



Jicamarca

Peruanos en el espacio

Texto: Miguel Unger

Fotos: ROJ. IGP. Automás.

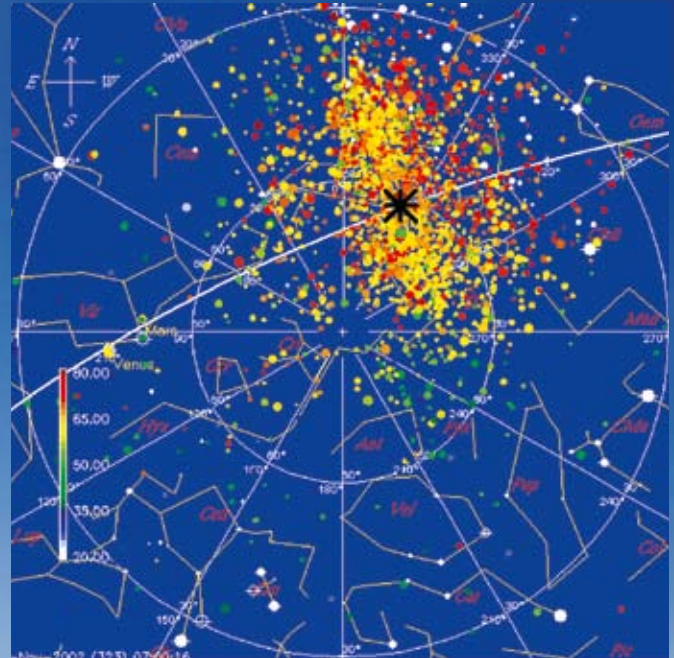
¿Lo sabía? Perú está a la vanguardia en la investigación de la alta atmósfera, una de las fronteras de la ciencia.

¿Dónde? En el Radio Observatorio de Jicamarca, a menos de 30 km de la Plaza Mayor de Lima.

Jicamarca es un enorme radar de 90,000 m², que lanza pulsos de 6 millones de vatios y lee los ecos que producen sus propias señales al rebotar en la ionosfera.

La ionosfera es una bóveda de partículas eléctricamente cargadas que cubre la Tierra y, junto con la magnetosfera, forma parte del escudo que nos protege del viento solar, un chorro de radiación letal que emana de la estrella que nos da la vida, y que algún día nos la quitará.

El Radio Observatorio de Jicamarca fue construido en 1960-61 por varias instituciones científicas de los Estados Unidos y transferido al Instituto Geofísico del Perú en 1969. Desde entonces, dos generaciones de científicos peruanos se han pasado la posta, en una labor que los mantiene al frente de la comunidad científica mundial en esta compleja disciplina.



Abajo: El Radio Observatorio de Jicamarca, con 90,000 m² de antena y 6 millones de vatios de potencia, es el mayor radar científico del mundo. Investigadores peruanos y extranjeros utilizan este sofisticado instrumento para estudiar las propiedades del espacio que rodea a la Tierra entre los 10 y 6,000 km de altitud. Arriba: Distribución de meteoros observados sobre Jicamarca en el curso de media hora. Cada círculo indica el lugar de donde vino el meteorito; el color indica la velocidad en km/s y el diámetro, la potencia con que fue observado. Los meteoros ingresan a la atmósfera terrestre a velocidades de más de 190,000 km/h.



La estructura básica de la antena de Jicamarca se terminó de instalar en 1961. Desde entonces, ha sido objeto de mejoras continuas en los sistemas de control, tanto a nivel de equipos (hardware) como de programas (software). La mayoría de estos desarrollos han sido concebidos e implementados por científicos peruanos trabajando en colaboración con los principales centros de investigación del mundo. Un número importante de científicos nacidos en el Perú y "graduados" en Jicamarca han pasado a ocupar puestos de responsabilidad en observatorios similares en América y Europa.

