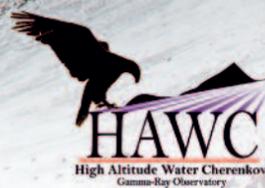


SABERE **Y** SIENCIAS

marzo 2015 · número 37 año 4 · Suplemento mensual

 **La Jornada**
de Oriente

El Observatorio de Rayos Gamma
HAWC: Observando
el
universo extremo



AÑO INTERNACIONAL
DE LA LUZ 2015

Editorial

Probo y eficiente

José Mújica, expresidente de Uruguay, dejó el cargo con una aprobación de 65 por ciento; Peña Nieto, el Ejecutivo federal de México en su segundo año de gestión tiene 80 por ciento de desaprobación. Entre ambos mandatarios hay una diferencia notable: la honradez del uruguayo y la falta de probidad del mexicano. El primero vive y vivirá en una modesta vivienda que corresponde a su biografía laboral y principios éticos; el segundo, en mansión blanca cuya adquisición nunca ha sido demostrada o respaldada por la declaratoria de ingresos fiscales ni la documentación bancaria que acredite un ingreso legal del adquirente.

La administración pública federal encabezada por Enrique Peña Nieto hace un uso dispendioso y discrecional del erario e impulsa normas y reformas depredadoras del patrimonio nacional y de la integridad física de los mexicanos; en cambio, al sur del continente, en Argentina, Cristina Fernández emprende el rescate de la riqueza de ese país en beneficio de la mayoría de ciudadanos, enfrentándose al poder de los empresas transnacionales. Al Ejecutivo mexicano lo obceca privilegiar los intereses extranjeros y enriquecerse durante su sexenio: otorga contratos sin licitación y privilegia a su constructor de cabecera, que es el mismo que les edificó lujosas mansiones a él y al actual secretario de Hacienda y Crédito Público. Peña Nieto incumplió su promesa de campaña de dignificar la calidad de vida de los mexicanos y ser eficiente. Lejos de demostrar probidad, nombró a un subalterno para que investigue los conflictos de intereses en que se ha involucrado y nombró Procuradora General de la República a una exsenadora de Televisa, la misma empresa que lo hizo presidente de la República con una campaña mediática sostenida seis años antes de que fuera electo presidente.

A la falta de honradez con que se comporta Peña Nieto habría que agregar la impunidad y cinismo de su actuación y la domesticación que desde la presidencia de la República se hace del Congreso de la Unión: los acuerdos trascendentales y las reformas de gran calado se elaboran en Los Pinos con la anuencia de los poderes fácticos. La cooptación del Poder Legislativo y su actuación contraria al interés de la mayoría de la población generan desinterés por los comicios para renovar a los legisladores federales y aumentan la no credibilidad en el Poder Ejecutivo y Judicial. A esta situación habría que agregar la criminalización de la protesta social, las desapariciones forzadas, los daños colaterales de la guerra contra el narcotráfico, los crímenes de estado y la ausencia de un Estado de Derecho. Peña Nieto debe de entender que no tiene ni ha tenido legitimidad ni credibilidad y que

su legalidad, dudosa en principio, cada vez se cuestiona más. La renta de las actividades extractivas ha sido empleada en Bolivia, Venezuela, Brasil y Argentina en beneficio de las mayorías en esos países, aquí, para engrosar las utilidades de las grandes empresas, y aumentar la exclusión social y la pobreza de aquellos a quien debería representar Peña Nieto.

Recomponer el tejido social requiere restablecer la confianza entre nosotros y las instituciones; para ello necesitamos que las instituciones expresen, preserven y defiendan los intereses mayoritarios y que los representantes electos a través del sufragio y los profesionales de la administración pública sean eficientes, probos y congruentes con sus dichos y hechos, Tenemos un pasado que nos dignifica, una heterogeneidad de recursos bióticos y capacidad para su disfrute y transformación sustentable, no sacrifiquemos más a una nación en aras de complacer a los poderes fácticos. Otro gobierno es posible y deseable.

