONAL RESPONSABLE DE SOPORTE TÉCNICO E INFORMÁTICO

- David Portugal, Ing., Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.
- María Rosa Luna, Ing., Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.

GENERANDO CONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS

ARTÍCULOS INDEXADOS

El resultado final de toda investigación se cristaliza a través de artículos indexados¹ publicados en revistas de prestigio internacional. En el presente año, los investigadores del Instituto Geofísico del Perú han continuado con el esfuerzo de divulgar a la comunidad científica nuevos conocimientos, lográndose publicar artículos.

CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA

1. *Byrdina, S., D. Ramos, J. Vandemeulebrouck, P. Masías, A. Revil, A. Finizola, K. González Zuñiga, V. Cruz, Y. Antayhua, and O. Macedo, Influence of the regional topography on the remote emplacement of hydrothermal systems with examples of Ticsani and Ubinas volcanoes, Southern Peru, Earth and Planetary Science Letters, 365, 152–164, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.epsl.2013.01.018>.*
2. *Inza, L. A., J. P. Métaixianb, J. I. Marsa, C. J. Beanc, G. S. O’Brienc, O. Macedo, and D. Zandomeneghib, Analysis of dynamics of vulcanian activity of Ubinas volcano, using multicomponent seismic antennas, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 270, 35–52, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2013.11.008>.*
3. *Ward, K. M. , R. C. Porter, G. Zandt, S. L. Beck, L. S. Wagner, E. Minaya, and H. Tavera, Ambient noise tomography across the Central Andes, Geophysical Journal International, 194 (3), 1559-1573, doi: 10.1093/gji/ggt166.*

CIENCIAS DEL GEOESPACIO Y ASTRONOMÍA

1. *Chapagain, N. P., D. J. Fisher, J. W. Meriwether, J. L. Chau, and J. J. Makela, Comparison of zonal neutral winds with equatorial plasma bubble and plasma drift velocities, Journal of Geophysical Research, 117(A6), doi: 10.1002/jgra.50238.*
2. *Chau, J. L., T. Renkwitz, G. Stober, and R. Latteck, MAARSY multiple receiver phase calibration using radio sources, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jastp.2013.04.004>.*
3. *Milla, M. , E. Kudeki, P. Reyes, and J. L. Chau, A multi-beam incoherent scatter radar technique for the estimation of ionospheric electron density and Te/Ti profiles at Jicamarca, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 105-106, 214–229, doi: 10.1016/j.jastp.2013.06.003.*
4. *Galindo, F., J. Urbina, J. L. Chau, L. Dyrud, and M. Milla, On the characterization of radar receivers for meteor-head echoes studies, Radio Science, 48, 33–41, doi:10.1029/2012RS005034.*

¹ Los artículos indexados son aquellas publicaciones que pasan por un proceso de arbitraje antes de ser publicados en revistas internacionales.

**CIENCIAS DE LA
ATMÓSFERA E
HIDRÓSFERA**

5. *Goncharenko, L., J. L. Chau, P. Condor, A. Coster, and L. Benkevitch, Ionospheric effects of sudden stratospheric warming during moderate-to-high solar activity: Case study of January 2013, Geophysical Research Letters, 40(19), 4982–4986, doi: 10.1002/grl.50980.*
6. *Harding, B. J. and M. Milla, Radar imaging with compressed sensing, Radio Science, 48(5), 582–588, doi: 10.1002/rds.20063.*
7. *Olson, M., B. Fejer, C. Stolle, H. Luhr, and J. L. Chau, Equatorial ionospheric electrodynamic perturbations during Southern Hemisphere stratospheric warming events, Journal of Geophysical Research, 118(3), 1190–1195, doi: 10.1002/jgra.50142.*
8. *Rodrigues, F. S., E. B. Shume, E. R. de Paula, and M. Milla, Equatorial 150 km echoes and daytime F region vertical plasma drifts in the Brazilian longitude sector, Annales Geophysicae, 31, 1867-1876, doi:10.5194/angeo-31-1867-2013.*
1. *Belmadani, A., V. Echevin, F. Codron, K. Takahashi, and C. Junquas, What dynamics drive future wind scenarios for coastal upwelling off Peru and Chile?, Climate Dynamics, 10.1007/s00382-013-2015-2.*
2. *Cambon G., K. Goubanova, P. Marchesiello, B. Dewitte, S. Illig, and V. Echevin, Assessing the impact of downscaled atmospheric winds on a regional ocean model simulation of the Humboldt system, Ocean Modelling, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocemod.2013.01.007>.*
3. *Espinoza, J. C., J. Ronchail, F. Frappart, W. Lavado, W. Santini, and J-L Guyot, The major floods in the Amazonas river and tributaries (Western Amazon basin) during the 1970 – 2012 period: A focus on the 2012 flood, Journal of Hydrometeorology, doi: 10.1175/JHM-D-12-0100.1.*
4. *Espinoza, J. C., J. Ronchail, M. Lengaigne, N. Quispe, Y. Silva, M. L. Bettolli, G. Avalos, and A. Llacza, Revisiting wintertime cold air intrusions at the east of the Andes: propagating features from subtropical Argentina to Peruvian Amazon and relationship with large-scale circulation patterns, Climate Dynamics, doi: 10.1007/s00382-012-1639-y.*
5. *Gloor M., R. J. W. Brienen, D. Galbraith, T. R. Feldpausch, J. Schöngart, J.-L. Guyot, J. C. Espinoza, J. Lloyd and O. L. Phillips. Intensification of the Amazon hydrological cycle over the last two decades, Geophysical Research Letters, doi: 10.1002/grl.50377.*
6. *Guimberteau, M., J. Ronchail, J. C. Espinoza, M. Lengaigne, B. Sultan, J. Polcher, G. Drapeau, J-L. Guyot, A. Ducharne, and P. Cialis, Future changes in precipitation and impacts on extreme streamflow over Amazonian sub-basins, Environmental Research Letters, 8, 01403, doi:10.1088/1748-9326/8/1/014035.*
7. *Morera, S. B., T. Condom, P. Vauchel, J.-L. Guyot, C. Galvez, and A. Crave, Pertinent spatio-temporal scale of observation to understand suspended sediment yield control factors in the Andean region: the case of the Santa River (Peru), Hydrology and Earth System Sciences, 17, 4641-4657, doi:10.5194/hess-17-4641-2013.*

8. **Mosquera-Vásquez, K., B. Dewitte, S. Illig, K. Takahashi, and G. Garric**, *The 2002/2003 El Niño: Equatorial waves sequence and their impact on sea surface temperature*, *Journal of Geophysical Research*, 118(1), 346–357, doi: 10.1029/2012JC008551.
9. **López-Moreno, J.I., S. Fontaneda, J. Bazo, J. Revuelto, C. Azorin-Molina, B. Valero-Garcés, E. Morán-Tejeda, S.M. Vicente-Serrano, R. Zubieta, and J. Alejo-Cochachín**, *Recent Glaciar Retreat and Climate Trends in Cordillera Huaytapallana*, *Global and Planetary Change*, 112, 1–11.

DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

La difusión de los resultados de las investigaciones que se realizan, a través de presentaciones y ponencias, es un valor agregado que genera el IGP. El alto número de exposiciones (128) realizadas durante el 2013, pone en evidencia el interés en diseminar los estudios de la Institución, los cuales son compartidos con la comunidad científica nacional e internacional, así como con los tomadores de decisiones y público en general.

En cuanto a Ciencias de la Atmósfera e Hidrosfera, el área de Investigación en Variabilidad y Cambio Climático realizó 19 presentaciones en el ámbito nacional, donde los temas recurrentes fueron los estudios del fenómeno El Niño, los eventos extremos hidrológicos en la Amazonía y los glaciares en los Andes centrales. Además, en el 2013 sus investigadores coorganizaron y participaron en dos eventos internacionales que se desarrollaron en el IGP: “VAMOS PANEL” y “VAMOS CORDEX”, los cuales congregaron a expertos del extranjero en clima regional.

En lo que se refiere a Ciencias de la Tierra Sólida, el área de Investigación en Sismología registró 73 presentaciones nacionales, las mismas que se desarrollaron en entidades tanto públicas como privadas con el objetivo de satisfacer la

demanda de información sobre eventos sísmicos. Por su parte, el área de Investigación en Geodesia Espacial realizó once presentaciones y además colaboró con el plan de capacitación escolar del colegio Franco-Peruano de Lima, mediante el cual dos estudiantes compartieron actividades en el IGP, recibiendo entrenamiento introductorio durante tres días.

En cuanto a las exposiciones en el exterior, destaca la participación de científicos de las áreas de Investigación en Geoespacio, Variabilidad y Cambio Climático y Geodesia Espacial en el “2013 Meeting of the Americas (AGU)”, del área de Astronomía en el tercer taller “Peru-Japan FMT Data Analysis”, mientras que de las áreas de Geodinámica Superficial y Vulcanología lo hicieron en el “Workshop Observatorio de San Calixto”. Además, al igual que en años anteriores, personal del área de Geoespacio participó en el “Coupling Energetics and Dynamics of Atmospheric Regions – CEDAR”.

Finalmente, en el 2013 resalta también la participación del área de Variabilidad y Cambio Climático en el “ENSO Diversity Workshop”, en Estados Unidos, la “Quinta Reunión Científica del Observatorio ORE-HYBAM”, en Bolivia, y el taller “Research and adaptation to Climate Change in Coastal and Estuarine Systems Synthesis Workshop”, en Canadá, para citar algunos.

	PRESENTACIONES		
	Nacionales	Internacionales	Total
Ciencias de la Tierra Sólida Sismología, Geodesia Espacial, Geodinámica Superficial y Vulcanología	73	2	75
Ciencias de Geoespacio y Astronomía Aeronomía, Geomagnetismo y Astronomía	6	20	26
Ciencias de la Atmósfera e Hidrosfera Variabilidad y Cambio Climático	19	8	27

Ciencias de la Tierra Sólida



INSTITUTO GEOLOGICO DEL PERU

SISMOLOGÍA

VIGILANDO LOS MOVIMIENTOS INTERNOS DE LA TIERRA



El proyecto "Monitoreo de la falla de Tambomachay de Cuzco" permitió identificar otras zonas de actividad sísmica.

La mayoría de los terremotos se generan en los bordes de las placas tectónicas a consecuencia del movimiento relativo de los grandes bloques de la corteza de la Tierra. La energía que se acumula, durante varios años, se libera desatando un fenómeno violento que varía en intensidad. Este movimiento puede pasar desapercibido por la población, aunque perceptible por los sismómetros, y en otras ocasiones puede llegar a provocar verdaderas catástrofes.

En América se han registrado terremotos que dieron lugar a destrucción y desolación de ciudades y poblaciones. En el Perú, entre los más grandes se encuentra el terremoto de Lima del 28 de octubre de 1746 que, según descripciones de la época, tuvo una duración de varios minutos y destrozó casi el 85% de las construcciones. Posterior a dicho evento, un tsunami arrasó el vecino puerto del Callao, pereciendo cinco mil personas y desapareciendo miles más. Cabe señalar que, con anterioridad, Lima ya había registrado grandes movimientos sísmicos en 1534, 1581, 1630 y 1687.

En la búsqueda de comprender los procesos físicos que originan los terremotos, el Instituto Geofísico del Perú, a través del área de Investigación en Sismología, estudia y vigila la ocurrencia de estos eventos a través del Servicio Sismológico Nacional (SSN), el cual cumple la función de monitorear de forma continua la actividad sísmica en nuestro país.

En el Perú los terremotos de gran magnitud son inevitables y con ellos los tsunamis. Estos eventos naturales son los que más destrucción y muerte han causado a nuestro país, razón por la cual en el IGP hacemos uso de la Sismología para conocer sus orígenes y procesos. La información que se obtiene es de vital utilidad para la mitigación de sus posibles efectos devastadores.

LO QUE DESARROLLAMOS DURANTE EL 2013

A raíz del sismo del 2007 en la ciudad de Pisco, el área identificó la necesidad de tener información técnica que ayude a las autoridades a normar en el desarrollo de las reconstrucciones de sus localidades. Por ello, durante el 2013 se llevó a cabo el proyecto “Zonificación sísmica-geotécnica de la ciudad de Ica” en el cual a través de técnicas sísmicas, geofísicas y geotécnicas se logró identificar la frecuencia predominante en los suelos, es decir, su comportamiento dinámico.

En esta región se colocó una red local de instrumentos con la finalidad de registrar la actividad microsísmica para su posterior análisis y procesamiento, haciendo uso del algoritmo HYPODD (*Hypocenter Double Difference*). Este estudio propone un modelo de velocidad 3D y su interpretación permite plantear

como hipótesis que la geometría de la placa que subduce es muy heterogénea, especialmente en torno a la dorsal de Nazca, situación que controla los procesos de ruptura y liberación de energía. Por otro lado, se concluyó con el monitoreo de la falla de Tambomachay de Cusco. El análisis de los datos ha permitido conocer la geometría de la misma e identificar otras zonas de importante actividad sísmica.

La ocurrencia de sismos en nuestro país, a diferentes niveles de profundidad y con diversos rangos de magnitudes, llevó al área de Sismología a analizarlos detalladamente con la finalidad de elaborar el mapa de peligro sísmico para los periodos de 500 y 1000 años. La información obtenida es base para el desarrollo de proyectos de obras de ingeniería. Además, el



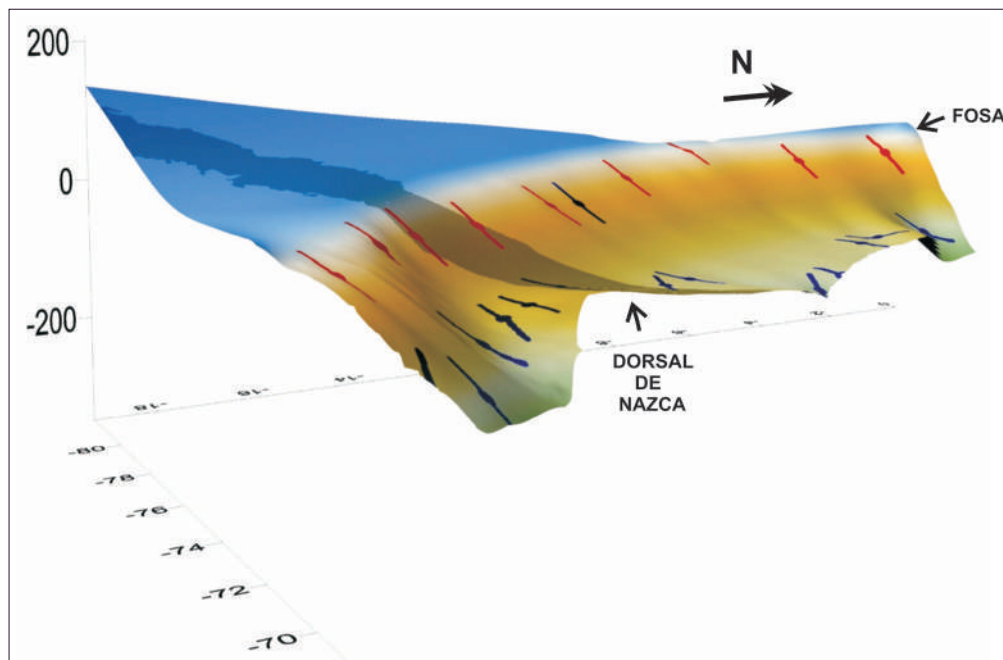
Arrays circulares en la ciudad de Ica para el registro de vibración ambiental y sísmica.

reprocesamiento de la sismicidad ocurrida en el Perú durante el año 2012, ha permitido agregar 750 eventos sísmicos a la base de datos y que a su vez han sido integrados al catálogo sísmico.

Por otro lado, a la fecha se ha concluido con el modelado numérico para caracterizar los tsunamis producidos por los sismos de 1966 y 1974 que afectaron la costa central del Perú. La mejora en la calidad de los datos batimétricos y topográficos ha permitido un mayor conocimiento sobre los escenarios tsunamigénicos acontecidos en la zona costera del Callao.

Otro estudio relacionado a la geometría 3D de la placa de Nazca y sus patrones de deformación han sido conocidos a partir de una base de datos sísmica de 50 años. La resolución lograda en este trabajo ha permitido conocer que dicha placa (por debajo del continente) presenta hasta tres contorsiones: i) al sur por debajo de los 16° , ii) al norte por arriba de los 4° (mostrando una subducción subhorizontal y una normal) y iii) en el borde oriental (por debajo de la ciudad de Pucallpa) donde se inicia un nuevo proceso de subducción. La distribución de los esfuerzos sísmicos sustenta la heterogeneidad de la deformación de todo el Perú.

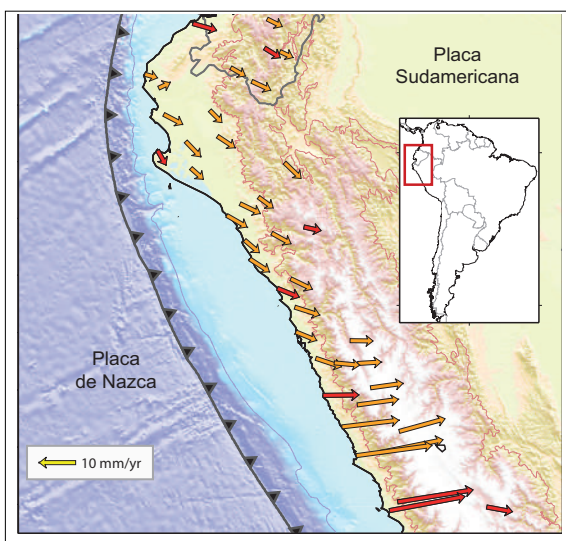
Geometría 3D para la placa de Nazca dentro del proceso de convergencia de placas.



OTRAS INVESTIGACIONES

Con el objetivo de analizar y comprender los mecanismos físicos del proceso de subducción de la placa de Nazca bajo el continente sudamericano, a fin de estimar el riesgo sísmico en la zona norte del país, el área de Sismología

complementa sus investigaciones con estudios geodésicos como el proyecto denominado "Andes del Norte" (ADN), que el IGP ejecuta desde hace cinco años en convenio con el IRD. Durante el 2013, el equipo de trabajo, integrado por



Campo de velocidad GPS con respecto a la parte estable de Sudamérica. Las flechas de color rojo y naranja denotan los vectores de velocidad de las estaciones permanentes y de campaña, respectivamente.

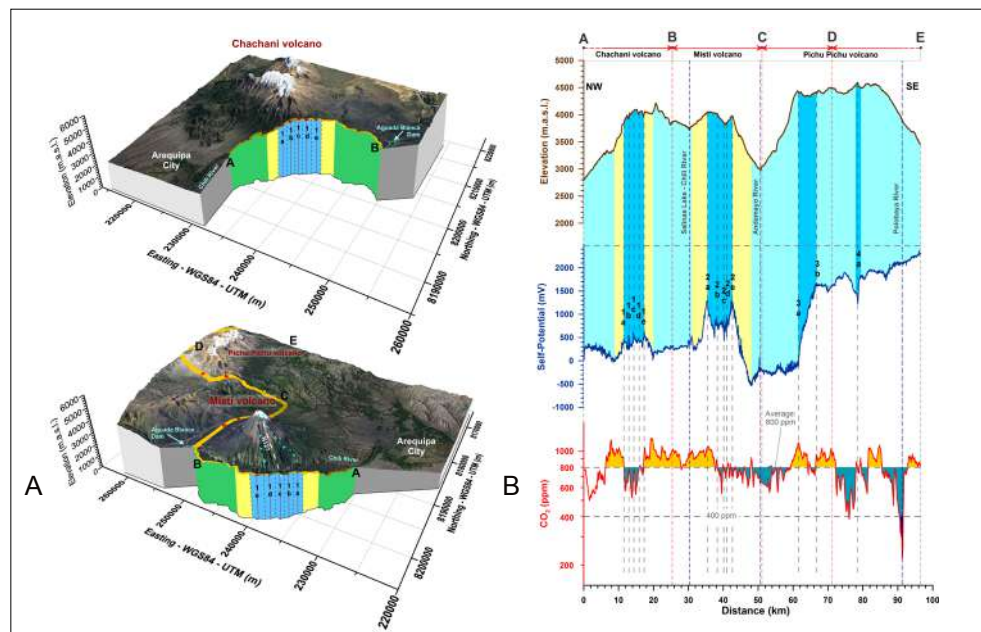
especialistas de ambas entidades, realizó campañas de campo para recopilar información geodésica a lo largo de tres perfiles perpendiculares a la línea de costa (Yurimaguas-Pucallpa-Satipo) a fin de medir la deformación de la corteza. Para tal efecto, recogieron datos de más de 40 puntos geodésicos ubicados desde la región central del Perú hasta la frontera con Ecuador. Los primeros resultados de este estudio ponen en evidencia la existencia de un bloque tectónico en el borde occidental del Perú, el cual se extendería desde el Golfo de Guayaquil hasta la región central del país.

Por otro lado, se están desarrollando estudios relacionados a geofísica

de volcanes con la finalidad de entender las características de la falla N127 que cruza el volcán Misti y posiblemente a los volcanes circundantes. En el 2013, en colaboración con el Instituto de Física de la Tierra de París (Francia) se realizaron trabajos de campo para tomar medidas de dióxido de carbono (CO_2) y de potencial espontáneo (SP) en el flanco noroeste del volcán Misti y completar la información que se maneja hasta la actualidad. Los datos recogidos sugieren zonas de debilidad que pueden ser provocadas por una falla (N127) y, de presentarse un importante evento sísmico, podría perturbar el equilibrio hidromagmático de la zona.

Figura A: DEM de los volcanes Chachani (superior), Misti y Pichu Pichu (inferior). Mostrando las anomalías a lo largo del perfil (línea amarilla) de 96.5 km, destacando las principales discontinuidades estructurales que limitan los flujos de fluidos.