Conversamos con el actual director del Radio Observatorio de Jicamarca, el dr. Jorge Chau, para saber qué está haciendo con el poderoso instrumento que le ha sido confiado.

Cuando pensamos en la atmósfera, pensamos en el aire que respiramos, en las nubes, en el aire. ¿Es correcta esta concepción?

Dr. Jorge Chau: No. La atmósfera de la Tierra tiene más de 3,000 km de espesor. La capa en la que se encuentra la vida, la troposfera, tiene apenas 15 km en el Ecuador, y sobre los 5,000 metros de altitud el aire es prácticamente irrespirable para el hombre.

En la estratosfera, entre los 15 y 50 km de altitud, está la capa de ozono que filtra la mortífera radiación ultravioleta del Sol.

Sobre los 70 km y hasta los 3,200 km de altitud se encuentra la ionosfera.

La ionosfera es un lugar extraño y poco conocido. Fue descubierta en los primeros 30 años del siglo 20 por varios científicos, incluyendo a Edward V. Appleton, quien

obtuvo el premio Nobel por confirmar su existencia en 1947.

A estas grandes altitudes, los átomos de nitrógeno, oxígeno, hidrógeno y helio pierden electrones y el resultado es un plasma o gas ionizado. La ionosfera está compuesta por plasma.

El plasma no es un sólido, ni un líquido, ni un gas. Es un estado distinto de la materia. Está formado por partículas en las que una parte de los electrones están libres, y no atados a un átomo. El plasma es eléctricamente conductivo y altamente sensible a los campos electromagnéticos.

¿Qué importancia tiene la ionosfera?

Dr. Chau: El plasma que forma la ionosfera es el centro de la magnetosfera que rodea la Tierra y que nos protege del viento solar. Sin este escudo, estaríamos todos muertos.

¿Interesados? La ionosfera juega un papel fundamental en las comunicaciones modernas, pues es a través de ella que los satélites transmiten información. El conocimiento de la ionosfera, por lo tanto, si es ciencia pura—que busca explicar la naturaleza de las cosas sin otra motivación que conocerla— también es ciencia aplicada o tecnología, pues tiene utilidad práctica en telefonía, radar, GPS y otros sistemas.

¿Qué ha hecho Jicamarca que valga la pena destacarse, en ciencia pura, en los últimos siete años, desde que usted asumió la dirección del observatorio?

Dr. Chau: Continuamos haciendo investigación básica para conocer mejor la ionosfera ecuatorial, mejorando el instrumento, el radar, y los algoritmos y técnicas de procesamiento y análisis. Dentro de los temas principales me gustaría destacar dos: técnicas de imágenes de radar y micrometeoroides.