Contenido

3 Presentación

Equinoccio, Haro, Juárez y HAWC:
celebrando comienzos
RAÚL MÚJICA

4

HAWC: una nueva ventana
al universo extremo desde México
ALBERTO CARRAMIÑANA

Directorio

SABERE SIENCIAS es un suplemento mensual auspiciado por *La Jornada de Oriente*

DIRECTORA GENERAL
Carmen Lira Saade
DIRECTOR
Aurelio Fernández Fuentes

CONSEJO EDITORIAL
Alberto Carramiñana
Jaime Cid Monjaraz
Alberto Cordero
Sergio Cortés Sánchez
José Espinosa
Julio Glockner
Mariana Morales López
Raúl Mújica

COORDINACIÓN EDITORIAL
Sergio Cortés Sánchez

REVISIÓN
Aldo Bonanni
EDICIÓN
Denise S. Lucero Mosqueda

DISEÑO ORIGINAL Y FORMACIÓN
Elba Leticia Rojas Ruiz

Dirección postal:
Manuel Lobato 2109, Col. Bella Vista.
Puebla, Puebla. CP 72530
Tels: (222) 243 48 21
237 85 49 F: 2 37 83 00

www.lajornadadeoriente.com.mx
www.saberesyciencias.com.mx

AÑO IV · No. 37 · marzo 2015



5

El sitio de HAWC
IBRAHIM TORRES

6

IceCube y el descubrimiento
de neutrinos astrofísicos de altas energías
IGNACIO TABOADA

7

El agua para HAWC
HUMBERTO SALAZAR IBARGÜEN

8

Rayos cósmicos y rayos gamma
ALBERTO CARRAMIÑANA

9

HAWC y el medio ambiente
JANINA NAVA

10

La Colaboración HAWC
DANIEL ROSA

11 La entrevista

HAWC: Ambicioso proyecto científico
comprometido con la formación
de recurso humano especializado
DENISE LUCERO MOSQUEDA

12 Año Internacional de la Luz

La era de las fibras ópticas
BALDEMAR IBARRA ESCAMILLA

13 Tras las huellas de la naturaleza

Agua, cuanta, cuenta
TANIA SALDAÑA Y CONSTANTINO VILLAR

14 Tekhne Iatriké

Ciencia y políticos: el caso Mancera
JOSÉ GABRIEL ÁVILA-RIVERA

15 Homo sum

Comicios indiferentes
SERGIO CORTÉS SÁNCHEZ

16 Reseña (incompleta) de libros

La doble vida de Jesús
ALBERTO CORDERO

17 Año Internacional de la Luz

Ojos de insectos:
sistemas ópticos de múltiples pupilas
FRANCISCO-J. RENERO-C

18 Efemérides

Calendario astronómico marzo 2015
JOSÉ RAMÓN VALDÉS

19 A ocho minutos

Las placas astrofotográficas
de Tonantzintla a la Memoria del Mundo
RAÚL MÚJICA Y GUADALUPE RIVERA

20 Agenda

Épsilon

JAIME CID

• Nuestra portada es una vista de los 300 detectores que componen al Observatorio de Rayos Gamma HAWC, ubicado en el Parque Nacional Pico de Orizaba. Foto: Archivo INAOE



Raúl Mújica

**EQUINOCCIO, HARO, JUÁREZ Y HAWC:
CELEBRANDO COMIENZOS**

El equinoccio de primavera marca el momento en que el Sol cruza el plano imaginario en el cielo generado por la extensión del ecuador terrestre. Cada año pasa del Sur al Norte en marzo 19, 20 o 21. En muchas culturas esto fue siempre motivo de celebración. Muchas culturas celebran festivales de primavera o tienen otros festejos próximos a estas fechas, como la Pascua. Se trata de celebrar nuevos comienzos.

Hay comienzos que conmemoramos en estas fechas. Festejamos en todo el país el natalicio de Juárez el 21 de marzo, y el mismo día los astrónomos recordamos a Guillermo Haro, que en 2015 cumpliría 102 años.

En Puebla el equinoccio de primavera 2015 sucederá el 20 de marzo a las 16:45 horas, el día y la noche durarán casi lo mismo. Es el momento, en la trayectoria de la Tierra alrededor del Sol, cuando el eje de nuestro planeta es perpendicular a los rayos de nuestra estrella. El equinoccio de marzo ha sido tomado como tiempo de renacimiento en el hemisferio norte.