Figura B: La elevación (café) y la señal de potencial espontáneo (azul) son mostrados versus la distancia a lo largo del perfil estudiado, alrededor de los volcanes Chachani-Misti-Pichu Pichu. Las áreas de color celeste oscuro indican las anomalías 1, 2, 3 y 4 productos de las zonas hidrogeológicas, la actividad del sistema hidrotermal y la tectónica del área estudiada. La concentración de CO_2 en el suelo (rojo) fue suavizado por una media móvil: el color azul representa los valores de flujo de CO_2 más bajo (por debajo de 400 ppm) y el color amarillo representa los valores arriba del promedio (800 ppm). Estas fluctuaciones se correlacionan con las anomalías indicadas anteriormente, principalmente con las anomalías 1 y 2.



PROGRAMA PRESUPUESTAL (PP)

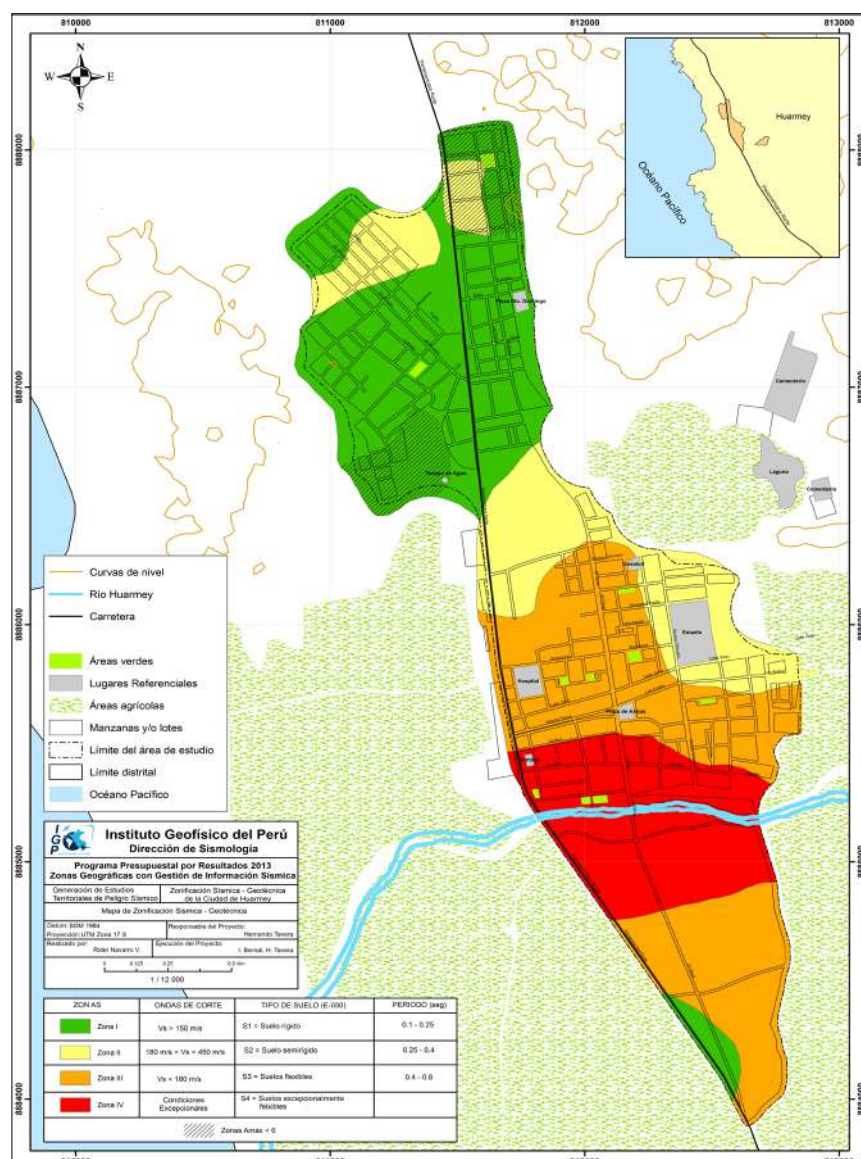
Dentro del marco del Programa Presupuestal (PP) N° 68 “Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”,

impulsado por el Ministerio de Economía y Finanzas, el área de Sismología tuvo a su cargo la actividad “Generación de estudios territoriales

de peligro sísmico”, perteneciente al producto “Zonas geográficas con gestión de información sísmica”. En dicha actividad se desarrollaron estudios geofísicos en las ciudades de Chimbote, Huarmey, Barranca y Huacho, cuyos resultados permitieron conocer el comportamiento dinámico de los suelos ante un sismo y por ende clasificarlos según la norma

sismorresistente E30. Toda esta información analizada se plasmó en mapas de zonificación sísmica-geotécnica que han sido entregados a las autoridades a fin de colaborar en el desarrollo urbano de sus ciudades. Cabe indicar que el área de Investigación en Geodinámica Superficial también fue partícipe de esta actividad. (Ver Pág. 30).

Mapa de zonificación sísmica-geotécnica para la ciudad de Huarmey.





La represa de Tablachaca (Huancavelica), es monitoreada con estaciones sísmicas y acelerométricas.

SERVICIO SISMOLÓGICO NACIONAL (SSN)

Haciendo uso de la información proveniente de la Red Sísmica Nacional (RSN) y la Red Sísmica Satelital para la Alerta Temprana de Tsunamis (Redssat-IGP), el Servicio Sismológico Nacional (SNN) cumple la función de monitorear de manera continua la actividad sísmica que ocurre en nuestro país.

Ocurrido un sismo, el SNN procede al análisis de las señales sísmicas registradas y al cálculo de los parámetros que caracterizan al evento: fecha, tiempo, origen, coordenadas del epicentro, profundidad del foco, magnitud e intensidades sísmicas evaluadas. Esta información es enviada a la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN) para que evalúe las posibles alarmas sobre la ocurrencia de tsunamis y al Instituto de Defensa Civil (Indeci) para fines de mitigación ante daños originados por este fenómeno geológico.

Durante el año 2013, el SNN reportó la ocurrencia de 219 eventos percibidos por la población, siendo los eventos más importantes los de Cabanaconde (5.7 Mw), Acarí-Yauca (7.0 Mw) en Arequipa y el de Cañete (5.7 Mw). Para cada uno de ellos se elaboraron reportes sismotectónicos que contienen información sísmica, de aceleración del suelo y en el caso de Cañete información de GPS y tsunamis. Cabe señalar que paralelamente se emitieron informes sobre aceleraciones máximas producidas por estos sismos y que presentan el nivel del sacudimiento del suelo.

La información sismológica que genera el área de Sismología es compartida a todas las autoridades y público en general a través del portal web institucional (<http://www.igp.gob.pe/ultimosismo/ultimosismo.php>) y vía redes sociales como Facebook y Twitter (cuenta "Sismos Perú IGP").

El Servicio Sismológico Nacional opera las 24 horas del día durante todo el año.



GEODESIA ESPACIAL

MONITOREANDO Y ANALIZANDO LA DEFORMACIÓN DE LA CORTEZA TERRESTRE ASOCIADA AL CICLO SÍSMICO Y A PROCESOS MAGMÁTICOS



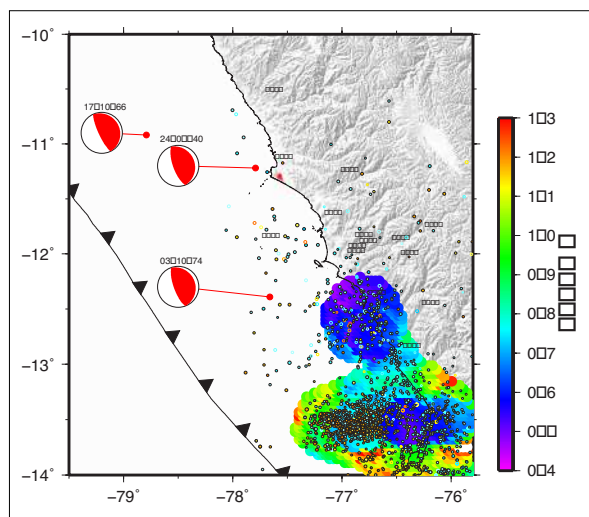
GPS del proyecto IGP - CALTECH, con el cual se monitorea el gap sísmico Tacna - Arica. (Región Tacna).

El área de Investigación en Geodesia Espacial hace uso de tecnologías como: el Sistema de Navegación Global por Satélite (GNSS) y la Interferometría de Imágenes de Radar de Apertura Sintética (InSAR) en los estudios y proyectos que realiza. El primero permite estimar, con precisión de 1 mm o menos, las coordenadas geográficas de cualquier punto de la superficie terrestre, mientras que el segundo complementa las mediciones GNSS ampliando la cobertura espacial de las mediciones geodésicas. El procesamiento y posterior análisis de estos datos proveen información sobre las características del ciclo sísmico, desplazamientos que experimentan las fallas tectónicas, deformaciones asociadas a la actividad de cámaras magmáticas, así como deslizamientos naturales y antrópicos, entre otros.

En 1994, el Instituto Geofísico del Perú y el departamento de Magnetismo Terrestre del Instituto Carnegie de Washington (CIW) iniciaron las primeras mediciones geodésicas en los Andes centrales del Perú y Bolivia. En 1998 se obtuvo la primera imagen cuantitativa del patrón de deformación de dicha región como consecuencia de la dinámica de las placas de Nazca y Sudamericana. En este proceso de convergencia (frente a la costa peruana, la primera se va introduciendo debajo de la segunda a una velocidad de 68 milímetros por año) la existencia de asperezas o rugosidades en la zona de contacto detienen el movimiento continuo de las placas, lo que a lo largo de varias décadas produce una deformación continua de la corteza que culmina con la liberación súbita de la energía y en consecuencia se genera un evento extremo: el terremoto.

Las asperezas en las zonas de contacto entre las placas de Nazca y Sudamericana, así como en las fallas tectónicas en el interior del continente, traban su desplazamiento, deforman la corteza terrestre circundante y dan lugar a la acumulación de fuerzas. Cuando estas fuerzas exceden el acoplamiento en la superficie de contacto, las placas se deslizan súbitamente y liberan energía en forma de ondas sísmicas.

LO QUE DESARROLLAMOS DURANTE EL 2013



Determinar y documentar el ciclo sísmico de los grandes terremotos en el Perú es una de las actividades principales del área de Investigación en Geodesia Espacial. Para ello se viene documentando y estudiando el ciclo de los terremotos en las principales zonas de silencio sísmico de nuestro país mediante el uso combinado de los sistemas GNSS, imágenes de radar satelital (como ENVISAT, ALOS PALSAR, TERRASAR) y análisis de variaciones espacio-temporales de microsismicidad local.

Dado que el potencial eruptivo de los volcanes al sur del Perú representa un riesgo inmediato a las ciudades y centros poblados aledaños, la segunda actividad de investigación del área se concentra en monitorear y evaluar la deformación en superficie asociada a la actividad geoquímica en las cámaras magmáticas de los gigantes geológicos Misti, Ubinas, Ticsani y Sabancaya. Y una tercera actividad corresponde al análisis de la sismicidad que viene registrando el array de cuatro elementos instalados en el Observatorio de Ancón.

Identificación de asperezas mediante variaciones de microsismicidad y su relación con los terremotos de la región Lima.

PROYECTOS DE COOPERACIÓN CIENTÍFICA



Grupo de trabajo IGP, ISTERRE (Grenoble) y UNJB (Universidad Nacional Jorge Basadre de Tacna) en la estación de control geodésico UNJB, durante la campaña de observaciones realizadas en junio del 2013.

Gracias al proyecto de colaboración con el Instituto Tecnológico de California (CALTECH), con quienes se mantiene una red de diez estaciones GPS permanentes en el sur del Perú, se busca determinar la distribución de la deformación de la corteza terrestre en la zona de subducción del sur de nuestro país y el norte de Chile, específicamente en las regiones de Moquegua, Tacna y Arica, que hasta el 2013 no ha experimentado un terremoto significativo desde hace más de 125 años. En el presente ejercicio se logró la transmisión de información digital (vía Internet) desde dos estaciones denominadas “SJUA” y “ATIC”, a la sede principal del IGP en Lima. Asimismo, con los datos procesados hasta la fecha, se obtuvo el primer patrón de desplazamientos de la corteza en esta zona.

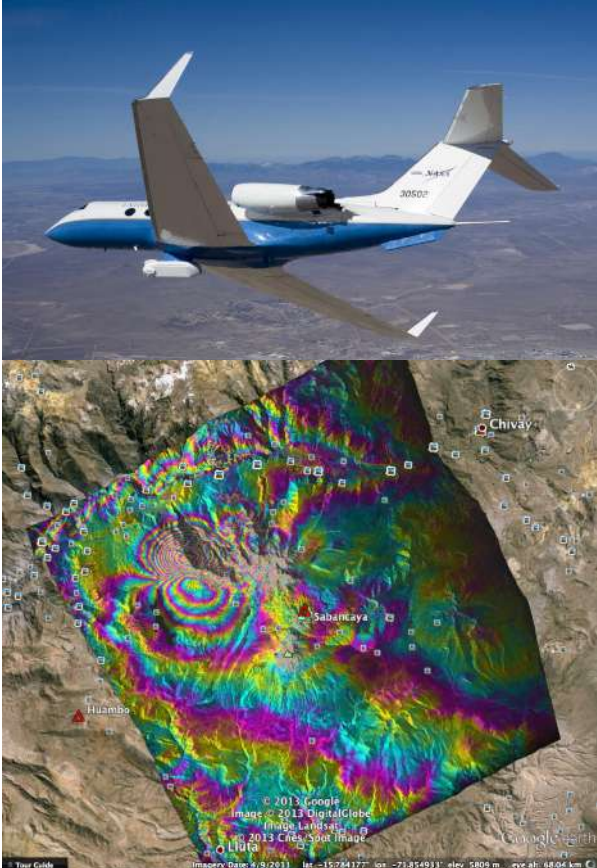
Por otro lado, se concretó la participación del área en el proyecto científico “Radar Aéreo de Apertura Sintética No Tripulado - UAVSAR”. El mismo, liderado por el *Jet Propulsion Laboratory* (JPL) entidad asociada a la NASA y a CALTECH, tiene por finalidad evaluar —en el corto plazo— el riesgo de erupción que pudiera presentarse en algún volcán del sur del Perú. Este trabajo, a iniciativa de JPL-NASA, tiene carácter multinacional y también se desarrolla en otras zonas volcánicas de Sudamérica y América Central. Durante los meses de marzo y abril del 2013, un avión especial de la NASA, que utiliza un sistema de radar adaptado en la parte inferior, tomó las primeras imágenes de los volcanes ubicados al sur del Perú a través de repetidos vuelos a una altura de 11 000 metros. La



Observaciones geodésicas en la estación AMOQ (Moquegua), en el marco del proyecto IGP - ISTerre (Grenoble).



Estación GPS de monitoreo permanente (Ilo).



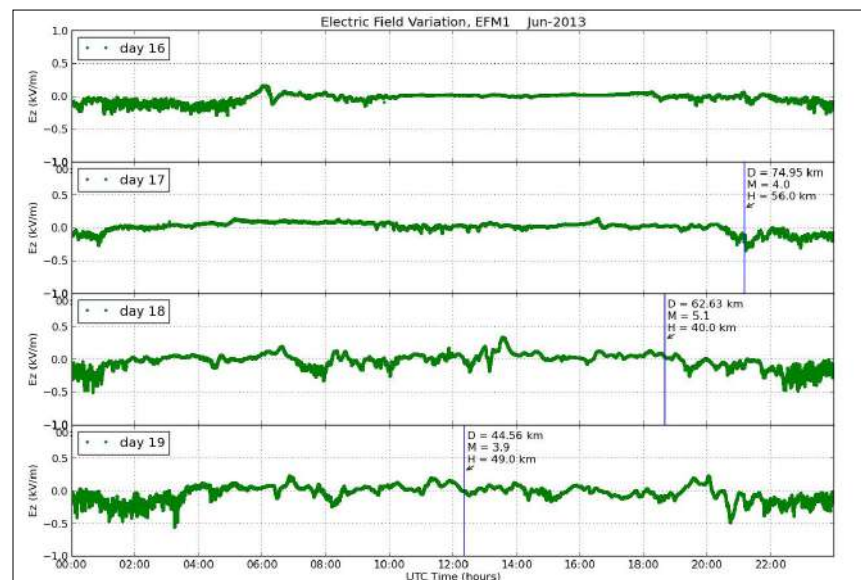
Fotografía arriba. Avión de la NASA (UAVSAR) que lleva en su parte baja el radar SAR. Su uso está orientado al monitoreo de la deformación en alta resolución de los volcanes del sur del Perú en una crisis eruptiva.

importancia de este sistema radica en que mientras la interferometría SAR convencional genera información entre 1 o más meses, el UAVSAR entrega diariamente interferogramas, lo que permite una evaluación con mayor frecuencia del riesgo de erupción volcánica, contribuyendo de esta manera a una toma efectiva de decisiones por parte de las autoridades correspondientes.

Con la finalidad de tener un mapa más detallado de la deformación existente en la zona del *gap* sísmico Tacna-Arica, se mantuvo la colaboración con el Instituto de Ciencias de la Tierra (ISTerre) de la Universidad Joseph Fourier - Grenoble de Francia, con quienes en el 2012 se instalaron treinta puntos de control geodésico entre Arequipa, Moquegua, Puno y Tacna, complementando de esta manera los estudios de los procesos en la zona

de subducción iniciados en el 2007 por el Instituto de Tecnología de California (CALTECH). En el marco de estas investigaciones, en el 2013 se efectuó una segunda campaña de observaciones en 15 de los 30 monumentos que se manejan hasta la actualidad. Cabe indicar que el ISTerre está gestionando la donación de 10 estaciones GPS permanentes para el sur de Perú, lo que permitirá mejorar el estudio de dicha zona.

Además, gracias a la donación de un medidor de campo eléctrico atmosférico por parte del Centro de Radio Astronomía y Astrofísica de la Universidad Presbiteriana Mackenzie de Brasil (CRAAM), se viene estudiando la relación entre variaciones del campo eléctrico y la ocurrencia de sismos. Este sistema se encuentra instalado en el Observatorio de Ancón desde el 2012.



Variaciones de campo eléctrico de la estación de Ancón y su relación con la ocurrencia de eventos sísmicos. (Líneas verticales)

GEODINÁMICA SUPERFICIAL

ESTUDIANDO LOS EVENTOS GEOLÓGICOS SUPERFICIALES



Escarpa del deslizamiento rotacional en el poblado de Yupán, Provincia de Corongo – Áncash.

Deslizamientos de tierra, aluviones, flujos de escombros, entre otros, son eventos geológicos activos que causan severos daños a las viviendas y a las poblaciones. La ocurrencia de todos ellos está asociada a la presencia de lluvias intensas y/o sismos en una determinada zona.

El Instituto Geofísico del Perú, consciente de la importancia de las medidas de estimación de riesgo que deben tomar las autoridades locales con la finalidad de minimizar los daños que provocan los fenómenos geofísicos y geológicos activos en nuestro país, contribuye realizando estudios técnicos para elevar las recomendaciones respectivas a las autoridades, los gobiernos locales y tomadores de decisiones para que ejecuten las medidas de prevención adecuadas.

El área de Investigación en Geodinámica Superficial, a solicitud de empresas e instituciones nacionales e internacionales, realiza evaluaciones geológicas, geodinámicas y geotécnicas. Las recomendaciones son incluidas en proyectos de inversión.

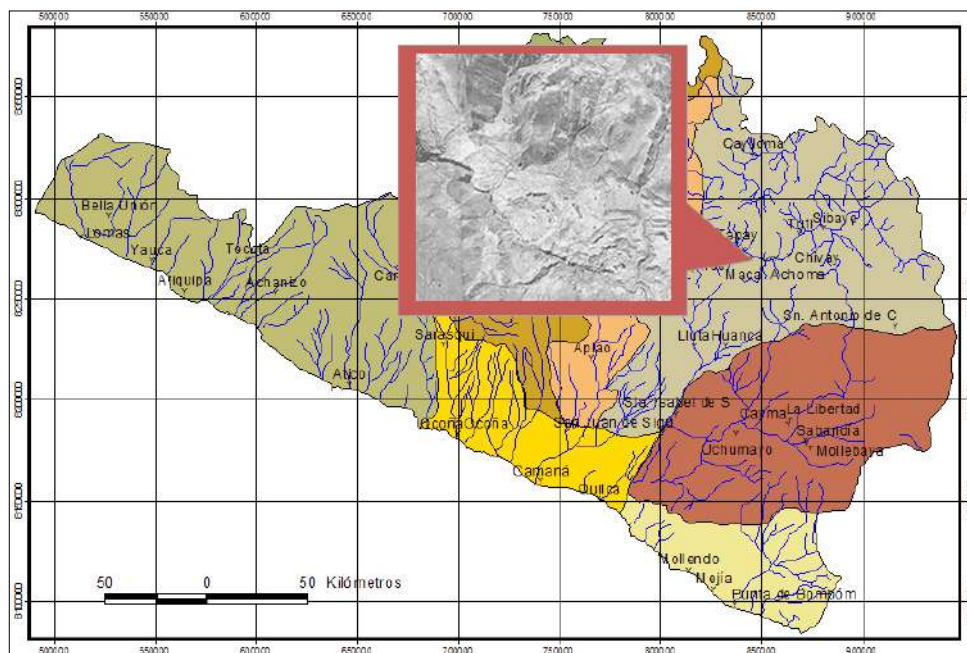
LO QUE DESARROLLAMOS DURANTE EL 2013

El área de Geodinámica Superficial, en sus labores de investigación aplicada, realiza la caracterización geodinámica y geotécnica de los deslizamientos que afectan los distritos de Madrigal y Lari, situados en el valle del río Colca, región de Arequipa. Con la finalidad de estimar la tasa de movimiento de los terrenos

afectados, en el 2013 se continuó con los trabajos de monitoreo geodésico usando las mediciones con distanciómetro electrónico (EDM). Estas mediciones se realizaron de manera anual a partir del 2010 en Madrigal y 2012 en Lari.