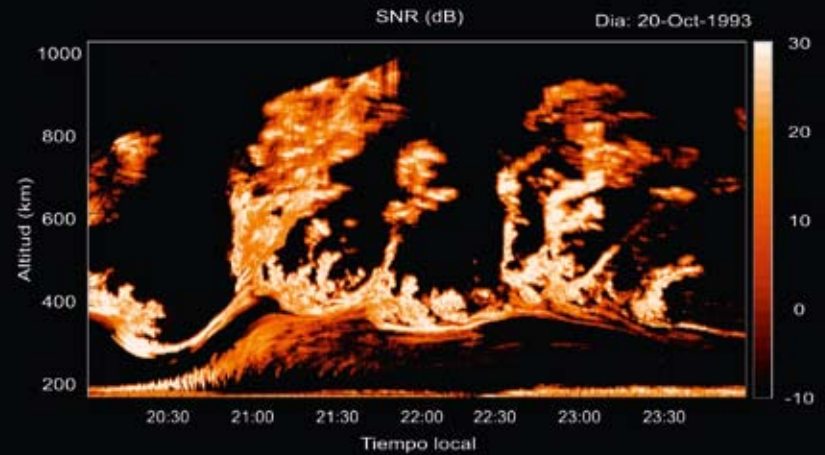
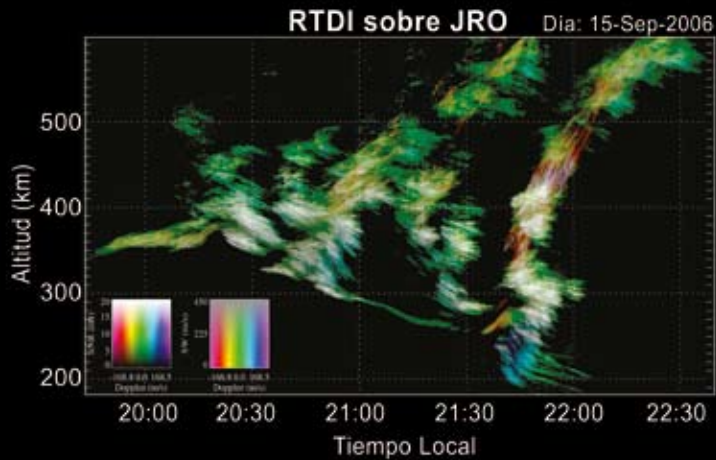
Sabemos que Jicamarca ha desarrollado una forma de hacer películas o videos de la ionosfera. ¿Es posible filmar o "ponchar" la ionosfera?

Dr. Chau: Desde mediados de los 90, los científicos peruanos de Jicamarca, junto con los doctores David Hysell (Cornell University) y Erhan Kudeki (University of Illinois) han desarrollado una técnica para obtener videoimágenes de radio dentro del haz de iluminación del radar.

Hemos logrado convertir el radar en una videocámara, que en lugar de trabajar en longitudes de onda visibles trabaja en longitudes de onda de radio. El concepto es similar a la cámara óptica, pero en lugar de utilizar lentes, utilizamos el radar y algoritmos de transformación digital. En realidad es



Joven científico piurano: Jorge Chau Ph.D. obtuvo su doctorado en la Universidad de Colorado, en 1998, y asumió la dirección del Radio Observatorio de Jicamarca hace siete años. Su labor al frente del ROJ ha merecido el reconocimiento de la comunidad científica internacional.



Imágenes obtenidas por el Radio Observatorio de Jicamarca (ROJ) del fenómeno denominado *F Dispersa*. Las partes negras de la imagen corresponden a zonas de la ionosfera con una carga baja o “normal” de energía. Las zonas coloreadas representan partículas con una carga de energía que supera por un factor de hasta 10,000 órdenes de magnitud el nivel promedio del plasma en el cual se producen estas perturbaciones, cuya comprensión cabal es un aporte de científicos peruanos a la ciencia espacial. Imagen izquierda: Chau et al., *Annales Geophysicae*, 2008. Derecha: Woodman y Chau, *Geophysical Research Letters*, 2001.

mucho más complejo. Pero la explicación es larga y aburrida para cualquiera que no esté en el tema.

Lo concreto es que combinando varias imágenes obtenemos un video digital de la ionosfera dentro del haz de iluminación. Utilizamos estos videos para hacer estudios de irregularidades o “nubes” ionosféricas.

Con esta nueva técnica se están haciendo descubrimientos y resolviendo problemas: ahora es posible discriminar espacio y tiempo en las observaciones. Es una técnica tan exitosa, que se está empleando en radares en Brasil, el Caribe (St. Croix), Alaska, India y Noruega. También se usó en el radar de la Universidad de Piura, para hacer estudios de irregularidades ionosféricas que ocurren alrededor de los 100 km de altitud, peculiares a estas latitudes.

Habló de meteoroides. ¿Qué es un meteoroides?