A fin de documentar la evidencia de eventos geológicos extremos en

Estudios geodinámicos y geotécnicos del distrito de Madrigal, ubicado en el valle del Colca, Arequipa.



PROGRAMA PRESUPUESTAL (PP)

ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



Labores de protección de riberas en las inmediaciones de Tingo María producto del desborde del río Huallaga.

el complejo volcánico de Sillapaca, región de Puno, se está realizando el cartografiado geológico de los depósitos de avalanchas de escombros (DAE). Esto contribuirá

El área de Geodinámica Superficial, al igual que Sismología (Ver Pág. 21) participaron del Programa Presupuestal N° 68 “Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”, actividad “Generación de estudios territoriales de peligro sísmico” del producto “Zonas geográficas con gestión de información sísmica”. En dicha actividad se desarrollaron estudios sísmicos, geotécnicos y geodinámicos en las provincias

Evaluar los peligros por inundaciones del río Huallaga, específicamente en los poblados de Chinchao, Mariano Dámaso, Yanajanca y Las Palmas de la provincia de Leoncio Prado del departamento de Huánuco, fue uno de los trabajos que realizó el área durante el 2013. En base a una ortofoto digital a escala 1/10,000 (presentación fotográfica de una zona de la superficie terrestre) y a los datos hidrológicos que se obtuvieron, se logró delimitar las zonas susceptibles a inundaciones. Las recomendaciones realizadas por los especialistas del IGP fueron incluidas en los proyectos de inversión de las autoridades locales, de manera especial en lo que corresponde al reforzamiento de la defensa ribereña, cuyo proyecto inicial no incluía un estudio hidrológico detallado y no se conocía

al conocimiento de la fenomenología de este tipo de eventos para la gestión del riesgo de desastres.

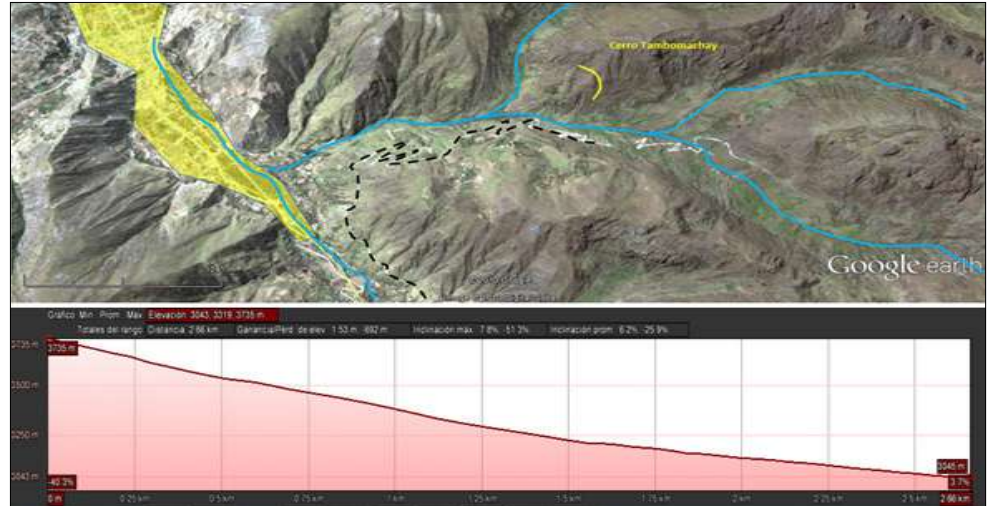
de Chimbote, Huarmey, Barranca y Huacho, generándose modelos de terreno en base a fotografías aéreas y mapas fotográficos digitales. Con esta información se elaboraron mapas importantes de a) geodinámicos donde se caracterizaron todos los eventos de peligros geológicos de las zonas mencionadas, b) geotécnicos de tipo y capacidad portante de los suelos y c) de peligro de inundaciones.

el registro de caudales de la zona.

Además en Pasco, en particular, en el distrito de Chontabamba (provincia Oxapampa), también se observaron problemas de inundaciones. La mayor peligrosidad en esta región está relacionada a los movimientos en masa activos del cerro Jatumpampa, que está ubicado en las inmediaciones de la hidroeléctrica de Yaupi. En caso de que ocurra la desestabilización del cerro, estas masas podrían represar el río Paucartambo e inundar el distrito del mismo nombre junto con la hidroeléctrica en mención. Asimismo, ante la presencia de movimientos en masa en las provincias de Tayacaja (Huancavelica) y Corongo (Áncash), se procedió a realizar inspecciones geodinámicas a fin de recomendar las medidas de prevención adecuadas.

Durante el 2013, el área de Geodinámica realizó visitas técnicas a los centros poblados de Marcayllo y Accollasca, Locroja y Churcampa en Huancavelica que presentan problemas de movimientos en masa activos.

Sección topográfica que muestra el gran desnivel (mayor de 2000 m) desde la zona de arranque del deslizamiento y el poblado de Paucartambo. En el caso de ocurrir un evento sería de gran energía.



SERVICIOS TRANSVERSALES



Zona de expansión urbana en Ica, camino a la laguna de la Huacachina. Notar que los terraplenes de relleno han sido emplazados sobre arenas eólicas cuyo comportamiento dinámico es muy bajo.

SERVICIOS A TERCEROS

Dentro de las labores de Geodinámica Superficial se encuentran las tareas de prestación de servicios a las otras áreas de investigación del IGP. En el 2013, se apoyó al área de Sismología en los trabajos de zonificación sísmica-geotécnica en Ica (Ver Pág. 19). Estos trabajos consistieron en cartografiado geodinámico del Cercado de Ica y alrededores, además de la elaboración de mapas de peligro de inundaciones y mapas geotécnicos de tipo y capacidad portante de los suelos, a escala 1/10,000.

Por otro lado, en base a una caracterización física y a una reconstrucción histórica y prehistórica de los aluviones, se está evaluando el peligro geológico en la quebrada de Jicamarca, ubicada en el distrito de Lurigancho-Chosica, debido a

La prestación de servicios a terceros ha sido una actividad permanente del área desde su creación en el 2012, por ello en el presente periodo continuó trabajando para la empresa

que la presencia de flujos en esta zona puede afectar severamente al poblado de Saracoto. Cabe indicar que esta actividad se está realizando con el apoyo del Radio Observatorio de Jicamarca del área de Investigación en Geoespacio.

Con el área de Investigación de Variabilidad y Cambio Climático, en el marco del proyecto “Exploración multidisciplinaria de los contrastes geoclimáticos al este de los Andes - EXGEA”, se colabora a través del análisis de la dinámica de los flujos aluvionales en la cuenca de Quincemil, ubicada entre Cusco y Madre de Dios. A través del reconocimiento de los tipos de terrazas asociados al tipo de flujos, se determinará la cantidad de sedimentos de la zona en mención (Ver Pág. 43).

ACRES *Investments* a través del desarrollo de estudios geológicos-geodinámicos de los proyectos hidroenergéticos que esta empresa tiene en la región de Puno.

VULCANOLOGÍA

TOMANDO RADIOGRAFÍA A LOS VOLCANES PARA ADELANTARNOS A SUS ERUPCIONES



En la actualidad, el volcán Ubinas es considerado como uno de los más peligrosos por su intensa y reiterada actividad volcánica.

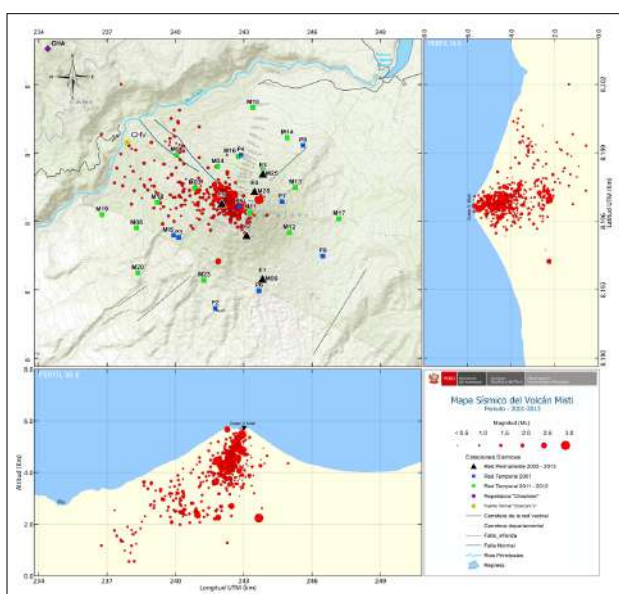
Siete son los volcanes activos que tenemos en el sur del Perú: Misti y Sabancaya en Arequipa; Ubinas, Huaynaputina y Ticsani en Moquegua; además de Tutupaca y Yucamane en Tacna. El común denominador de todos estos macizos es que han erupcionado en algún momento del periodo histórico y volverán a estallar durante los próximos siglos.

Hoy en día, con la tecnología adecuada, la ciencia es capaz de detectar y descifrar las primeras señales de un inminente despertar de los volcanes, permitiendo de esta manera que se alerte a las autoridades con la finalidad de que se tomen las adecuadas acciones preventivas.

El Instituto Geofísico del Perú, junto a otras instituciones vinculadas a la investigación, estimación y gestión de riesgo tienen el mandato y compromiso de velar por ello en nuestro país. Gracias a la moderna tecnología manejada por los ingenieros y científicos del IGP, se pueden tener observaciones en tiempo real, de modo que los resultados que se ponen al alcance de las autoridades de gestión de riesgo volcánico están disponibles en tiempo muy breve.

La sismicidad volcánica del Misti, Ubinas y Sabancaya es monitoreada de manera permanente, y la información obtenida es entregada a través de reportes a las autoridades competentes.

PROGRAMA PRESUPUESTAL (PP)



Mapa de sismicidad del volcán Misti.

Con la finalidad de mostrar dónde está la mayor actividad en torno a un volcán y qué previsiones las autoridades deben tomar con respecto a una posible erupción, el área de Investigación en Vulcanología, en el marco del Programa Presupuestal (PP) N°68, desarrolló la actividad “Generación de mapas de actividad sismovolcánica del Misti y Ubinas”, dentro del producto “Zonas geográficas con gestión de información vulcanológica”.

En lo que se refiere al Misti se observó que la sismicidad principal está representada por sismos de magnitudes inferiores a 3.0 ML y se encuentra distribuida en dos grupos: uno que se localiza próximo al cráter y por encima de los 3000 msnm y otro situado entre 1000 y 4000 msnm, pero descentrado en dirección noroeste. Todos estos sismos pequeños están asociados a la influencia del sistema hidrotermal del volcán y

ninguno refleja movimientos de fluidos magmáticos. La disposición de la sismicidad en dirección NO-SE estaría asociada a una falla que cruza el edificio volcánico y que además está muy ligada probablemente a manifestaciones de aguas termales en la superficie.

En cuanto al volcán Ubinas se observó que la sismicidad principal es de magnitud media menor a 2.0 ML. Si bien se han localizado eventos bajo el edificio volcánico y hasta fuera de él, la gran mayoría de sismos está prácticamente dibujando el conducto principal por donde ascienden los fluidos y los productos magmáticos durante las erupciones. En el mapa se ha señalado también, en color verde, la posición de las dos fuentes de las explosiones magmáticas que ocurrieron durante la erupción 2006-2009, una de ellas a 4000 msnm y la otra a 4800 msnm, es decir, muy cerca de la superficie.



Vista del cráter del volcán Misti.

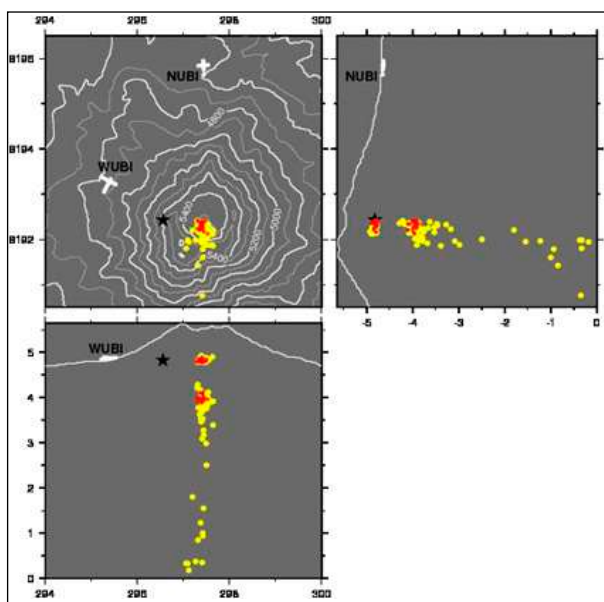
SISMO VULCANISMO EN EL SUR DEL PERÚ

Comprender las correlaciones entre sismicidad tectónica y vulcanismo en el sur del Perú es otra de las investigaciones que el área realiza constantemente. La obtención de imágenes de tomografía sísmica, tanto a nivel de la región como a nivel de conos volcánicos activos, permite a nuestros especialistas recoger datos de buena resolución con los que se estudia la estructura que se oculta bajo la cadena volcánica

a diferentes escalas. Además, se analiza la dinámica eruptiva, la disposición y estabilidad de los reservorios del magma, de manera especial del volcán Ubinas que viene siendo monitoreado desde el 2006. Asimismo, en el 2013, los esfuerzos de los investigadores del IGP también se centraron en desarrollar el método adecuado para identificar los sismos de periodo largo (LP) en los volcanes peruanos.

El IGP está a la vanguardia de la investigación vulcanológica con publicaciones en revistas especializadas, así como en el desarrollo de nuevos métodos que conduzcan a la mejor comprensión del fenómeno eruptivo y su seguimiento.

SERVICIO VULCANOLÓGICO



Localización de los eventos sísmicos de las explosiones y los eventos de periodo largo (LP) del experimento Ubinas 2009.

El proceso eruptivo de los volcanes se origina en su cámara magmática ubicada comúnmente entre 6 y 15 km respecto a la cima. Aquí el magma se acumula, presiona y causa fracturas en las rocas de su entorno y finalmente libera gases, cuyo volumen se expande hasta alcanzar la superficie transformándose en columnas eruptivas.

Para captar dichos movimientos, el área de Investigación en Vulcanología ha instalado sensores sísmicos e instrumentos telemétricos que a cada instante toman el pulso a los gigantes geológicos. Dicha información es remitida en tiempo real a las oficinas ubicadas en Arequipa y, tras el posterior análisis por parte de los especialistas, es publicada en la página web del IGP: <http://www.igp.gob.pe/reporte/vulcanologico/>.

Por esta razón, las labores del grupo humano que trabaja en la sede de la Ciudad Blanca están principalmente dedicadas a la obtención de datos sísmicos conseguidos mediante redes geofísicas dispuestas en los volcanes activos: Misti, Ubinas y Sabancaya. Además, llevan a cabo experimentos para investigar los mecanismos eruptivos propios de cada volcán.

Cabe indicar que en aras de mejorar el servicio vulcanológico que la Institución brinda al país, el IGP y la Municipalidad de Sachaca de Arequipa firmaron en el 2012 un convenio de cesión de terreno para la construcción de un moderno observatorio en este distrito. Se está a la espera de la aprobación de un Proyecto de Inversión Pública presentado al SNIP que permitirá dar inicio a los trabajos respectivos.

Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera



VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO

AMPLIANDO EL CONOCIMIENTO SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS IMPACTOS



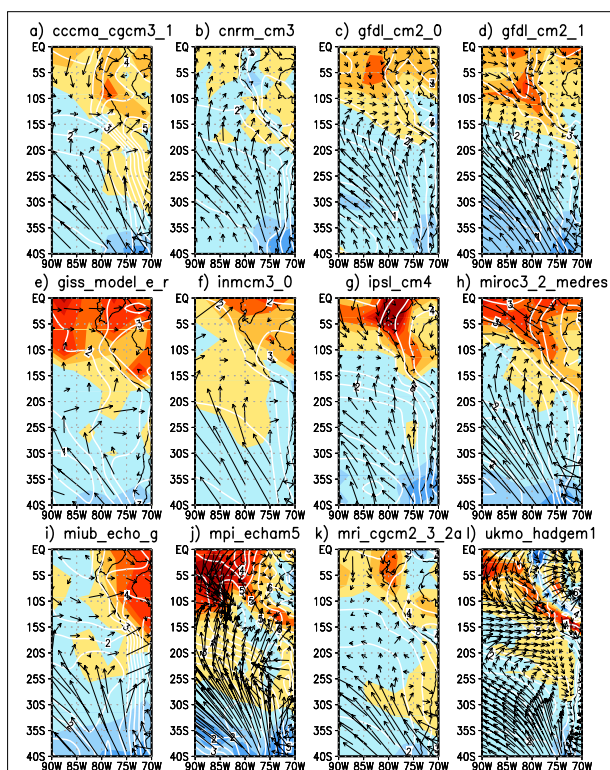
Río Araya en el alto Madre de Dios.
Créditos: Patrice Baby (IRD).

EL NIÑO E INTERACCIÓN OCEANO-ATMÓSFERA

El área de Investigación en Variabilidad y Cambio Climático realiza estudios de los fenómenos producidos por la interacción entre el océano y la atmósfera y de los impactos que se producen en la zona costera peruana. Consciente de esto, el área está comprometida con el estudio, la producción de nuevos conocimientos y la divulgación, enfocándose de manera especial a los temas relacionados al fenómeno El Niño y a los impactos de la variabilidad climática en las zonas de la costa y del mar peruano.

Los estudios sobre el fenómeno El Niño realizados en el 2013 se focalizaron sobre el rol de las ondas ecuatoriales de Kelvin y los modelos de pronóstico climático.

LO QUE DESARROLLAMOS DURANTE EL 2013



Tendencias de cambio climático futuro en los vientos, lluvias (colores) y temperaturas (contornos) según diferentes modelos climáticos (Belmadani et al., 2013).

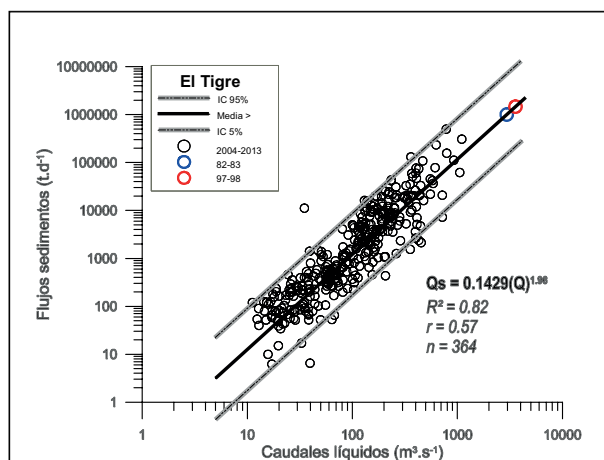
El IGP continuó participando periódicamente en el Comité Multisectorial para el Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN), aportando conocimiento experto sobre la física del fenómeno y los pronósticos basados en modelos climáticos.

Este año el IGP propuso al Estado encargarse de la actividad de “Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del fenómeno El Niño”, que será financiada a partir del siguiente periodo dentro del Programa Presupuestal (PP) N° 68 “Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”, lo cual reforzará la labor del IGP ante el ENFEN y la investigación necesaria, así como impulsar labores de difusión del conocimiento científico asociado.

Entre las investigaciones desarrolladas relacionadas a El

Niño, se estudiaron las ondas Kelvin ecuatoriales durante El Niño del 2002-2003. En este estudio se analizó el balance de calor, particularmente el rol del transporte este-oeste del agua cálida debido a estas ondas resaltando cómo las ondas Kelvin y Rossby contribuyen a la fase de calentamiento y enfriamiento, respectivamente, del evento El Niño 2002-2003.

Se continuó con el análisis de 1200 años de simulación con un modelo climático que genera eventos El Niño muy parecidos a los dos extraordinarios que se observaron en 1982-83 y 1997. Se observó que cuando el calentamiento del mar en el Pacífico oriental es suficientemente alto para gatillar tormentas intensas, la respuesta de los vientos que amplifica el evento es bastante mayor y permite el desarrollo de los eventos extraordinarios. Este estudio es importante porque aporta con



Relación anual entre los flujos de sedimentos y los caudales líquidos a 95 y 5 percentil para el periodo 2004-2012 en la estación El Tigre, que monitorea la cuenca del río Puyango-Tumbes.

PROYECTO MULTIDISCIPLINARIO: MANGLARES

elementos de juicio que mejorarán la capacidad de pronósticos de los eventos El Niño extraordinarios.

Además, el evento El Niño de 1925-26, uno de los más intensos en el Perú, fue revisitado analizando los datos históricos bajo una perspectiva moderna e integradora, encontrándose que los vientos del norte fueron los más intensos registrados hasta la fecha a lo largo de la costa, además de que las lluvias intensas se extendieron desde Tumbes hasta Lima.

Otra investigación realizada en el 2013 es sobre los impactos de El Niño de tipo “este” como “central” en las precipitaciones del territorio peruano. Este trabajo, realizado en cooperación con el Senamhi, empleó datos de 155 estaciones de todo el Perú (85 en el Pacífico, 49 en la cuenca amazónica y 21 en el lago Titicaca) registrados desde 1965 al 2009 con la finalidad de documentar cuáles son las diferencias del

Con la finalidad de estudiar el efecto de la variabilidad y cambio climático y fortalecer la capacidad de adaptación en el ecosistema de Manglares de Tumbes —zona de gran interés científico por ser fuertemente influenciada por el fenómeno El Niño— desde el 2012 el área desarrolla el proyecto “Impacto de la variabilidad y cambio climático en el ecosistema de manglares de Tumbes”, financiado por el *International Development Research Centre* (IDRC) de Canadá.

Entre las investigaciones realizadas en el marco de este proyecto, destaca un estudio sobre el transporte de

impacto de un evento El Niño en la región este y un evento El Niño en la región central.

En el 2013 empezó también una investigación de los impactos económicos de El Niño en la costa norte asociados a inundaciones. Para este análisis se generó una base de datos de la información estadística de emergencias del Instituto Nacional de Defensa Civil (Indeci) y se estimaron las consecuencias económicas debidas a daños en viviendas, entre otros.

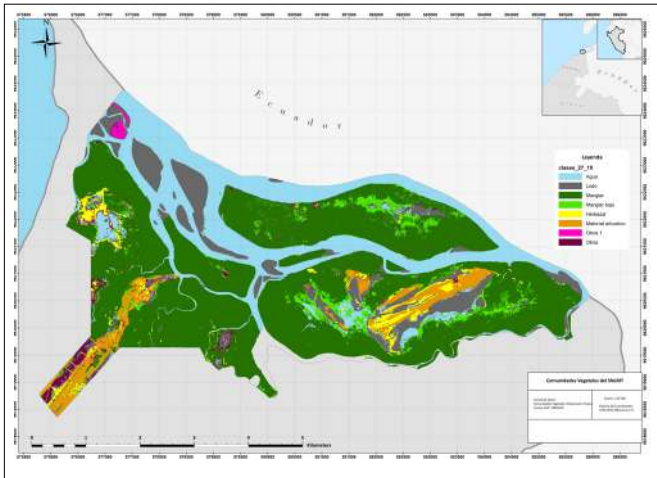
Otro estudio relacionado a la interacción océano-atmósfera analiza el efecto del cambio climático en los vientos a lo largo de la costa peruana usando modelos climáticos. Si bien no hay consenso entre los modelos en cómo sería el cambio en los vientos, se concluyó que las tendencias en el viento frente al Perú están íntimamente relacionadas con el cambio en la lluvia en la costa.

sedimento fluvial que indica que, durante cada uno de los eventos El Niño 1982-83 y 1997-98, este transporte puede ser equivalente al de 30 años “normales”, en el río Tumbes. Este resultado explica la fuerte colmatación observada en el manglar de Tumbes durante estos dos eventos, además de ser de suma importancia para el diseño de obras hidráulicas.

Otro trabajo fue el desarrollo de un modelo hidrodinámico para el estudio de las mareas, ondas oceánicas y la influencia del río Zarumilla en la compleja circulación en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes.



Neumatóforos de *Avicennia germinans*.



Mapa preliminar de las comunidades vegetales en el ecosistema manglar.

Para este fin, se tomaron datos de batimetría, nivel de agua y corrientes. El modelo luego permitirá evaluar el efecto del aumento en nivel de mar asociado al cambio climático.

En cuanto a la parte de hidrología, se realizaron dos investigaciones. En la primera se identificaron las comunidades vegetales dominantes en el manglar y la relación entre su distribución y la frecuencia de inundación por las mareas. Dicho

resultado será de gran utilidad para la elaboración de un modelado de la distribución del ecosistema con cambio climático. En la segunda se analizaron los anillos de crecimiento de mangles para estudiar los efectos de las variaciones interanuales en el régimen hídrico del río Tumbes sobre el desarrollo de estos árboles. Los resultados preliminares indican que un mayor caudal de estiaje permite un mayor crecimiento del árbol.



Investigadores científicos que participaron en el WCRP VAMOS/CORDEX.

VAMOS PANEL Y VAMOS CORDEX

Durante el año el área participó en la organización de dos importantes eventos internacionales. El primero fue la décimo sexta reunión del “VAMOS PANEL”, el cual tuvo entre sus objetivos identificar las nuevas necesidades de investigación en la *American Monsoon Research*, y el segundo el “WCRP VAMOS/CORDEX Workshop on Latin-America and Caribbean CORDEX LAC: Phase I – South America”,

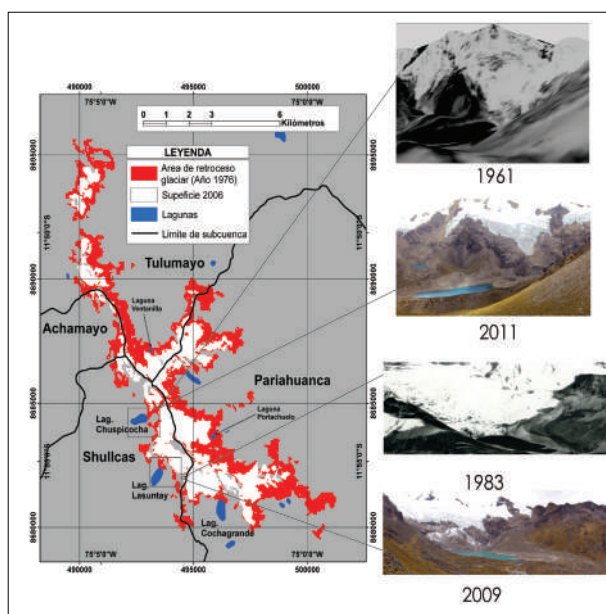
que se enfocó en el tema de regionalización de la información climática y sus aplicaciones. Ambos eventos se llevaron a cabo en la sede central del mismo IGP y fueron organizados en colaboración con la *Climate Variability/Variability of the American Monsoon System (CLIVAR/VAMOS)* y el *World Climate Research Programme (WCRP)*.

CLIMA Y MICROFÍSICA ATMOSFÉRICA EN LOS ANDES

Estudios de la variabilidad y tendencias en las temperaturas, precipitaciones y eventos meteorológicos extremos (sequías, heladas y lluvias intensas) que se producen en zonas de alta montaña son de gran importancia ya que se focalizan en regiones que, por su gran diversidad ecológica y la escasez de recursos económicos y tecnológicos, se encuentran particularmente vulnerables a los impactos del cambio climático. Entender cuáles son los factores que influyen en los cambios del clima en los Andes, investigar sus consecuencias y fortalecer las capacidades de adaptación y respuesta de la población frente a dichos eventos, son algunos de los principales objetivos de las investigaciones que esta rama del área de Variabilidad y Cambio Climático viene realizando.

Los estudios realizados en la cuenca del río Mantaro parecen confirmar un acortamiento del periodo de lluvia. Dicho evento tiene una importancia significativa para la actividad agrícola en el valle.

LO QUE DESARROLLAMOS DURANTE EL 2013



Monitoreo de la cobertura glaciar de la cordillera Huaytapallana. En rojo cobertura glaciar en el año 1976 y en blanco en el 2006. La cobertura glaciar para el 2013 es similar al promedio de los últimos 7 años (16,7 km²).

En lo que se refiere a los estudios sobre el valle del Mantaro, durante el año se realizaron varios trabajos con el objetivo de identificar y analizar las diferentes escalas de variabilidad climática que existen en los Andes.

Entre ellos se desarrolló una investigación con los datos de Huayao, recolectados desde 1921, y se pudo constatar que en los últimos 90 años la temperatura ha aumentado en 0,85°C con oscilaciones decadales. En especial, la última década resulta ser la que concentra un mayor incremento, casi de 1,25°C/década, representando así la década más cálida que se ha tenido.

Se logró también generar una base de datos, consolidados y actualizados al 2012, tanto de precipitación como de temperatura máxima y mínima

del aire que permitirá ver el efecto del cambio climático en esta zona de gran interés científico.

Asimismo, se vio que la intensidad de la precipitación diaria ha estado disminuyendo durante las últimas dos décadas —es decir, llueve aproximadamente la misma cantidad de días al año, pero con menor intensidad— y que la temporada de lluvia está empezando más tarde y finaliza ligeramente antes, resaltándose un acortamiento del periodo de lluvias que, en el caso del valle, tiene una importancia significativa debido a la actividad de agricultura que se desarrolla en torno a ella.

El área ha realizado estudios dirigidos a caracterizar la estructura vertical, extensión horizontal y tipo de precipitación mediante el



Estación meteorológica de Huayao, ubicada en el Observatorio de Huancayo.

radar de precipitación del satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM), en busca de relaciones con la topografía y la circulación atmosférica. Se logró elaborar una climatología de precipitación anual de alta resolución para los Andes del centro y sur del Perú y norte de Bolivia. Además, se determinó que la mayor contribución de la lluvia en los Andes centrales ocurre en los valles y es del tipo convectiva, encontrándose también un fuerte gradiente de precipitación al borde este de los Andes.

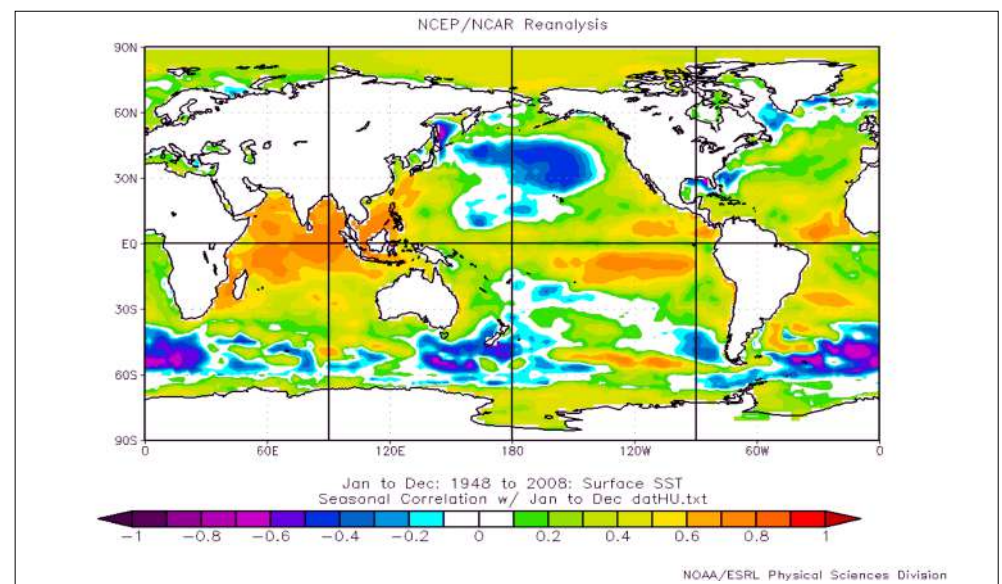
Un resultado importante de este año fue un estudio de la variabilidad espacial del ciclo diario de la precipitación en los Andes centrales peruanos en el cual se ha determinado que la mayor contribución de la lluvia en dicha zona ocurre por la tarde, entre las 13-18 hora local, mientras que en el borde este de los Andes la mayor contribución de la precipitación se da en la madrugada.

Un tema relevante en el estudio de

las heladas en el valle del Mantaro, está relacionado a los eventos de temperaturas mínimas, humedad y microfísica de nubes. El análisis compuesto realizado sobre los eventos de temperatura mínima inferior a 3°C durante el verano, indica que éstos están asociados a una disminución de la humedad específica en los Andes centrales (12° sur), con anomalías negativas de hasta 1 g/kg y se extiende hacia el lado oeste de los Andes, lo cual podría indicar que es de dónde proviene el aire frío y seco.

Durante este año, la actividad de monitoreo estacional de la cobertura glaciaria de la cordillera Huaytapallana llegó a determinar que la cobertura glaciaria para el 2013 es similar al promedio de los últimos 7 años (16,7 km²). El retroceso de los últimos dos años no indica una tendencia en los datos respecto a años anteriores, sin embargo, sí demostraría una variabilidad interanual, posiblemente asociada al incremento estacional de las precipitaciones.

La temperatura máxima del aire en Huayao tiene una importante correlación directa con la temperatura superficial del mar en el Pacífico ecuatorial centro-oriental (PECO), con el Atlántico tropical norte (TNA) y la zona de la piscina cálida (PC) y una correlación inversa con la zona del Pacífico norte (PN).



EXTREMOS HIDROCLIMÁTICOS EN LA AMAZONÍA

El Perú, es un país principalmente amazónico debido a que más del 76% de su territorio pertenece a la cuenca hidrográfica del Amazonas y el 97% de sus recursos hídricos se encuentra en dicha zona. En consideración de la importancia que esta zona geográfica tiene para nuestro país, en el 2011, se decidió dedicar una sección del área de Variabilidad y Cambio Climático a los estudios sobre la hidrología y clima de la Amazonía. Dichos estudios se pueden clasificar en los siguientes ejes de investigación: eventos hidrológicos extremos; estudio regional sobre impacto de la variabilidad climática en la hidrología; modelado hidrológico de la Amazonía peruana; análisis de la variabilidad sinóptica y meteorología amazónica.

En la sección Extremos Hidroclimáticos en la Amazonía se desarrollaron estudios con el objetivo de entender las lluvias extremas que ocurren en el flanco este de los Andes, donde se registra los valores máximos de precipitaciones en toda la cuenca amazónica.

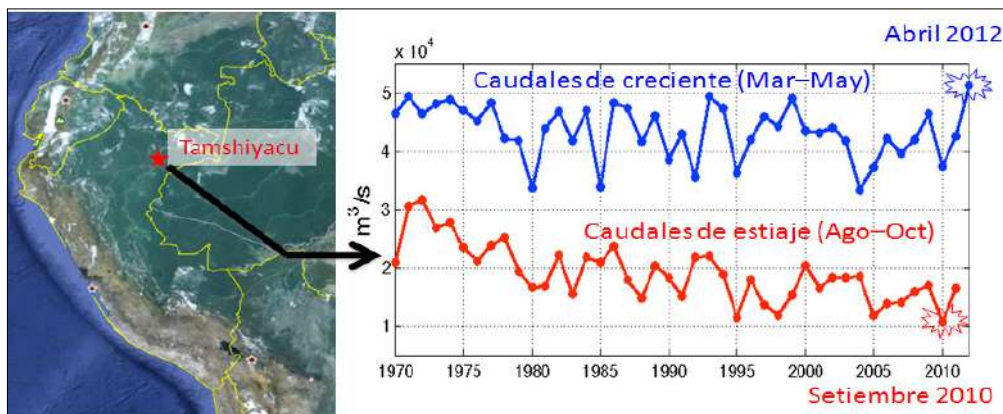
LO QUE DESARROLLAMOS DURANTE EL 2013

En cuanto a las investigaciones sobre eventos hidrológicos extremos, se realizó un estudio sobre el origen de las fuertes inundaciones y su relación con la circulación atmosférica y el clima regional. Se documentó el rol tanto del Océano Atlántico tropical como del Océano Pacífico ecuatorial central y cómo estos modulan la variabilidad hidrológica en la Amazonía.

También se desarrolló un trabajo

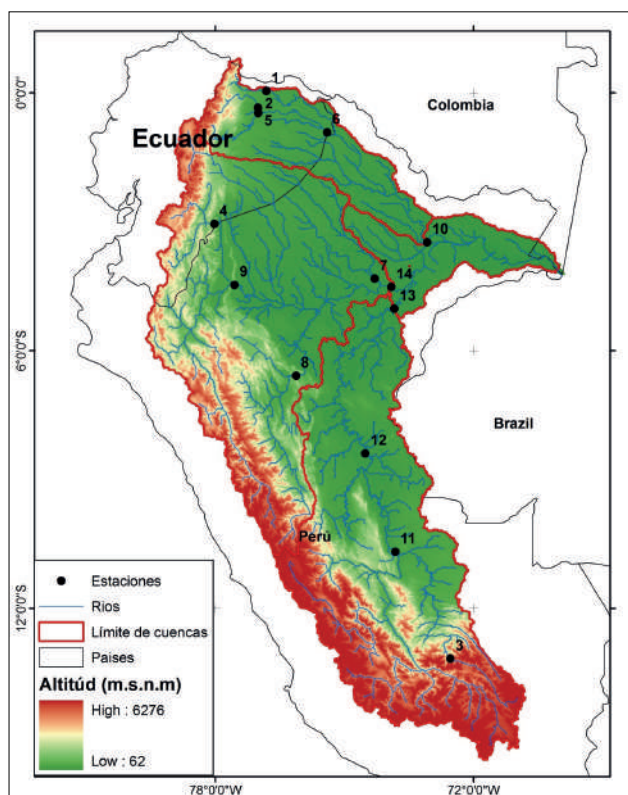
para identificar escenarios realistas del futuro de la hidrología amazónica. La investigación se basó en datos de 13 estaciones hidrológicas que controlan las principales subcuencas de la Amazonía (provenientes del observatorio SO-HYBAM) y en escenarios de precipitación futura proveniente de modelos de circulación general. Los resultados mostraron un posible incremento en la frecuencia de los eventos

Evolución de los caudales en la estación de Tamshiyacu (río Amazonas), considerando el periodo de aguas altas (azul) y de estiaje (rojo), con indicación del caudal mínimo y máximo históricos. Recientemente el río Amazonas ha sufrido dos eventos hidrológicos extremos de carácter histórico. El estiaje más severo se reportó en septiembre de 2010, mientras que sólo veinte meses más tarde, en abril de 2012, se registró el caudal más alto desde 1970. Estos eventos han impactado fuertemente el ecosistema y la sociedad amazónica, incluyendo problemas de mortalidad de árboles, quema de bosques, inundaciones de ciudades, problemas en el transporte fluvial, etc. Los estudios científicos muestran que estos eventos han sido producidos por la variabilidad climática natural y no descartan que puedan ocurrir con más frecuencia en el futuro. Adicionalmente, la mayor frecuencia de sequías extremas y la disminución de las precipitaciones en la región amazónica, alarman a la comunidad científica en relación a recientes estudios que muestran la posible savanización del bosque amazónico como impacto del cambio climático global.





Miembros de la expedición EXGEA en la estación meteorológica de Quincemil (Cusco).



Ubicación de las estaciones hidrométricas en la Amazonía peruana y ecuatoriana utilizadas en la calibración del modelo hidrológico.

hidrológicos extremos (sequías e inundaciones) como consecuencia del cambio climático.

Asimismo, se hicieron estudios con el objetivo de entender las lluvias extremas que ocurren en el flanco este de los Andes, donde se registra los máximos de precipitaciones en toda la cuenca amazónica. La zona de Quincemil (Cusco), en especial, representa un record de precipitación a nivel mundial, un “hotspot de precipitación”, con alrededor tres veces el promedio de la cuenca amazónica. En las investigaciones desarrolladas se entendió la distribución espacial de las precipitaciones y el rol de la orografía.

En lo que se refiere al estudio regional sobre la variabilidad climática y sus impactos en la hidrología, se realizaron dos investigaciones. En la primera se analizó la evolución de los caudales en Óbidos, la última estación hidrométrica del Amazonas ubicada a 800 km del mar, que representa el último registro caudal de toda la cuenca amazónica. Desde las últimas décadas, sobre todo después de los años 70, se ha observado un incremento en los caudales de inundación y una disminución de los caudales de estiaje desde los años 90. Esta investigación evidencia una intensificación del ciclo hidrológico en la Amazonía durante las últimas dos décadas que es explicado por el comportamiento de las precipitaciones dentro de la cuenca. En la segunda, se viene desarrollando un estudio sobre la

variabilidad de los niveles del lago Titicaca en los últimos 100 años y viendo su relación con los forzantes climáticos regionales de gran escala y la variabilidad hidrológica en la cuenca amazónica.

Otro eje de estudio se focaliza en la realización de un modelo hidrológico distribuido para la cuenca amazónica peruana que permita, a mediano plazo, evaluar los impactos de cambios de uso de suelo (como la deforestación) y cambio climático y realizar la previsión de los extremos hidrológicos. Además, este trabajo permitió evaluar la utilidad de estimaciones de lluvia provenientes de satélites en el modelamiento hidrológico.

Comprender la dinámica del clima de gran escala, relacionada con las incursiones de vientos fríos y lluvias intensas en la Amazonía peruana, es uno de los objetivos de la actividad de investigación denominada variabilidad sinóptica al este de la cordillera de los Andes. En el último año, se profundizó la colaboración con el Laboratorio Mixto Internacional GREATICE, que estudia los glaciares tropicales para ver la relación de la meteorología amazónica (friajes) con el clima en el glaciar de Zongo (cordillera Real, Bolivia). En el marco de esta colaboración, se está desarrollando un análisis de la radiación onda corta y onda larga en el glaciar Zongo con la finalidad de caracterizar los cambios a nivel anual de la nubosidad y relacionar esta nubosidad con la circulación atmosférica regional.

Ciencias del Geoespacio y Astronomía



GEOESPACIO

A LA VANGUARDIA DE LA AERONOMÍA ECUATORIAL



Vista general del Radio Observatorio de Jicamarca.
Créditos: Alastair Philip Wiper

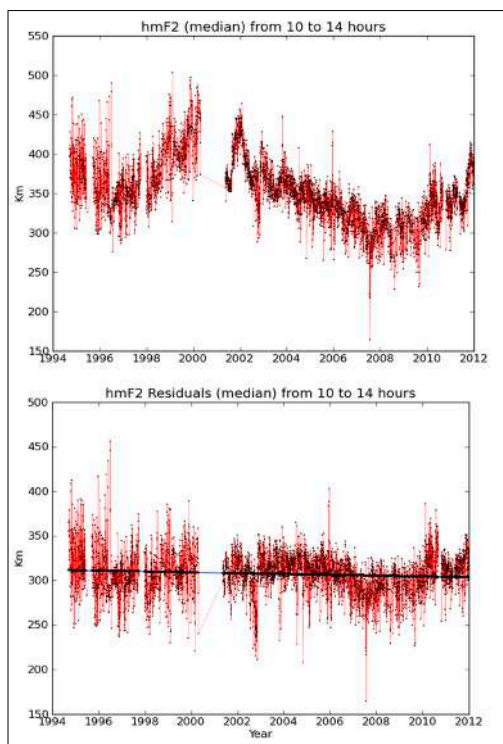
A una altitud de 65 km, la atmósfera es un millón de veces menos densa que al nivel del mar y, sobre estas alturas, la radiación rompe las moléculas de gas en iones o partículas con carga eléctrica y electrones libres. Esta parte de la atmósfera, conocida como ionósfera, es una región de intensa actividad física, con tormentas y vientos ligados al magnetismo terrestre y a la actividad solar, procesos físicos que son de gran interés para los científicos que están relacionados a los estudios en Aeronomía.