Dr. Chau: Meteoroides es el nombre que se le da a la “piedras” de origen extraterrestre, grandes y pequeñas, antes de impactar la atmósfera. Meteoro es el haz de luz (estrella fugaz) o eco de radar que ocasiona el meteoroides al ingresar a la atmósfera y quemarse total o parcialmente. Finalmente, meteorito es el meteoroides que no se desintegra totalmente por el calor causado por la fricción que genera al moverse a gran velocidad a través de la atmósfera, e impacta en la superficie terrestre (como el meteorito que cayó en Puno el año pasado).

Normalmente, los meteoros son difíciles

de observar. Existe la creencia popular de que por cada meteoro o estrella fugaz que uno ve, uno debe pedir un deseo. Durante una lluvia de meteoros, como la de Leonidas, se pueden observar en cielos despejados decenas a cientos de meteoros por hora. Pues bien, con radares gigantes como el de Jicamarca (sólo hay 7 en el mundo), con un haz de observación pequeño (1°) se pueden observar todos los días cientos de meteoros por minuto (decenas de miles por hora). Afortunadamente para nosotros, las partículas que generan estos ecos son muy pequeñas (más pequeñas que un granito de arena, con diámetros entre micrómetros a fracciones de milímetros) y, por lo tanto, se desintegran en la atmósfera.

¿Esto se ha hecho en otros países?

Dr. Chau: Sí, pero en Jicamarca tenemos la capacidad única de determinar de dónde vienen. Utilizando un protocolo especial para procesar los ecos de meteoros, hemos podido determinar su vector de velocidad con alta precisión. Con el vector de velocidad y aplicando las leyes gravitacionales de otros cuerpos celestes (Tierra, Sol, Júpiter) hemos podido determinar de dónde vienen los meteoroides. Nuestros estudios han contribuido a poner en contexto las observaciones hechas por radares gigantes con las hechas por otros radares más pequeños y por observaciones ópticas. Asimismo, hemos detectado por primera vez lluvia de meteoros de pequeñas partículas (la de Eta Aquarids). Hasta enton-

ces se creía que los radares gigantes no eran capaces de observar las lluvias de meteoros usualmente observadas ópticamente o con radares pequeños.

El estudio de meteoros es de interés para varios campos de investigación y utilización práctica. En el primer caso, por ejemplo, es de interés científico conocer la masa total de material extraterrestre que constantemente es depositado en la atmósfera terrestre, que se relaciona con el cambio climático global. Jicamarca permite hacer las medidas de desaceleración con gran precisión, para ser utilizada en el cálculo de masa de cada meteoroides que se observa. En el segundo caso, es de interés de la NASA conocer la procedencia y distribución de los meteoroides para proteger y diseñar mejor sus instrumentos espaciales.

¿Qué otros radares han “salido” de Jicamarca en el Perú?

Dr. Chau: En Jicamarca realizamos el desarrollo de hardware y software de gran parte de los equipos, lo cual nos permite dar trabajo a egresados de las universidades peruanas. La experiencia, conocimiento y confianza que adquieren la hemos venido utilizando en otras instalaciones. Por ejemplo, en los radares perfiladores de viento en Piura y en Porcuya para estudiar la dinámica atmosférica asociada al Fenómeno del Niño. Otro ejemplo es el radar MST en la estación peruana Machu Picchu, en la Antártida, para estudiar la dinámica asociada a la capa de ozono y los ecos mesofé-





Izquierda: Arreglo de antenas tipo Yagi en la península de Paracas, que forma parte del radar biestático Jicamarca-Paracas, diseñado para medir la densidad de electrones a 100 km de altura en el denominado Electrochorro Ecuatorial, un fenómeno ionosférico que cruza el cielo del Perú. Derecha: Cuatro promociones de Jicamarca reunidas en el 12 Simposio Internacional sobre Aeronomía Ecuatorial en Creta, Grecia. Parados, de izquierda a derecha: Edgardo Pacheco (PUCP - U. Texas), Pablo Reyes (UNI - U. Illinois), Julio Urbina (UNI - Penn State U.), Ronald Woodman (UNI - ROJ), Jorge Chau (UDEP - ROJ), Marco Milla (PUCP - U. Illinois), Elizabeth Silvestre (UNLM - ROJ), Henry Pinedo (UDEP - ROJ). Sentados, de izquierda a derecha: Freddy Galindo (UNI - ROJ), C. Valladares (UNI - Boston College).