En el Instituto Geofísico del Perú, las exploraciones en dicha región los realiza el área de Investigación en Geoespacio a través del Radio Observatorio de Jicamarca (ROJ). Esta facilidad científica posee el mayor radar científico de dispersión incoherente del mundo y es el único instrumento de su género en el hemisferio sur. Con 90 000 m² de antena, su radar es capaz de iluminar el espacio con destellos de radio de hasta 6 millones de vatios de potencia.

En más de 50 años de funcionamiento ininterrumpido, Jicamarca ha logrado mantenerse a la vanguardia de su especialidad. El conocimiento, que hasta la actualidad tiene la humanidad de la ionósfera ecuatorial, se debe en gran parte a los aportes de las investigaciones realizadas en dicha sede científica del IGP.

Con 90 000 m² de superficie Jicamarca es el instrumento más potente en su género y el único radar científico en el ecuador magnético.

LO QUE DESARROLLAMOS DURANTE EL 2013



Análisis de tendencia del comportamiento de la capa F usando datos de dos décadas de la ionosonda de Jicamarca.

La implementación de nuevas técnicas de radar, a fin de realizar observaciones simultáneas de la ionósfera para poder determinar múltiples parámetros como densidades, temperaturas, derivas verticales y zonales, además de la composición de la ionósfera, fue uno de los trabajos que el área continuó desarrollando durante el 2013. Esta técnica, que ya es de aplicación diaria en el Radio Observatorio de Jicamarca, permite dividir la antena en diferentes secciones con apuntes distintos respecto al campo magnético de la Tierra, de manera perpendicular y fuera del mismo.

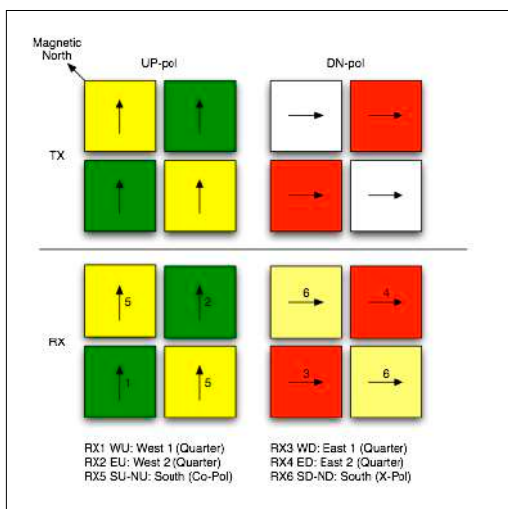
Por otro lado, el área ha estado realizando estudios a largo plazo de la ionósfera ecuatorial, para ello se ha hecho uso de dos décadas de datos de la ionosonda que se tiene instalada en el ROJ y se ha estudiado cómo es el comportamiento de la capa F a lo largo de estos años. Esta investigación permite entender si

hay alguna dependencia con el ciclo solar y otros factores, como el cambio automático, que pudieran haber influenciado el comportamiento de la densidad. Como resultado de este estudio se ha logrado determinar que hay una tendencia de disminución de la altura pico de la ionósfera a una razón de 5km por década.

En cuanto a la operación y mantenimiento del radar principal de Jicamarca, en el 2013, se operó en modo de alta potencia durante 1000 horas, mientras que en baja potencia se alcanzó 4500. Cabe destacar que a finales del 2013, y luego de varios años, se logró operar con sus cuatro transmisores, condición que le permite al ROJ realizar nuevos experimentos con un mayor alcance.

En la parte operativa se continuó con el manejo de la red de interferómetros Fabry Perot, cuyos instrumentos están instalados en Jicamarca, Nazca, Arequipa y Huancayo. Con

PROYECTOS DE DESARROLLO TECNOLÓGICO EN CURSO



Desarrollo de técnicas de radar de dispersión incoherente, usando múltiples direcciones de apuntes para la medición simultánea de parámetros físicos de la región F ecuatorial.

estos equipos se realizan mediciones de los vientos neutros en la alta atmósfera, aproximadamente a 300 kilómetros de altura.

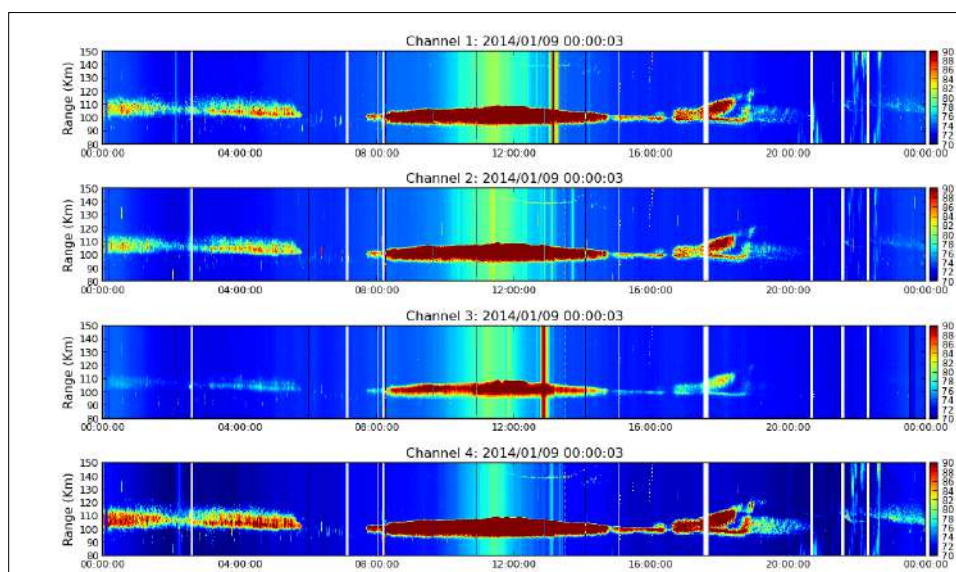
En lo que corresponde a estudios sobre Geomagnetismo, se operó la red de estaciones magnéticas ubicadas en diferentes puntos como: Ancón, Jicamarca, Piura, Puerto Maldonado y Arequipa. Además, se contribuyó con la operación y

Durante el 2013, se llevaron a cabo un total de 10 proyectos de desarrollo tecnológico programados, lo que permitió al área de Geoespacio mejorar el desarrollo de software y hardware utilizados en sus investigaciones.

Entre los más importantes está el sistema ABS (Antenna Beam Steering), que es el dispositivo que hace posible el cambio automático de la dirección de apunte de la antena de Jicamarca, lo que permitirá que estos cambios de posición se realicen en un tiempo menor a un segundo mediante el uso de una computadora.

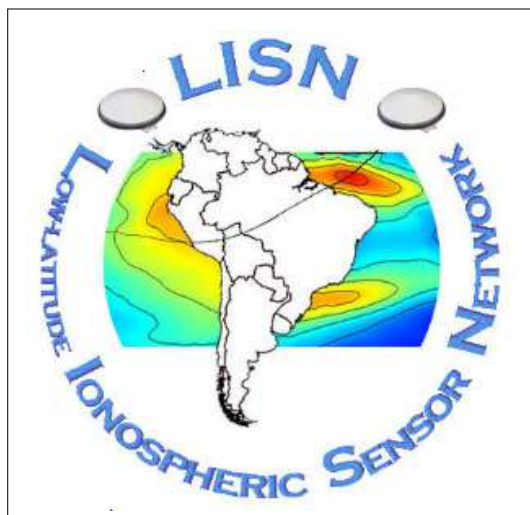
mantenimiento de las estaciones magnéticas del proyecto LISN (Ver Pág. 48), ubicadas en Leticia (Colombia), El Leoncito (Argentina) y las nuevas estaciones de Cuiba y Alta Floresta (Brasil). Asimismo, en convenio con la Universidad de Kyushu (Japón), se continúa con la operación de dos magnetómetros del proyecto MAGDAS instalados en Ancón e Ica.

Otro proyecto importante es el *Signal Chain*, que es un nuevo software que permite hacer procesamiento de datos y, a su vez, ayuda a mejorar en el monitoreo de las campañas de operación con el radar. Lo destacable de este nuevo programa es que no solo es apto para el ROJ, sino que también puede ser compartido con otras facilidades con similares características a Jicamarca. Con esto se logrará obtener una misma aplicación, formato de datos y mismos resultados que permitirá colaborar con otras instituciones.



RangeTimeIntensity (RTI) del experimento EEJ.

Ionosonda del proyecto LISN.



LISN provee aportes a los proyectos relacionados con el sistema ETI (*Electrodynamics, Thermosphere, and Ionosphere*) para bajas latitudes, pronósticos, y el desarrollo de la disminución del plasma y sus estructuras de densidades asociadas.

OBSERVATORIO DISTRIBUIDO A LO LARGO DE SUDAMÉRICA

Low-Latitude Ionospheric Sensor Network (LISN) es un proyecto de alcance internacional cuya finalidad es estudiar y pronosticar los fenómenos ionosféricos con especial énfasis en los procesos dinámicos y de transporte de energía fotoquímica. LISN consiste en un sistema capaz de monitorear la baja, media y alta atmósfera a través de modernos instrumentos geofísicos instalados en diversos países de América del Sur, funcionando como un “observatorio distribuido”.

El IGP es el centro de operaciones de toda esta red y su personal se traslada a todos los lugares con la finalidad de realizar instalaciones y

mantenimiento a los equipos, tanto de forma remota como *in situ*. En el marco de este proyecto se ha logrado un 80% de eficiencia en transferencia de datos, con respecto a los instrumentos que están en el Perú. Cabe destacar que estos equipos están funcionando continuamente: 24 horas al día, todos los días de la semana.

En lo que se refiere a nuevos instrumentos geofísicos y tecnología, se instaló una nueva ionosonda en el ROJ y se tienen nuevos módulos para el soporte remoto de los instrumentos que es usado para el manejo y descarga de datos.

FORMACIÓN ACADÉMICA

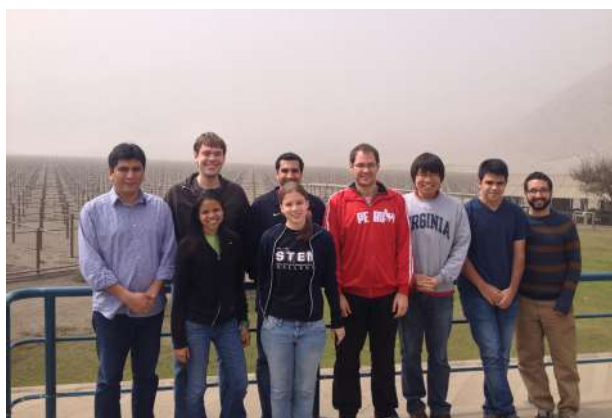
Conscientes que la formación de estudiantes es de vital importancia para cultivar el interés por las ciencias, en el ROJ se han implementado dos programas de prácticas para estudiantes tanto de carácter nacional como internacional.

Con el objetivo principal de formar a jóvenes profesionales e insertarlos en el campo de la ciencia e investigación, por segundo año consecutivo, en el 2013, se desarrolló el programa “Experiencia en investigación científica y desarrollo tecnológico para universitarios”. El mismo convoca a estudiantes de las carreras de Ingeniería Electrónica, Ingeniería de Sistemas, Telecomunicaciones, Matemáticas y Física de universidades de Lima y provincias.

Durante este programa los futuros

profesionales no solo se dedican a trabajar en pequeños proyectos de desarrollo e investigación, sino que también reciben formación en charlas, seminarios relacionados con el radar, procesamiento de señales y electrónica, entre otros temas.

Además, el área cuenta con el programa “*Jicamarca International Research Experience Program*” (JIREP) dirigido a universitarios internacionales de diversas instituciones del mundo. Los estudiantes de pregrado y posgrado trabajan con los especialistas del ROJ en programas de investigación relacionados a ciencias de la atmósfera y de la ionósfera neutral, así como en proyectos sobre instrumentación de radar/radio y el desarrollo de software.



Desde el 2006, el área de Investigación cuenta con el programa “*Jicamarca International Research Experience Program* (JIREP), dirigido a estudiantes internacionales.

ASTRONOMÍA

PROFUNDIZANDO EL CONOCIMIENTO DEL UNIVERSO



El Planetario Nacional Peruano - Japonés “Mutsumi Ishitsuka” es una propuesta educativa en que se visualizan más de 3500 estrellas, además de las constelaciones, el Sol, los planetas, la vía láctea, las nebulosas y las galaxias que convergen para montar un espectáculo astronómico.

Considerada la ciencia más antigua del mundo —culturas como la babilónica, china, egipcia, griega, india, maya, etc., poseían conocimientos astronómicos limitados a la observación a simple vista, con fines prácticos o religiosos— actualmente la Astronomía estudia los objetos celestes como los planetas, estrellas, nebulosas y galaxias, además de la física, la química y la evolución de este tipo de objetos y fenómenos que se originan fuera de la atmósfera de la Tierra, incluyendo las supernovas, las explosiones de rayos gamma y la radiación cósmica de fondo .

El Instituto Geofísico del Perú, a través del área de Investigación en Astronomía, tiene el rol de aportar a la investigación con actividades ejecutadas en el Radio Observatorio Astronómico de Sicaya y la Estación Solar de Ica; así como difundir a la sociedad a través del Planetario Nacional los conocimientos generales, despertando de esta manera en niños y jóvenes el interés por las ciencias.

La labor de acercar el conocimiento científico a la sociedad se realiza además con actividades como: los recorridos científicos, observaciones en el Observatorio de Huancayo y Radio Observatorio Astronómico de Sicaya, cursos de enseñanza de la astronomía para profesores de colegios y eventos públicos astronómicos como el Día Internacional de la Astronomía y la Noche Internacional para Observar la Luna.

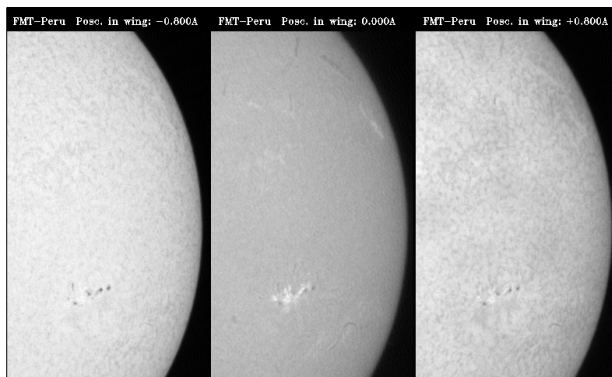
LO QUE DESARROLLAMOS DURANTE EL 2013

El área de Investigación en Astronomía posee instrumentos para realizar actividades de análisis de los fenómenos estelares. A través de una colaboración interinstitucional con la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica (Unica), el área cuenta con la Estación Solar ubicada en el campus de dicha Universidad. Gracias a este apoyo se continúan realizando observaciones de fenómenos solares con el telescopio *Flare Monitoring Telescope* (FMT) donado por el Observatorio de Hida de la Universidad de Kyoto. Y a pesar de que el máximo de la actividad solar del actual ciclo se dio a finales del 2012, aún se siguen registrando fenómenos del Sol con el telescopio FMT. Estos datos son estudiados a nivel nacional e internacional para contribuir al conocimiento del astro, además son utilizados

por estudiantes nacionales para desarrollar sus tesis de pregrado.

Además, en esta misma estación se encuentra instalado temporalmente el telescopio óptico reflector Nakamura de 60 cm que permite realizar observaciones de carácter científico y también educativo. Durante el 2013, se realizaron diversas actividades en torno al telescopio con el fin de profundizar el conocimiento de la Astronomía a nivel de colegios.

Asimismo, el área cuenta con el Radio Observatorio Astronómico de Sicaya (ROAS), ubicado cerca de la ciudad de Huancayo. Tras la donación al IGP de una antena parabólica de 32 metros de diámetro por parte de Telefónica, la Institución viene implementado este radiotelescopio con la finalidad de realizar observaciones de las



Diente de León, fenómeno del Sol registrado con el telescopio FMT.



Vista del Radio Observatorio Astronómico de Sicaya.

LABOR EDUCATIVA

regiones de formación de estrellas. Una vez concluidos los trabajos que posibiliten su total operación, se

permitirá el acceso a la comunidad universitaria para la investigación científica.

El área de Investigación en Astronomía centra sus esfuerzos en divulgar la ciencia a través del Planetario Nacional Peruano-Japonés Mutsumi Ishitsuka, ubicado en Mayorazgo - Ate. El Planetario se inauguró en junio del 2008 y, a partir del 2009, ofrece regularmente presentaciones al público.

Con el apoyo de una voluntaria senior de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), el Planetario ha logrado mejorar su producción de programas y ahora

ofrece novedades como la sala de proyecciones tridimensionales para presentaciones del Universo, haciendo uso del software Mitaka.

Cabe destacar que por iniciativa del JICA, el comité de Nombramientos de Objetos Pequeños de la Unión Astronómica Internacional (UAI) autorizó el 21 de agosto el nombre de “Qoyllurwas” (Casa de las Estrellas) al asteroide 17603, en alusión a la labor de difusión astronómica que desarrolla el Planetario Nacional.

Visita guiada a las instalaciones del Observatorio de Huancayo.



ASTRONÓMICA 2013

Con la finalidad de continuar con su labor de difusión de las ciencias, el área de Investigación en Astronomía organizó el evento AstronómICA, actividad gratuita que se desarrolló el 16 y 17 de febrero en el Instituto de Investigación Científica para la Actividad Solar “Mutsumi Ishitsuka” ubicado en la Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica (Unica). Este evento gratuito contó con el desarrollo de charlas astronómicas, muestras de afiches, astrofotografías y maquetas, presentaciones en el Sistema 3D Itinerante del Planetario del IGP, así como observaciones de las estrellas más brillantes y de las principales constelaciones.

Las observaciones pudieron realizarse con telescopios de diferentes tamaños, incluyendo al recientemente instalado telescopio Nishimura de 60 centímetros de apertura, el más grande del Perú en actividad. Mientras que las charlas, muestras y demás presentaciones estuvieron a cargo de especialistas del Instituto Geofísico del Perú (IGP), la Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial (Conida), el Instituto Peruano de Astronomía (IPA) y la Liga Iberoamericana de Astronomía (Liada), entre otras entidades.



AstronómICA evento realizado el 16 y 17 de febrero del 2013 en la Unica.

Optimizando las Tecnologías e Infraestructuras



REDES, INSTRUMENTACIÓN GEOFÍSICA Y CNDG

IMPLEMENTANDO NUEVAS TECNOLOGÍAS AL SERVICIO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA



Vista tomada desde la estación acelerométrica ubicada en el nevado Chaupijanca, que es operada por encargo de la compañía minera Milpo.

REDES GEOFÍSICAS

Redes Geofísicas es un área técnica del Instituto Geofísico del Perú que maneja todos los instrumentos instalados en el territorio nacional y que son utilizados para recolectar la información geofísica, en particular sísmica, vulcanológica y geodésica. Su principal responsabilidad recae en mantener operativa la Red Sísmica Nacional (RSN), sistema conformado por unas 50 estaciones equipadas con sismómetros y/o acelerómetros de alta sensibilidad, que registran continuamente la actividad sísmica que ocurre en nuestro país. Los datos que se obtienen son transmitidos a las centrales de procesamiento en Lima o sedes descentralizadas.

Un tercio de las estaciones de la RSN además están equipadas con sistemas de transmisión satelital mediante una línea dedicada. Esta sección, que conforma la denominada Red Sísmica Satelital para Alerta Temprana de Tsunamis (Redssat-IGP), consta de una estructura tecnológica muy robusta con la finalidad de no ser vulnerable a un sismo destructor que origine fallas de otros sistemas como Internet. De esta manera, el IGP busca asegurar la continuidad del servicio y, a su vez, le permite emitir las alertas sobre sismos tsunamigénicos en forma rápida y confiable.

Además, el área también es la responsable técnica de otros sistemas geofísicos como los de Geodesia Satelital (GSNN), los de monitoreo de los volcanes Misti, Ubinas y Sabancaya y la red telemétrica de vigilancia de las obras de infraestructura hidroeléctrica de Tablachaca, Mantaro, entre otras.

Redes Geofísicas cumple el rol fundamental de instalar, operar y mantener las estaciones con los diversos instrumentos con los que cuenta el IGP para el desarrollo de sus investigaciones.

PROGRAMA PRESUPUESTAL (PP)



Estación Yanacachi de la Red Sísmica Satelital para la Alerta Temprana de Tsunamis (Redssat).

El área de Redes Geofísicas también tiene a su cargo tres actividades dentro del marco del Programa Presupuestal (PP) N°68 “Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”.

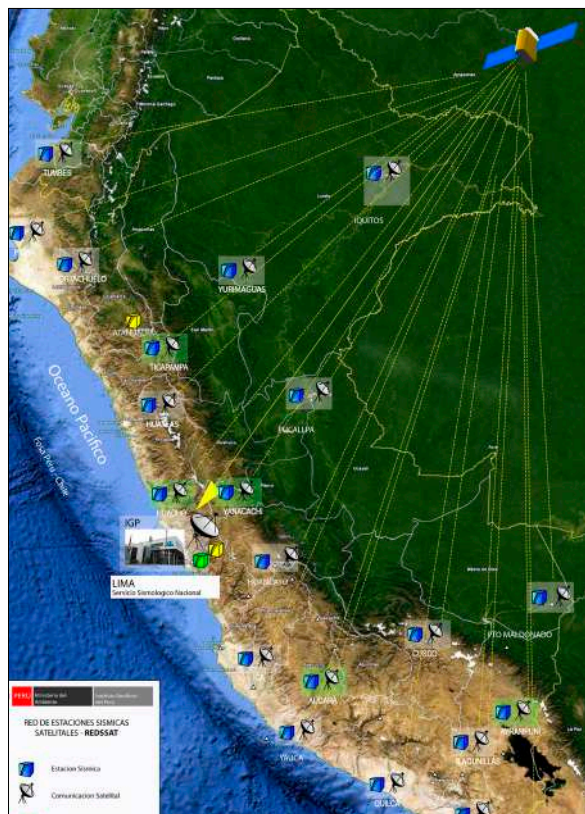
La primera actividad es el “Fortalecimiento del sistema observacional”, del producto “Zonas geográficas con gestión de información sísmica”, cuyo objetivo principal es ampliar y fortalecer el sistema de observación geofísica del IGP mediante la implementación de nuevas estaciones acelerométricas, sísmicas y geodésicas. Durante el 2013, se realizó la instalación de ocho acelerómetros ubicados en las ciudades de Huacho, Carquín,

Barranca, Paramonga, dos en Huarmey y dos en Chimbote, específicamente en la sede de Indeci y Cerro Cruz de la Paz. Asimismo, se realizó la instalación de cuatro sismómetros en Chimbote, Huarmey, Paramonga y Huacho.

Con la finalidad de monitorear la actividad sísmica en el territorio peruano y evaluar la generación de tsunamis frente a nuestras costas, la segunda actividad en la que el área concentró esfuerzos fue el “Fortalecimiento del sistema integral de procesamiento de la información” del producto “Zonas costeras monitoreadas y alertadas ante peligro de tsunamis”. Con el accionar de este PPR se logró



Estación sísmica Huito Salinas, donde además se realiza vigilancia óptica del volcán Ubinas.



Mapa de las 21 estaciones satelitales de la Redssat-IGP.

ampliar a 21 estaciones satelitales distribuidas a nivel nacional y una central de procesamiento automático en Lima. Las nuevas estaciones están ubicadas en: Palca (Tacna), Huacho (Lima), Lucanas (Ayacucho), Huamachuco (La Libertad), Cerro de Pasco (Pasco), San Antonio de Putina (Puno).

Por otro lado, en aras de reforzar el monitoreo de los volcanes Misti y Ubinas, el área fue la responsable de llevar a cabo la actividad “Fortalecimiento del sistema observacional vulcanológico” del producto “Zonas geográficas con gestión de información vulcanológica”.

En lo que respecta al volcán Misti se mejoró la infraestructura y se incrementó la red de monitoreo a ocho estaciones, además se

adquirió el equipamiento adecuado para convertir las señales a digitales. Asimismo, se mejoró el sistema de procesamiento y recolección de datos. En cuanto al Ubinas, también se adquirieron equipos para convertir sus estaciones a banda ancha. Actualmente, la red cuenta con cuatro estaciones sísmicas digitales.

Cabe resaltar que a raíz del incremento de la actividad del volcán Sabancaya en el 2013, el IGP dispuso inmediatamente la implementación de una red de vigilancia de dicho macizo. Para ello se instalaron tres estaciones sísmicas-telemétricas, ubicadas estratégicamente, que permiten vigilar la actividad sísmica tanto cercana como lejana del cráter y transmitirla en tiempo real a los laboratorios en Arequipa.

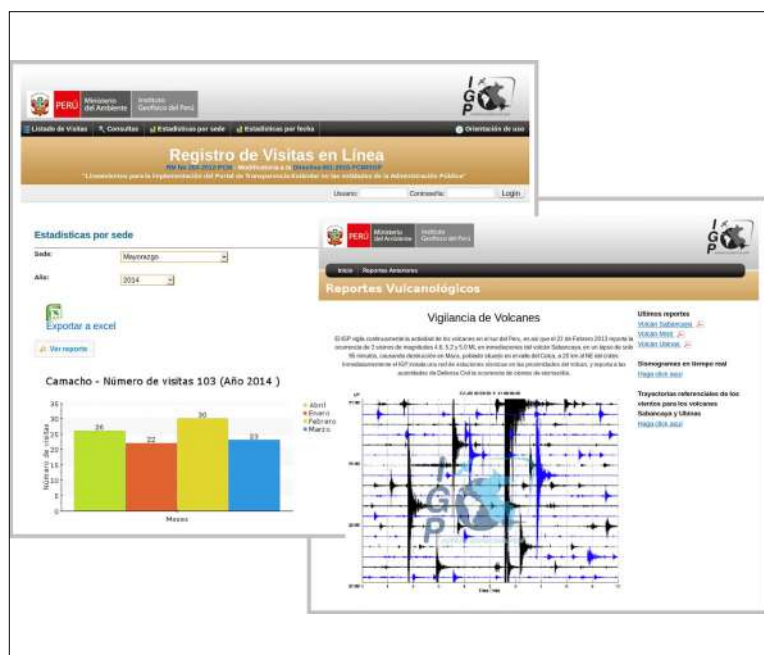


En el 2013, el volcán Sabancaya presentó un incremento en su actividad.

CENTRO NACIONAL DE DATOS GEOFÍSICOS - CNDG

El Instituto Geofísico del Perú genera parámetros sísmicos, gravimétricos, magnéticos, coordenadas geodésicas satelitales y datos de otras disciplinas geofísicas. Dicha información proviene de las estaciones que conforman las diversas redes geofísicas con las que cuenta el IGP a nivel nacional, de proyectos especiales con otras instituciones públicas, privadas nacionales e internacionales, así como de convenios con universidades e institutos de investigación locales y extranjeros.

CNDG brinda soporte tecnológico para administrar, gestionar y proveer seguridad a toda la información recopilada a través de las diversas redes geofísicas y observatorios con las que cuenta el IGP.



“Registro de visitas en Línea” y “Vigilancia de Volcanes” son algunos de los aplicativos desarrollados por CNDG.

El Centro Nacional de Datos Geofísicos (CNDG) tiene como actividades principales la administración de la base de datos geofísicos cuya información está a disposición de la comunidad científica nacional e internacional y la implementación del sistema georeferenciado. Además, es el encargado del desarrollo de diversos módulos aplicativos informáticos solicitados por las diversas áreas del IGP, tales como el módulo de desarrollo de capacidades del personal, módulo de inventario de hardware y software, el registro de visitas en línea, actividades de presupuestos por resultados, catálogo virtual de biblioteca, entre otros. Asimismo, es el responsable de la administración de

los portales web como el Institucional, de Transparencia y el de Ecoeficiencia.

Por otro lado, en su labor de servicios transversales a las diferentes áreas de investigación del IGP, el CNDG colabora en la implementación del monitoreo del sistema de vigilancia de volcanes. En coordinación con el área de Investigación en Vulcanología implementó el módulo de administración de reportes vulcanológicos con la finalidad de que estos puedan ser compartidos con las autoridades competentes a la gestión de riesgo. Dichos reportes pueden ser visualizados a través de <http://www.igp.gob.pe/reportevulcanologico/>.

Fortaleciendo Capacidades



ASUNTOS ACADÉMICOS

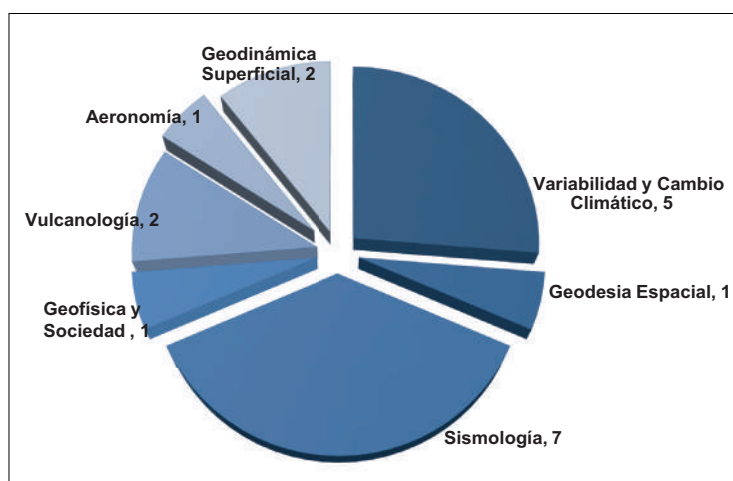
FORMANDO NUEVOS CIENTÍFICOS

El Instituto Geofísico del Perú además de realizar investigación científica en las diversas áreas de la Geofísica y ofrecer servicios científicos, brinda capacitación profesional de alto nivel. El IGP como generador y transmisor de conocimientos, ofrece programas de capacitación mediante desarrollo de tesis de grado y maestría a los egresados de las diversas universidades del país.

Esta capacitación profesional está dirigida a estudiantes universitarios de los últimos ciclos, egresados y bachilleres que deseen desarrollar su tesis en los campos de estudio como: Variabilidad y cambio climático, Astrofísica, Física solar, Física cósmica, Magnetismo terrestre, Tectonofísica, Sismología, Geología, Geodinámica superficial, Geodesia espacial y Vulcanología; así como en instrumentación y electrónica.

La capacitación de alto nivel es una preocupación constante del Instituto Geofísico del Perú, por ello a través del área de Asuntos Académicos ofrece a los estudiantes de pregrado y maestría la oportunidad de desarrollar trabajo de tesis bajo el asesoramiento de los científicos de nuestra Institución.

TESIS: APORTES A LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA



Tesis desarrolladas durante el 2013.

El área de Asuntos Académicos (DAA) coordina el “Programa de Becas del IGP”, el cual consiste en subvencionar —hasta por un periodo de 15 meses— a los egresados de universidades nacionales el desarrollo de sus tesis. Para ello facilita datos geofísicos y se cuenta con una asesoría permanente por parte de los investigadores del IGP.

Durante el 2013 participaron del programa 19 tesis, de los cuales 13 fueron financiados por el IGP y los demás a través de convenios y otras fuentes. El mayor número de tesis estuvo concentrado en las áreas de Sismología y Variabilidad y Cambio Climático. Como resultado se sustentaron siete

tesis, tres correspondientes al área de Investigación en Variabilidad y Cambio Climático, tres a Sismología y una a Vulcanología.

Todos estos trabajos de investigación, en la modalidad de tesis, son publicados en el libro “Compendio de Trabajos de Investigación Realizados por Estudiantes”. El reciente volumen N° 14 contiene una selección de 10 artículos y es distribuido en universidades e institutos de investigación de todo el país y además puede ser visualizado a través de http://www.igp.gob.pe/portal/images/documents/daa/aa/compendio/compendio_2012_14.pdf.

N°	Nombres y apellidos	Universidad	Tema de tesis	Asesor	Área
1	Steven Chávez Jara	PUCP	Caracterización de tormentas intensas en el valle del Mantaro mediante sensoramiento remoto.	Ken Takahashi	Variabilidad y Cambio Climático
2	Liliana Torres Velarde	UNSA	Análisis de métodos geofísicos en la evaluación del volcán.	Hernando Tavera	Sismología
3	Miguel Saavedra Huanca	UNMSM	Caracterización física de heladas radiativas en el valle del Mantaro.	Ken Takahashi	Variabilidad y Cambio Climático
4	Dalma Mamani Gonzales	UNMSM	Simulación de la circulación atmosférica a nivel superficial para la cuenca del río Mantaro usando el modelo atmosférico de mesoescala MM5.	Yamina Silva	Variabilidad y Cambio Climático
5	Dina Bilha Herrera Puma	UNSA	Caracterización de sitio para el área urbana de Chosica utilizando métodos sísmicos.	Hernando Tavera	Sismología
6	Yonatan Anibal Bustamante	UNMSM	Modelamiento numérico de una onda de avenida generada por la rotura de una presa de tierra y su estimación de riesgo-aplicación a la presa de Yuracmayo.	Hernando Tavera	Sismología
7	Juan Luis Anca Cabrera	UNSA	Análisis y clasificación de la sismicidad asociada a la erupción del volcán Ulbinas 2006-2009.	Orlando Macedo	Vulcanología

Tesis sustentadas durante el 2013.

DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y ACTIVIDAD ACADÉMICA



Dr. Ronald Woodman durante su presentación plenaria en ECI 2013i.

Como parte de la difusión de los temas relacionados con las ciencias de la Tierra sólida, atmósfera e hidrósfera, geoespacio y astronomía, además de otros temas de interés para la comunidad científica y público en general, Asuntos Académicos organiza semanalmente conferencias científicas que son dictadas por personal de la Institución, así como invitados de otras instituciones nacionales y extranjeras.

De esta forma, especialistas de Finlandia, Francia, EE.UU., entre otros países, junto a investigadores de instituciones nacionales

compartieron nuevos conocimientos a través de charlas que se desarrollaron en la sede central del IGP. Igualmente, el área participó en la organización de la sesión especializada sobre “Ciencias de la Atmósfera, Tierra y Espacio” del Encuentro Científico Internacional (ECI 2013) de verano e invierno.

Asimismo, en diciembre se realizó el Seminario de Tesistas, el cual se organiza cada año para que los becarios presenten los avances de sus estudios y compartan experiencias. En esta oportunidad se presentaron 12 tesis de cinco áreas de investigación.

CAPACITACIÓN

Durante el 2013, Asuntos Académicos dirigió el desarrollo de capacitaciones para el personal del IGP. En ese sentido se llevaron a cabo cursos *in house* en temas como redacción, *Phyton*, *Microsoft Project*, *Adobe Illustrator* y Mecánica de Suelos, en los que participaron más de 150 personas. Asimismo, se brindó la oportunidad de formación en instituciones externas, entre las que destacan: Diplomado para Asistente

de Gerencia, Diplomado en Gestión Pública, Diplomado en Gestión de Riesgo de Desastres, Gestión por Resultados y Presupuesto por Resultados, Certificación en *Linux*, entre otros, en los que participaron 46 trabajadores. Los cursos, que sumaron 37, estuvieron dirigidos tanto al personal de investigación como al personal de soporte técnico y administrativo.

Participantes del programa de becas del IGP durante el 2013.



SERVICIO DE BIBLIOTECA

Otras de las actividades a cargo de esta área es la Biblioteca Central que proporciona servicios y productos especializados de calidad y que brinda el soporte necesario para las diversas tareas de investigación que realizan: i) el personal de la institución, ii) los estudiantes universitarios o egresados que vienen desarrollando sus tesis en el IGP, iii) la comunidad educativa en todos sus niveles y iv) el público en general.

La Biblioteca Central del IGP tiene una de las colecciones más completas en el Perú, en referencia a ciencias de la Tierra, cuenta con más de 8650 títulos distribuidos entre: monografías, libros, tesis, publicaciones periódicas, artículos, congresos, recursos electrónicos y mapas; que abarcan temas como: Geología, Geofísica, Atmósfera,

Astronomía, Climatología, Oceanografía, Sismología, Vulcanología, Geodesia, Geomagnetismo, Electrónica, Agricultura, entre otros.

Entre los servicios que brinda se encuentran: lectura en sala, búsqueda de artículos especializados, fotocopia y digitalización, consultas por teléfono y correo electrónico, préstamos interbibliotecarios y servicios de difusión como las alertas bibliográficas, boletines bibliográficos y calendario de eventos científicos internacionales.

La Biblioteca tiene acceso libre, gracias a Concytec, a más de 2500 revistas y 1024 textos en línea a través de las prestigiosas editoriales Elsevier, Springer y Epsco; y acceso a bases de datos bibliográficos y de análisis de citas.

Acercándonos a la Sociedad



GEOFÍSICA & SOCIEDAD

ACERCANDO LA CIENCIA A LOS TOMADORES DE DECISIONES Y A LA POBLACIÓN

Con la finalidad de ser un puente de diálogo entre la investigación que desarrolla el IGP y la sociedad, el área de Geofísica & Sociedad contempla dentro su funcionamiento los componentes de Dimensión Humana y Comunicaciones. Su principal tarea es la de asegurar que los resultados de los estudios de las ciencias duras que realiza la Institución conlleven a acciones y elecciones informadas.

DIMENSIÓN HUMANA

Los desastres y sus efectos destructivos son obstáculos para el desarrollo de los países por el impacto económico negativo que significan. Ejemplos claros de esta premisa son los terremotos y

tsunamis que han cobrado miles de vidas y han ocasionado la pérdida de millones de dólares en nuestro país, así como la ocurrencia del fenómeno El Niño y erupciones volcánicas, entre otros.

Estudiar los diferentes aspectos de la dimensión humana a través del análisis de impactos socioeconómicos de los fenómenos geofísicos en la sociedad es una de las tareas primordiales de la Dirección de Geofísica & Sociedad.

PRESUPUESTOS POR RESULTADOS



Taller realizado en junio del 2013, donde se aplicó una encuesta social, económica y ambiental a los extractores artesanales de la Asociación San Pedro del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes en Puerto 25, Tumbes.

Geofísica & Sociedad participó del Programa Presupuestal (PP) N° 35 “Gestión sostenible de recursos naturales y diversidad biológica”, producto “Instituciones públicas con capacidades para la conservación y/o aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y la diversidad biológica”, actividad “Elaboración y actualización de estudios de valoración económica de los recursos naturales, diversidad biológica y servicios ambientales”. En ese contexto, el área tiene a su cargo la valoración del ecosistema de manglar en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes (SNLMT), tarea que se inició en enero del 2013.

Los Manglares de Tumbes son de

gran importancia desde el punto de vista ecológico, económico y social, por ser un ecosistema particular en el Perú y donde se realizan actividades extractivas de especies únicas en el país, como la concha negra y del manglar. A pesar de su importancia, dicho ecosistema ha sido poco investigado por lo que los estudios que el área ha realizado aportan conocimiento sobre los servicios ecosistémicos que brinda el manglar y, en un futuro, servirá de base para desarrollar su valoración.

Por segundo año consecutivo Geofísica & Sociedad tuvo a su cargo la actividad “Generación y difusión de información” en el marco del producto “Zonas costeras



Población expuesta ante eventos de tsunamis en Talara - Piura.

PROYECTOS CONCLUIDOS



Proyecto “Prevención y preparación ante la ocurrencia de desastres de origen geodinámico (sismos, deslizamientos e inundaciones) en el poblado de Carapongo, distrito de Lurigancho Chosica, Lima”.

monitoreadas y alertadas ante peligro de tsunami” del PP N° 68 “Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”. En las ciudades de Tumbes, Talara, Lima, Ica, Moquegua y Tacna se realizaron talleres participativos y de diagnóstico, en los cuales estuvieron presentes autoridades, tomadores de decisiones y profesionales de dichas localidades que recibieron

Con el objetivo de capacitar a la población de la localidad de Carapongo, especialmente la femenina, sobre los peligros de origen geodinámico a los que está expuesta, desde setiembre del 2012 a julio del 2013, el área llevó a cabo el proyecto “Prevención y preparación ante la ocurrencia de desastres de origen geodinámico (sismos, deslizamientos e inundaciones) en el poblado de Carapongo, distrito de Lurigancho Chosica, Lima”, con el financiamiento de la Cooperación Técnica Belga – CTB.

Para su desarrollo, se tomó como base los estudios técnicos generados por las áreas de Investigación Sismología y Geodinámica Superficial del IGP, quienes determinaron que las viviendas de Carapongo están expuestas a derrumbes y deslizamientos, entre otros, debido a que están ubicadas

información técnica sobre la ocurrencia de sismos y tsunamis en nuestro país. Para el desarrollo de los mismos se contó con la colaboración del área de Sismología del IGP, así como de la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN), el Instituto de Defensa Civil (Indeci) y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (Cenepred).

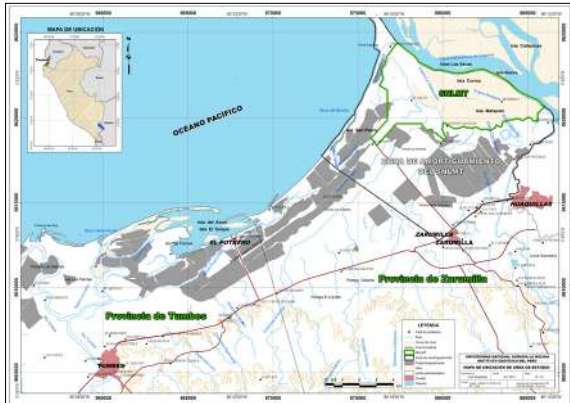
en suelos poco aptos, en zonas de riesgo como laderas de los cerros, zonas cercanas al cauce del río y, en algunos casos, a torres de alta tensión. Para complementar tal información, el componente de Dimensión Humana realizó el levantamiento de información socioeconómica de la localidad con la finalidad de realizar una descripción de la vulnerabilidad de la zona, incluyendo la exposición de la infraestructura física de las viviendas.

La información fue transmitida a través de cinco talleres de sensibilización que fueron realizados en diferentes zonas de la localidad, incluyendo el exfundo “El Portillo”, “Los Tulipanes” y la Asociación Virgen de Guadalupe. Las principales beneficiadas fueron las mujeres de organizaciones sociales.



Para el desarrollo de los talleres de Carapongo se contó con la participación de los especialistas de las áreas de Sismología y Geodinámica Superficial.

INVESTIGACIONES EN CURSO



En el mapa se aprecia la distribución del desarrollo de la actividad langostinera en las provincias de Zaremilla y Tumbes, así como su influencia en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes (SNLMT) y su zona de amortiguamiento.