ricos polares que estarían asociados al cambio climático global. También hemos instalado un radar biestático Jicamarca-Paracas, para medir el perfil de densidad de electrones alrededor de los 100 km de altura. Dicho perfil es importante para mejorar los modelos de acoplamiento entre la atmósfera e ionosfera.

Jicamarca es un centro de excelencia científica: sus investigadores han obtenido premios importantes. ¿Qué significa esto para el Perú?

Dr. Chau: El conocimiento es el único camino que conduce al desarrollo. Jicamarca

ha permitido que cerca de 60 estudiantes de doctorado, el grado académico más alto, realicen investigaciones de la atmósfera e ionosfera. Más de una docena han sido ingenieros y físicos peruanos. Muchos ocupan posiciones de gran prestigio en otros países. Otros están haciendo investigación en la industria. César González, Fellow de la IBM, formó parte del equipo que desarrolló el formato de compresión MPG. Tenemos una satisfacción especial por los que regresan al Perú. Martín Sarango ha formado la primera empresa de radares en el Perú. En los últimos cuatro años, seis jóvenes jicamarquinos han salido al extranjero a realizar estudios de

doctorado (Ph.D.) en universidades de gran prestigio en los Estados Unidos.

Esperamos que regresen a volcar sus conocimientos en resolver problemas en el Perú. Porque en eso se parece nuestro país a la ciencia: ¡Siempre hay problemas esperando solución! Los doctorados en ciencia marcan el límite superior del conocimiento de un país en sus respectivas áreas. Ojala el Perú tuviera "Jicamarcas" en genética, en biología molecular, en química, en medicina, y así: centros de excelencia reconocidos internacionalmente en cada área de las ciencias naturales. A eso debemos aspirar, como peruanos.

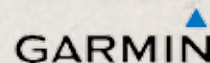
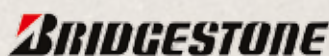
La misión de **ConCiencia 4x4** es demostrar, con acciones concretas, el valioso aporte que realizan las camionetas todoterreno en la investigación científica y conservación del medio ambiente.

ConCiencia 4x4 participa, con instituciones públicas y privadas, en divulgar proyectos que requieren de camionetas 4x4 para alcanzar sus metas. Cubrimos temas de geofísica, paleontología, arqueología y ecología. También nos sentimos comprometidos con el desarrollo sostenible del Perú, que tiene como gran aliado el ecoturismo y *bird watching*, la pesca deportiva y la "cacería fotográfica", cultural, natural y paisajística.

El principal auspiciador de **ConCiencia 4x4** es **Kia Import Perú**. Nuestro vehículo oficial, con el que participamos en exigentes travesías por asfalto y a campo traviesa, es la camioneta **Kia Sorento**, cuya solidez y fiabilidad ha quedado demostrada en más de 10,000 km de viajes realizados durante los primeros 6 meses de actividad institucional.

La iniciativa **ConCiencia 4x4** también cuenta con el auspicio de neumáticos **Bridgestone** (modelo Dueler A/T; 245/65R16), **Sony del Perú** (cámaras digitales Sony Alpha) y **Swiss-Corp AG** (navegadores GPS **Garmin**).

Para mayores informes, visite el portal www.automas.com.pe



Cerro Jahuay, cerca de Pozo Santo (km 254 Panamericana Sur), sede del futuro Observatorio Astronómico Educativo del Instituto Geofísico del Perú. Jicamarca tendrá presencia en esta nueva sede, con instrumentos y tareas de investigación y enseñanza.