HACIA LA COP20

COMUNICACIONES

Dentro del proyecto multidisciplinario “Impacto de la variabilidad y cambio climático en el ecosistema de manglares de Tumbes”, (Ver Pág. 38) el área de Geofísica & Sociedad tiene a su cargo analizar la vulnerabilidad socioeconómica de la población (hombres, mujeres y jóvenes) vinculada al ecosistema, valorar en términos económicos los servicios ambientales brindados por el ecosistema de los manglares de Tumbes, fortalecer las capacidades locales de investigación en temas de adaptación al cambio climático, y difundir los resultados del proyecto a la población, instituciones locales, autoridades y medios científicos; así como desarrollar un plan integrado de estrategias de adaptación, incluyendo a los actores clave involucrados (población, instituciones locales y autoridades) que permita incorporar el tema de adaptación al cambio climático en los instrumentos de gestión

Es importante resaltar el papel que el IGP viene desarrollando en el marco de las actividades preparatorias para la realización de la Conferencia de las Partes ante el Cambio Climático en Lima en diciembre del 2014 (COP20). Con el objetivo de apoyar el proceso de lograr un acuerdo mundial sobre el cambio climático

En su preocupación de informar adecuadamente sobre las actividades que realiza la Institución, en lo referente a las investigaciones y servicios que brinda, por su parte el grupo de trabajo de comunicaciones elaboró y publicó dos nuevas ediciones del Boletín Institucional correspondientes a los números 7

local, regional y nacional. También viene apoyando con algunas tareas puntuales de investigación de los aspectos socioeconómicos como la extracción de los recursos hidrobiológicos, análisis de las actividades de turismo, y en la parte de la zona de amortiguamiento se realizan estudios de la industria langostinera y la agricultura existente.

Para cubrir estos temas se están trabajando cinco tesis, dos de maestría y tres de pregrado, que abarcan temas como la actividad agrícola, la carga turística, la actividad acuícola, entre otros. Adicionalmente, en coordinación con el área de Investigación en Variabilidad y Cambio Climático, se viene realizando un estudio sobre El Niño de la década del 25, en el que se están analizando los aspectos históricos de este fenómeno a través de recolección de datos del diario El Comercio.

para el 2015, nuestra institución viene coordinando el trabajo del equipo de negociaciones sobre adaptación, bajo la dirección del Vice Ministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales, y con el apoyo de funcionarios del Ministerio de Relaciones Exteriores y CARE Perú.

y 8, cuyas portadas destacaron los temas: Finalización del proyecto “Prevención y preparación ante la ocurrencia de desastres de origen geodinámico (sismos, deslizamientos e inundaciones) en el poblado de Carapongo, distrito de Lurigancho-Chosica, Lima” y “Quincemil, zona de estudio de la selva de Cusco del



Boletín institucional del IGP, números 7 y 8.

PARTICIPACIÓN EN FERIAS TÉCNICO CIENTÍFICAS Y EVENTOS



Aniversario LXVI del IGP, en el cual se realizó un homenaje al Ing. Mateo Casaverde.

proyecto EXGEA”, respectivamente.

Asimismo, en coordinación con todas las áreas de investigación y operativas del IGP, desarrolló la Memoria Institucional correspondiente al periodo 2012. Esta publicación muestra un balance de lo realizado por las áreas de investigación, las oficinas administrativas, soporte tecnológico y académico, así como el estado financiero de la institución.

Además, con la finalidad de que el Instituto se posicione entre sus grupos de interés y actores claves

Con la misión de permitir a la población conocer cuáles son las funciones del IGP y los trabajos realiza en beneficio de la de la misma, la Dirección de Geofísica & Sociedad coordina la participación de la Institución en Ferias Técnicas Científicas como la Semana Nacional de la Ciencia, Tecnología e Innovación organizada por Concytec, entre otros. Para el desarrollo de estas actividades se contó en el 2013 con el apoyo y la participación de profesionales de las áreas de Aeronomía, Astronomía, Geodesia espacial, Geodinámica superficial, Sismología y Variabilidad y Cambio Climático.

Además, en setiembre del mismo año, se dio soporte de logística y difusión de los eventos “Vamos Panel” y “WCRP VAMOS/CORDEX

como una entidad que brinda información científica a la sociedad para promover una gestión adecuada del ambiente geofísico, se elaboraron materiales de recordación y difusión.

Conscientes que las actividades de prensa son vitales para la difusión rápida de la información, el grupo de comunicaciones brinda notas de prensas a través del Portal Web Institucional y redes sociales y mantiene una estrecha relación con los principales medios de comunicación.

Workshop on Latin-America and Caribbena CORDEX LAC: Phase 1 - South America”, los cuales reunieron a investigadores nacionales y del extranjero especializados en clima regional. Dichos eventos fueron organizados por el área de Variabilidad y Cambio Climático del IGP (Ver Pág. 39).

Por otro lado, en el LXVI Aniversario del IGP se desarrolló un evento protocolar en julio en el que se contó con presentaciones sobre la gestión de riesgo en nuestro país, las mismas que estuvieron a cargo de investigadores científicos de la Institución. Además, se realizó un emotivo homenaje al Ing. Mateo Casaverde en honor a su vasta trayectoria a favor de las geofísica del país.



Participación en la Semana Nacional de la Ciencia, Tecnología y Innovación, organizado por Concytec.

Cooperación Institucional y Servicios



CONVENIOS PARA EL DESARROLLO

La labor del Instituto Geofísico del Perú no solo tiene relevancia nacional, sino también mundial debido al alto nivel de sus investigaciones así como por el interés que generan en la comunidad científica internacional los temas que se desarrollan en las diversas áreas de la institución. Esta condición del IGP ha permitido que diversas instituciones nacionales y del exterior opten por trabajar de manera conjunta a través de convenios, donaciones o subvenciones en proyectos de interés conjunto.

De esta forma, se tiene la continuación del convenio realizado en el 2012 con la Municipalidad de Sachaca, mediante el cual se realizó un estudio de microzonificación sísmica en su jurisdicción y ésta comuna cedió al IGP un terreno para la construcción de un moderno Observatorio Vulcanológico. En el 2013 se aprobó en Sesión de Concejo de la Municipalidad Provincial de Arequipa el cambio de zonificación de este terreno de Zona de Recreación Pública a Zona de Servicios Complementarios. Además, se renovó el Convenio de Afectación en Uso N° 001-2009-GG con el GORE Arequipa - Autodema de la sede del IGP en Arequipa, donde funciona el área de Vulcanología, hasta enero de 2015.



Telescopio Nishimura ubicado en el Instituto de Investigación Científica para la Actividad Solar en la Unica.

Como parte del proyecto de la Estación Solar de Ica, que desarrolla el área de Investigación en Astronomía conjuntamente con la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica (Unica), se instaló temporalmente en la referida casa de estudios el telescopio Nishimura.

Con el objetivo de propiciar acciones de investigación, difusión y sensibilización entre los habitantes de La Molina, en áreas tales como Sismología, Geodesia Espacial, Astronomía, Variabilidad y Cambio Climático, el IGP y la comuna de dicho distrito firmaron en octubre del 2013 un convenio marco de cooperación interinstitucional que permitirá el trabajo conjunto entre ambas entidades en los próximos tres años.

Mientras que, en el marco del compromiso del Perú en la vigilancia de la no proliferación de pruebas con armas nucleares, el IGP cuenta desde el 2012 con una importante donación

por parte del Sistema Internacional de Verificación del Tratado de No-Proliferación de Armas Nucleares (CTBTO), el cual consiste en un sistema que facilitará el intercambio de información relevante sobre eventos sísmicos que puedan estar asociados a posibles explosiones nucleares detectables en el ámbito regional.

Se ha continuado además con el convenio que inició en el 2012 el área de Variabilidad y Cambio Climático con el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo de Canadá (IDRC) en el marco del proyecto “Impacto de la Variabilidad y Cambio Climático en el Ecosistema de Manglares de Tumbes”, el cual es un estudio que se realiza por primera vez en el país con una duración de tres años. Asimismo, desde julio del 2013 se desarrolla el convenio IGP-ANA, mediante el cual se estudian los eventos hidrológicos extremos en la cuenca amazónica peruana y se propone un sistema de previsión



Magnetómetros digitales desarrollados en el Radio Observatorio de Jicamarca.



Instalación de un marcador para el monitoreo geodésico, en el marco del convenio con el IRD de Francia.

de eventos extremos en grandes ríos amazónicos, lo cual incluye un informe mensual y un reporte técnico semestral.

Por su parte, el área de Aeronomía continuó recibiendo el apoyo de la Fundación Nacional de Ciencias de los EE.UU (NSF) a través del acuerdo cooperativo que ostenta con la Universidad de Cornell. Convenio que data desde 1979 y mediante el cual el Radio Observatorio de Jicamarca realiza investigaciones tanto en Aeronomía como Geomagnetismo y asume la responsabilidad de permitir a la citada casa de estudios obtener datos de radar de dispersión incoherente a una tasa aproximada de 1000 (mil) horas/año durante el período acordado.

Desde el 2006 se lleva a cabo un convenio con el Boston College de EE.UU. para la operación del proyecto internacional *Low-Latitude Ionospheric Sensor Network* (LISN) cuya finalidad es estudiar y pronosticar los fenómenos ionosféricos. LISN consiste en un sistema capaz de monitorear la baja, media y alta atmósfera a través de modernos instrumentos geofísicos instalados en diversos países de América del Sur.

Mientras que, desde el 2007, el área de Geodesia Espacial mantiene un convenio de cooperación con el Laboratorio de Tectónica del Instituto Tecnológico de California (CALTECH), en el marco del cual se realizan campañas de observaciones en puntos geodésicos instalados por ISTERRE e IGP. Cabe agregar que esta área del IGP y la *Jet Propulsion Laboratory* (JPL) colaboran desde

el 2013 de manera conjunta en un proyecto científico con el objetivo de evaluar la potencial ocurrencia de erupciones volcánicas en los principales volcanes del sur del Perú, trabajo que, a iniciativa de la JPL-NASA, tiene carácter multinacional y también se desarrolla en otras zonas volcánicas de Sudamérica y América Central.

Por su parte, el Radio Observatorio de Jicamarca tiene convenios con el Laboratorio del Gobierno Federal de los Estados Unidos del Departamento de la Marina (NRL) y con el *Atmospheric & Space Technology Research Associates LLC* (ASTRAD-IGP), con los cuales el Instituto realiza la instalación, mantenimiento y toma de datos de cuatro receptores marca NWRA y se ejecuta el proyecto de investigación denominado “Radar Doppler de alta frecuencia (HF) para estudios en bajas latitudes”, respectivamente.

Cabe indicar que en el ámbito nacional el ROJ desarrolló un convenio con la empresa Tumimed, con la cual se llevó a cabo el diseño, ensamblaje, fabricación y calibración de magnetómetros digitales.

En el marco del convenio de cooperación interinstitucional entre el Instituto de Investigación para el Desarrollo y el IGP, destacados investigadores franceses vienen desarrollando actividades de investigación conjunta con el personal científico y técnico del IGP en nuestro país. Estas estadías permiten la colaboración estrecha con los investigadores de nuestra institución en temas como Sismología, Geodesia, Clima, etc.

Por parte del Centro Nacional de Datos Geofísicos, se mantuvo el convenio de colaboración Interinstitucional de Certificación Digital en el marco del Decreto Supremo No 070-2011-PCM con que

se tiene desde el 2012 con el Reniec y desde agosto del 2013 se lleva a cabo con esta entidad el convenio de cooperación sobre sistema integrado de trámite documentario.

SERVICIOS TECNOLÓGICOS

Las áreas de investigación del Instituto Geofísico del Perú (IGP) generan conocimiento científico que contribuye al desarrollo de actividades de diversas empresas e instituciones en ámbitos como: minería, electricidad, telecomunicaciones, etc. En esa dirección, durante el 2013 se continuaron ejecutando convenios en beneficio del desarrollo del país.

Como parte de esta labor, el área de Geodinámica Superficial continuó su trabajo con la empresa ACRES *Investments*, la cual requirió de estudios geológicos y geodinámicos para el Proyecto Hidroenergético Nueva Esperanza ubicado en la cuenca del río Inambari, provincia de Carabaya – Puno. En una segunda fase requerirán estudios de Geofísica aplicada y Geotecnia.

El IGP continuó también con el convenio que tiene con Electroperú consistente, por parte del área de Investigación en Sismología, en el análisis de la actividad sísmica local registrada por la red sísmica telemétrica del Complejo Mantaro – Tablachaca y, a cargo de Redes Geofísicas, en el registro, evaluación, análisis y procesamiento e interpretación de la actividad sísmica local.

Asimismo, la Institución también encargó a estas áreas los contratos que se tienen con la compañía minera Milpo, que consiste en la operación, mantenimiento y entrega de datos del acelerómetro instalado en el nevado de Chaupijanca (Redes geofísicas).

Río Ayapata, tributario principal del río Inambari. Lugar donde el área de Geodinámica realiza servicios a la empresa ACRES *Investments*.



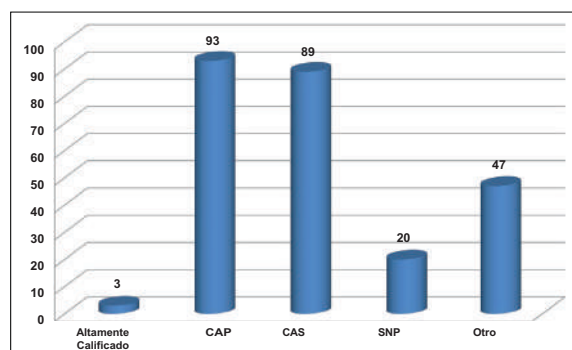
Potencial Humano



RECURSOS HUMANOS DEL IGP

La fuerza de toda organización se centra en su capital humano, sus capacidades, conocimientos y habilidades: elementos esenciales para el desarrollo de sus actividades. El IGP tiene la responsabilidad —dentro de su competencia— de hacer ciencia y su campo de acción son los fenómenos y procesos naturales que afectan a la Tierra. Para cumplir a cabalidad esa tarea, cuenta con profesionales de alto nivel lo que le permite investigar y obtener información confiable, que se convertirá luego en insumo para hacer la ciencia que el país tanto necesita.

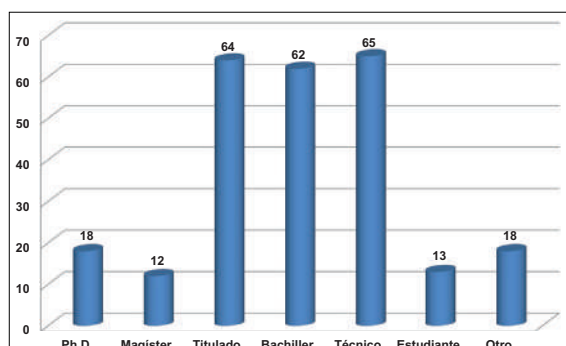
Modalidad de Trabajo



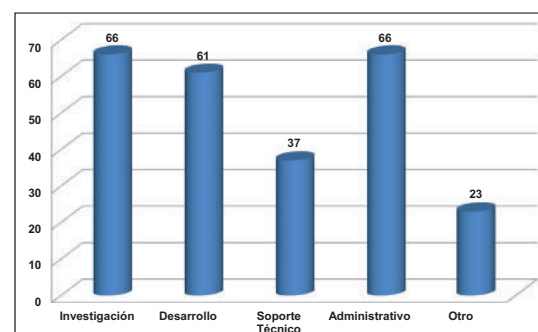
Al 31 de diciembre del 2013, el IGP mantuvo una fuerza laboral de 251 personas, bajo diferentes modalidades de contratación: 94 por Contrato a Plazo Indeterminado (CAP), 89 vía Contrato Administrativo de Servicios (CAS), 20 por Locación de Servicio y 47 por Tercerización. A ellos se suman los dos investigadores científicos contratados por el Ministerio de Economía y Finanzas bajo la modalidad personal altamente calificado del sector público.

Además, como resultado del convenio con la Autoridad Nacional del Servicio Civil (Servir), la Institución continuó con la colaboración de tres gerentes públicos cuya labor se centró en mejorar la eficiencia del gasto y la gestión administrativa del IGP.

Formación



Grupo de Trabajo



En lo que respecta a la labor científica, el IGP cuenta con una plana de destacados especialistas que le permite ser fuente de información altamente especializada. Sus áreas de investigación están bajo la batuta de destacados profesionales: el área de Geoespacio está dirigida por Marco Milla; Astronomía por José Ishitsuka; Geodesia Espacial por Edmundo Norabuena; Geodinámica Superficial por Juan Carlos Gómez; Sismología a cargo de Hernando Tavera; Variabilidad y Cambio Climático, por Ken Takahashi; y Vulcanología por Orlando Macedo. Ellos tienen a su cargo equipos de trabajo integrados por investigadores asociados, asistentes de investigación, técnicos, ingenieros, tesis y colaboradores, quienes contribuyen durante el desarrollo de las actividades de investigación y desarrollo tecnológico.

Además, en lo que se refiere a las áreas de soporte, el área cuenta con Redes Geofísicas que estuvo a cargo de David Portugal, el Centro Nacional de Datos Geofísicos dirigido por María Rosa Luna, Asuntos Académicos y Geofísica & Sociedad, lideradas por Yamina Silva y Alejandra Martínez, respectivamente.

Personal IGP 2013



Astronomía



Vulcanología



Geodinámica Superficial



Oficina General de Administración



Centro Nacional de Datos Geofísicos



Geofísica & Sociedad



Oficina de Asesoría Legal



Geomagnetismo



Oficina de Control Institucional



Asuntos Académicos





Geoespacio

Oficina desconcentrada de Chiclayo



Sismología

Variabilidad y Cambio Climático



Presidencia Ejecutiva y Dirección Técnica

Geodesia Espacial

Oficina de Desarrollo Institucional



Redes Geofísicas

Observatorio de Huancayo

Mejorando la Gestión Institucional



FORTALECIENDO EL CORE DEL IGP

Con la finalidad de incorporar nuevos investigadores científicos y profesionales en aras de reforzar las capacidades de las diversas áreas de investigación de la Institución, la Dirección Técnica del IGP realizó concursos externos durante el último trimestre del 2013. De esta forma, la cifra de 12 doctores con los que se contaba el año anterior, se incrementó a 18, consolidando así un equipo de destacados especialistas distribuidos entre las plazas de Investigadores Principales, Superiores y Asociados.

En la búsqueda de valorar las capacidades de los profesionales con que cuenta el IGP, así como ampliar y diversificar los estudios que se desarrollan, en los meses de noviembre y diciembre la Institución dispuso la progresión interna por méritos permitiendo de esta manera que 22 especialistas, técnicos y científicos accedan a niveles superiores. De esta manera el IGP puso de manifiesto su premisa de reforzar su *staff* y mantenerse a la vanguardia de la investigación científica en el país, así como continuar siendo un referente a nivel internacional.

Entre las nuevas incorporaciones de investigadores científicos, tenemos a los Drs. Antonio Pereyra y Nobar Baella en Astronomía; al Ph.D. (c) Juan Carlos Villegas en Geodesia; al Dr. Edgardo Pacheco en Geoespacio; la Dra. Ivonne Montes y los Ph.D. (c) James Apaéstegui y Kobi Mosquera en Variabilidad y Cambio Climático; y finalmente al Dr. Adolfo Inza en Vulcanología.

Área de Investigación	Nº de Investigadores
Investigación en Astronomía	3
Investigación en Geodesia Espacial	2
Investigación en Geodinámica Superficial	1
Investigación en Geoespacio	3
Investigación en Sismología	2
Investigación en Variabilidad y Cambio Climático	5
Investigación en Vulcanología	2

Cuadro de número de investigadores del IGP.

MEDIOS FINANCIEROS

FINANCIAMIENTO E INGRESOS

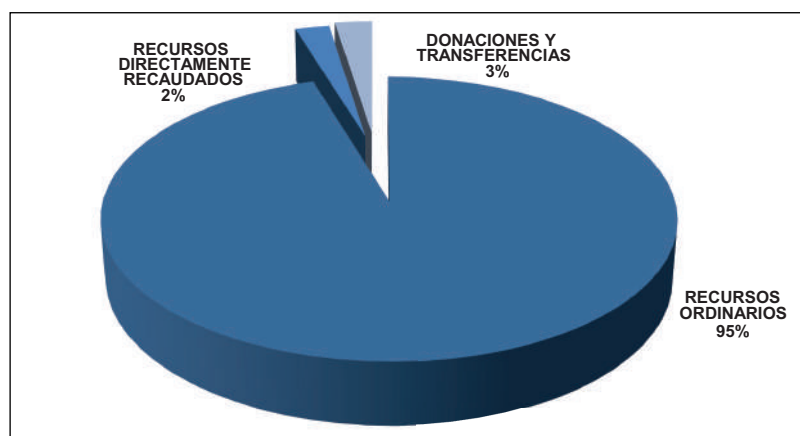
El Presupuesto Institucional de Apertura (PIA) para el Pliego N° 112 Instituto Geofísico del Perú (IGP), aprobado mediante Ley N° 29951 “Ley del Presupuesto del Sector Público para el periodo Fiscal 2013”, ascendió por toda fuente de financiamiento a S/. 22,284,275 nuevos soles. Siendo financiado el 95% con Recursos Ordinarios del Tesoro Público, el 3% con recursos provenientes de Donaciones y Transferencias y 2% con Recursos Directamente Recaudados.

En lo que respecta a Donaciones y Transferencias, el presupuesto para el año 2013 fue de S/. 620,885; donde 7,893 fueron transferencia del Convenio con la Universidad de Kyushu para el financiamiento del proyecto MAGDA. Asimismo, la suma de S/. 504,336 procedió del convenio con la Universidad de Cornell para el funcionamiento del Radio Observatorio de Jicamarca, la contratación de personal, servicios y adquisición de bienes. Finalmente, la suma de S/. 108,656 provinieron de otros ingresos. Del monto total se ejecutó en el ejercicio fiscal 2013 la suma de S/. 450,312.

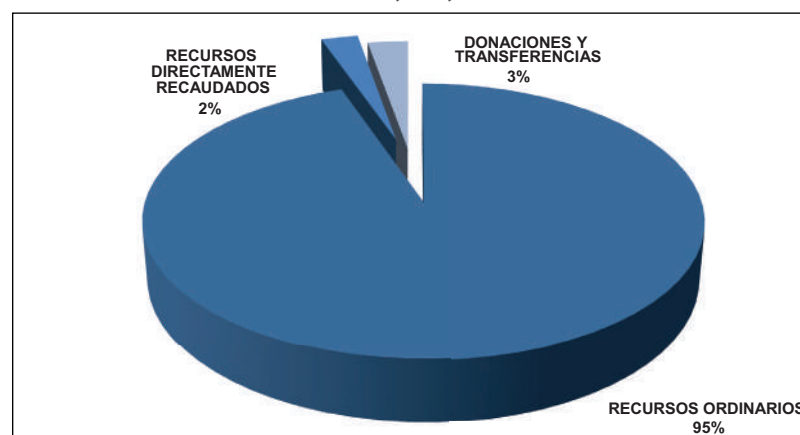
Al finalizar el periodo fiscal 2013, el IGP logró alcanzar un Presupuesto Institucional Modificado (PIM) a toda Fuente de Financiamiento de S/. 22,462,832 nuevos soles, significando un incremento en promedio de 0.8% respecto al (PIA). El mayor incremento se dio en la Fuente de Recursos Directamente Recaudados el mismo que alcanzó el 14% principalmente como consecuencia del saldo de balance correspondiente al periodo 2012.

La Fuente de Financiamiento Recursos Ordinarios experimentó un incremento del 0.2%, como consecuencia de la transferencia de S/. 33,000 nuevos soles, para el reajuste de pensiones D.L. N° 20530 - D.S. 004-2013-EF, D.S. 045-2013-EF.

Presupuesto Institucional de Apertura
PIA 2013
S/. 22,284,275



Presupuesto Institucional Modificado
PIM 2013
S/. 22,462,832



Asimismo, la fuente de financiamiento Donaciones y Transferencias tuvo un incremento porcentual de 13% respecto al PIA aprobado.

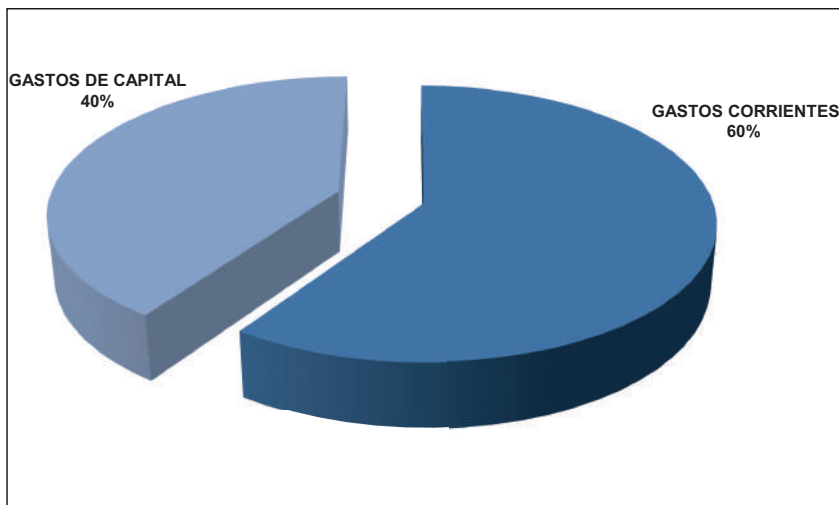
Resumen del Comportamiento de los Ingresos

PRESUPUESTO INSTITUCIONAL DE INGRESOS 2013				
FUENTE DE FINANCIAMIENTO	PIA	PIM	INCREMENTO	%
RECURSOS ORDINARIOS	21,234,390	21,267,390	33,000	0.2%
Presupuesto Inicial (Ley N° 29951)	21,234,390	21,234,390		
Crédito Suplementario		10,800	10,800	
Transferencia de Partidas		22,200	22,200	
RECURSOS DIRECTAMENTE RECAUDADOS	502,000	574,557	72,557	14%
Presupuesto Inicial (Ley N° 29951)	502,000	502,000		
Crédito Suplementario		72,557	72,557	
Transferencia de Partidas				
DONACIONES Y TRANSFERENCIAS	547,885	620,885	73,000	13%
Presupuesto Inicial (Ley N° 29951)	547,885	547,885		
Crédito Suplementario		73,000	73,000	
Transferencia de Partidas				
TOTAL	22,284,275	22,462,832	178,557	0.8%
Presupuesto Inicial (Ley N° 29951)	22,284,275	22,284,275		
Crédito Suplementario		156,357	156,357	
Transferencia de Partidas		22,200	22,200	

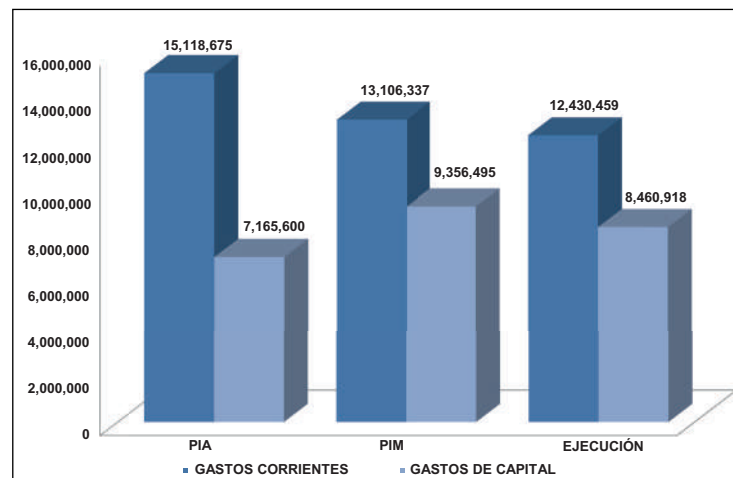
COMPORTAMIENTO DE LOS GASTOS

Para el periodo fiscal 2013, el IGP logró ejecutar por toda fuente de financiamiento S/. 20,891,377.46 nuevos soles, significando el 93% respecto al PIM; este porcentaje se distribuyó en Gastos Corrientes 60% y Gastos de Capital 40%.

Ejecución Presupuestaria 2013
por Tipo de Gasto

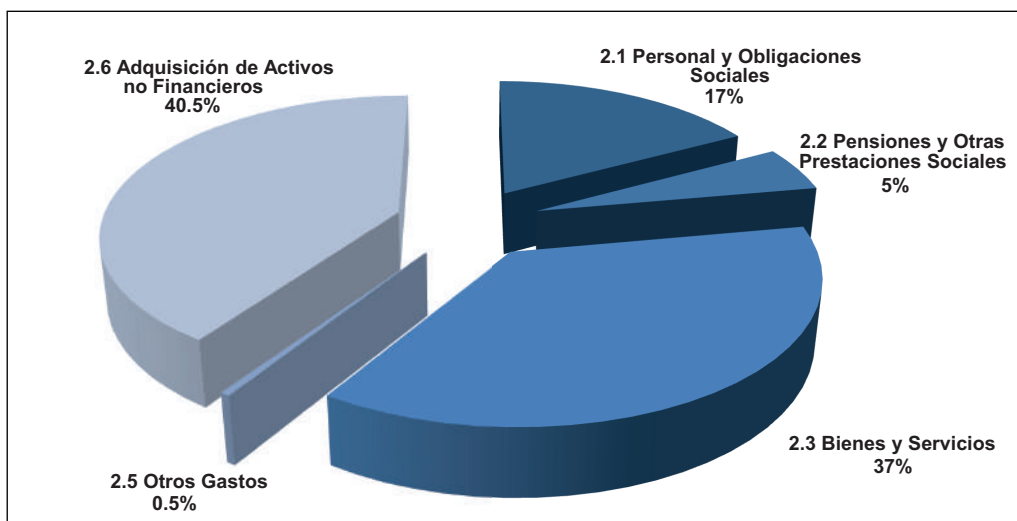


Ejecución Presupuestaria 2013



Analizando la composición del gasto ejecutado, el 17% corresponde a la genérica 2.1 Personal y Obligaciones Sociales, el 5% a Pensiones y Otras Prestaciones Sociales, el 37% a la genérica 2.3 Bienes y Servicios, el 0.5% a la genérica 2.5 Otros Gastos y el 40.5% a la genérica 2.6 Adquisición de Activos no Financieros.

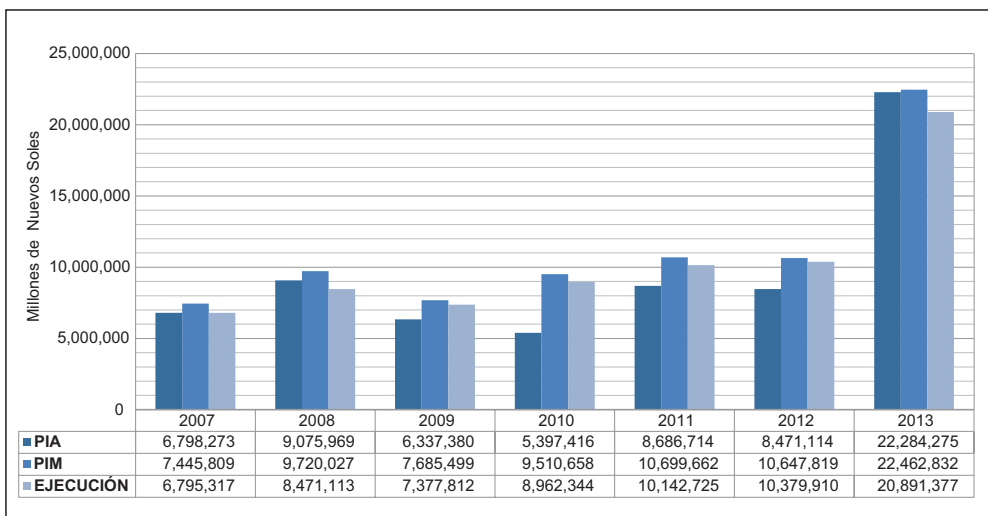
Ejecución Presupuestaria 2012
por Genérica de Gasto



Resumen del Comportamiento de los Gastos

PRESUPUESTO INSTITUCIONAL DE GASTO 2013				
TIPO Y GENÉRICA DE GASTO	PIA	PIM	EJECUCIÓN	EJE/PIM
RECURSOS ORDINARIOS	21,234,390	21,267,390	20,041,968	94%
GASTOS CORRIENTES	14,068,790	11,937,153	11,606,860	97%
2.1 Personal y Obligaciones Sociales	3,066,000	3,563,446	3,551,550	100%
2.2 Pensiones y Otras Prestaciones sociales	931,000	1,148,384	1,064,405	93%
2.3 Bienes y Servicios	9,941,790	7,058,885	6,894,824	98%
2.5 Otros Gastos	130,000	166,438	96,081	58%
GASTOS DE CAPITAL	7,165,600	9,330,237	8,435,108	90%
2.6 Adquisición de Activos no Financieros	7,165,600	9,330,237	8,435,108	90%
RECURSOS DIRECTAMENTE RECAUDADOS	502,000	574,557	399,097	69%
GASTOS CORRIENTES	502,000	548,299	373,287	68%
2.3 Bienes y Servicios	502,000	548,299	373,287	68%
GASTOS DE CAPITAL	0	26,258	25,810	98%
2.6 Adquisición de Activos no Financieros	0	26,258	25,810	98%
DONACIONES Y TRANSFERENCIAS	547,885	620,885	450,312	73%
GASTOS CORRIENTES	547,885	620,885	450,312	73%
2.1 Personal y Obligaciones Sociales	107,620	107,620	21,590	20%
2.3 Bienes y Servicios	440,265	513,265	428,722	84%
TOTAL	22,284,275	22,462,832	20,891,377	93%

Comportamiento Histórico del Presupuesto del IGP Toda Fuente

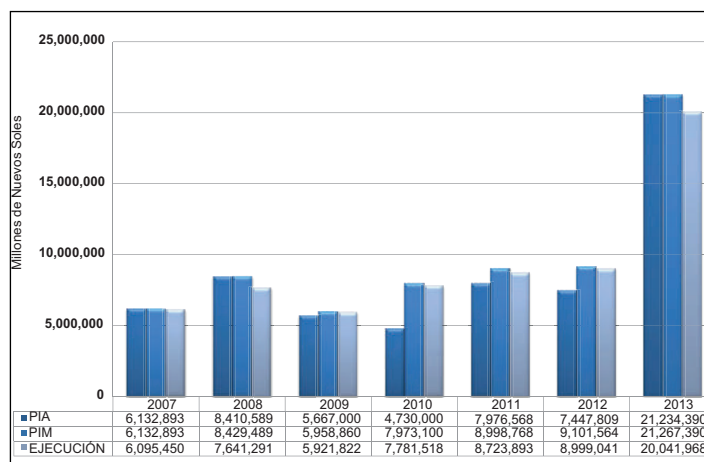


COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL PRESUPUESTO DEL IGP

Para el periodo fiscal 2013, y tomando como base el año 2007, la ejecución presupuestal por toda fuente muestra una tendencia creciente, si bien el PIA y el PIM han tenido oscilaciones en este rango de tiempo y del 2012 al 2013 han tenido un aumento de S/. 13,813,161 y S/. 11,815,013 respectivamente, significando una mayor ejecución de gasto en termino absoluto.

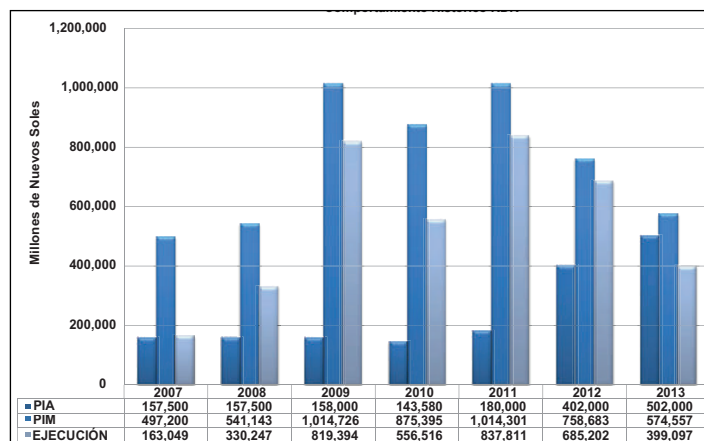
Verificando el comportamiento histórico por fuente de financiamiento, observamos que a nivel de Recursos Ordinarios (RO) este tuvo un incremento significativo a partir del año 2010

Comportamiento Histórico RO



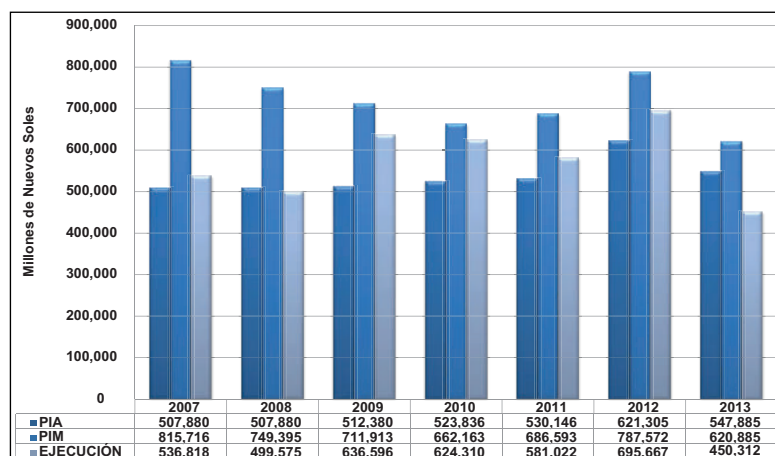
La fuente Recursos Directamente Recaudados (RDR), a nivel de PIM y Ejecución, muestra un comportamiento ascendente a partir del 2010.

Comportamiento Histórico RDR



La fuente Donaciones y Transferencias (DyT) muestra un comportamiento homogéneo a partir del 2010, como consecuencia del aporte de la fuente cooperante.

Comportamiento Histórico D y T



PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA

PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA

FICHA RESUMEN DE PROYECTO	
Nombre del proyecto:	"Mejoramiento de la red sísmica acelerométrica a nivel nacional y del centro de procesamiento de información del Instituto Geofísico del Perú"
Código SNIP:	2159216
Objetivo del proyecto:	Incremento de la capacidad de registro y provisión de información sísmica – acelerométrica a nivel nacional, con fines de prevención y atención de peligros naturales.
Principales detalles técnicos del proyecto:	Mejora de la prevención y atención de desastres naturales, con mínimos costos sociales y económicos asumidos por el Estado, ante la ocurrencia de eventos sísmicos.
Objetivo Específico:	<ul style="list-style-type: none"> - 169 estaciones acelerometricas instaladas y funcionando adecuadamente a nivel nacional al tercer año del proyecto. - Sistema de interconexión y transmisión de datos entre estaciones y con el centro de procesamiento de datos funcionando adecuadamente.
Beneficiarios directos:	20,050,010 habitantes o 4,890,246 hogares
Beneficiarios indirectos:	Población a nivel nacional
Costo total del proyecto	9,474,021.00

PROYECTO	ASIGNADO 2013			
	PIA	PIM	EJECUCION	% EJECUCION
"Mejoramiento de la red sísmica acelerométrica a nivel nacional y del centro de procesamiento de información del Instituto Geofísico del Perú"	3,615,000	3,615,000	2,829,635	78%

Fuente: Sistema SIAF-MPP
Elaboración: ODI

Entidad: 112 INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ

Sector: 05 AMBIENTAL

BALANCE GENERAL

Al 31 de diciembre de 2013 y 2012
(EN NUEVOS SOLES)

ACTIVO

ACTIVO CORRIENTE

	2013	2012
Efectivo y equivalente de efectivo	533,352	17,537
Cuentas por cobrar	108,469	67,677
Otras cuentas por cobrar	81,400	81,400
Existencias (neto)	94,514	46,640
Gastos pagados por anticipado	766,678	3,152
TOTAL ACTIVO CORRIENTE	1,584,413	216,405

ACTIVO NO CORRIENTE

Edificios y estructuras y act. no prod. (neto)	23,766,815	23,946,349
Vehículos, maquinarias y otros (neto)	20,778,995	15,597,861
Otras cuentas del activo (neto)	1,228,963	894,311

TOTAL ACTIVO NO CORRIENTE 45,774,773 40,438,521

TOTAL ACTIVO 47,359,185 40,654,926

Cuentas de orden 21,512,944 22,042,907

PASIVO Y PATRIMONIO

PASIVO CORRIENTE

	2013	2012
Obligaciones del tesoro público	610,783	518,148
Cuentas por pagar	3,625,649	215,191
Otras cuentas del pasivo	33,257	2,273
TOTAL PASIVO CORRIENTE	4,269,689	735,612

PASIVO NO CORRIENTE

Beneficios sociales y oblig. prev.	4,279,526	4,028,223
TOTAL PASIVO NO CORRIENTE	4,279,526	4,028,223

TOTAL PASIVO

8,549,215 4,763,835

PATRIMONIO

Hacienda nacional	169,705,801	169,703,050
Hacienda nacional adicional	(2,004)	2,751
Resultados acumulados	(130,893,827)	(133,814,711)

TOTAL PATRIMONIO 38,809,970 35,891,090

TOTAL PASIVO Y PATRIMONIO 47,359,185 40,654,926

Cuentas de orden 21,512,944 22,042,907

Entidad: 112 INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ
Sector: 05 AMBIENTAL

ESTADO DE GESTIÓN

Por los años terminados el 31 de diciembre de 2013 y 2012
(EN NUEVOS SOLES)

	2013	2012
INGRESOS		
Ingresos no tributarios	348,673	395,478
Trasposos y remesas recibidas	16,040,649	8,710,048
Donaciones y transferencias recibidas	1,091,258	945,934
TOTAL INGRESOS	17,480,579	10,051,460
COSTOS Y GASTOS		
Gastos en bienes y servicios	(7,090,098)	(5,660,998)
Gastos de personal	(4,697,215)	(3,544,912)
Gastos por pens.prest.y asistencia social	(162,871)	(145,694)
Estimaciones y provisiones del ejercicio	(3,419,207)	(3,438,345)
TOTAL COSTOS Y GASTOS	(15,369,391)	(12,789,949)
RESULTADO DE OPERACIÓN	2,111,189	(2,738,489)
OTROS INGRESOS Y GASTOS		
Ingresos financieros	9,253	0.00
Otros ingresos	902,131	477,448
Otros gastos	(101,688)	(345,171)
TOTAL OTROS INGRESOS Y GASTOS	809,695	132,276
RESULTADO DEL EJERCICIO SUPERAVIT (DEFICIT)	2,920,884	(2,606,213)

Instituto Geofísico del Perú

Ciencia para protegernos, ciencia para avanzar.





Inusual nevada en los alrededores del Observatorio de Huancayo ocurrida en setiembre del 2013.



Ciencia para protegernos,
ciencia para avanzar.

Editado por:
Geofísica & Sociedad
Instituto Geofísico del Perú

Fotografías:
Agradecimiento especial a todas las áreas de investigación y soporte.

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú:
2012-07186

Impreso en Lima en el mes de junio del 2014

Tiraje:
1000 ejemplares

Prohibida su reproducción total o parcial sin autorización previa y escrita del
Instituto Geofísico del Perú

Impreso por:
Rapimagen SA
Jr. Callao 465 Oficina 201 - Cercado de Lima
Teléfono: 420 9054
Correo electrónico: rapimagen@gmail.com



INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ

© Instituto Geofísico del Perú
Calle Badajoz 216, Urb. Mayorazgo IV Etapa, Ate, Lima,
Central Telefónica: (511) 317 2300
<http://www.igp.gob.pe>