Pero ninguna de las tres es ahora la causa de la celebración, y de la edición de este número de SABERE SIENCIAS se trata del nacimiento, del comienzo formal del observatorio de rayos gamma HAWC (High Altitude Water Cherenkov, por sus siglas en inglés), el más grande en su tipo hasta la fecha y localizado en nuestro estado.

Los artículos colectados en este número, escritos por varios de los colaboradores del proyecto, describen con suficiente detalle tanto al observatorio, como su funcionamiento, así como el tipo de objetos que va a observar en el cielo, por lo cual, no insistiremos en eso.

Lo que sí queremos remarcar es que ahora existen dos grandes proyectos funcionando en el volcán Sierra Negra y ambos dando excelentes resultados. El Gran Telescopio Milimétrico Alfonso Serrano (GTM) está produciendo sus primeros artículos científicos y estableciendo nuevas colaboraciones, como el proyecto VLBI para observar el centro de nuestra galaxia, en conjunto con otros radiotelescopios en el mundo, y seguirán publicando nuevos y novedosos resultados. Y el otro es HAWC.

La construcción del GTM, en particular la infraestructura desarrollada para este proyecto simplificaron muchos aspectos para HAWC, sin embargo, un proyecto de esta magnitud tiene su propia complejidad. Colectar el agua, aplanar el terreno y construir los trescientos detectores, minimizando el impacto en un ambiente tan cuidado como el del Parque Nacional Pico de Orizaba, fueron algunos de los retos del este nuevo observatorio. La instalación de los detectores, control y desarrollo de los mismos es otro aspecto, y ahora, con la generación de datos, se tiene el reto de su almacenamiento y transporte.

Siendo 2015 el Año Internacional de la Luz resulta gratificante que dos grandes proyectos astronómicos se localicen en nuestra región y que además observen en frecuencias en los extremos del espectro electromagnético, el GTM observando las regiones frías del universo y HAWC la parte más energética, los fenómenos más extremos del mismo.

Antes de estos dos grandes proyectos la astronomía mexicana estaba centrada casi solamente en la parte óptica, o visual, del espectro electromagnético. Los telescopios más grandes con los que contábamos eran el del Observatorio de San Pedro Mártir, en Baja California, y el Observatorio Guillermo Haro en Cananea, Sonora. Ambos con espejos primarios de dos metros de diámetro que desarrollaron también instrumentos para observar en el infrarrojo.



El futuro de la astronomía mexicana es luminoso, ya que además somos socios del Gran Telescopio Canarias y se está gestando un nuevo telescopio gigante para San Pedro Mártir. Con esto tendremos acceso, con telescopios modernos, a casi todas las frecuencias del espectro electromagnético.

rmujica@inaoep.mx ✉

Baños de Ciencia
en La Casa de la Ciencia de Atlixco

<p>Febrero 28 La oca matemática Jacquelina Flores (FCFM-BUAP)</p>	<p>Mayo 30 Electrónica divertida Capítulos Estudiantiles de la IEEE/ Compartir es Educar</p>
<p>Marzo 21 Astro-locura Jorge Savala (INAOE)</p>	<p>Junio 27 Las maravillas de la luz Christian López/Capítulos Estudiantiles de Divulgación OSA/SPIE (INAOE)</p>
<p>Abril 25 Robots Daniel Mocencahua (HiperCubo FCE-BUAP)</p>	<p>Entrada Libre</p>

Mayor información:
Dirección de Divulgación y Comunicación
<http://www.inaoep.mx/difusion@inaoep.mx>
Tel. 01 (222) 266 31 00 Exts. 7010-7017

Edad: 7 a 12 años
Horario: Sábado 11:00 h
Lugar: Museo "Casa de la Ciencia"
3 poniente 1102, Col. Centro





Alberto Carramiñana

HAWC: una nueva ventana al universo extremo desde México



Los rayos gamma (γ) son la forma más extrema de radiación electromagnética por la energía de los fotones que componen esta radiación. Expresando la energía de la radiación en electrón-volts (eV), la luz infrarroja queda por debajo de 1 eV; la luz visible entre 2 eV y 3 eV; la luz ultravioleta, dañina para nosotros, comienza en 4 eV; por encima están los rayos X con miles de eV; los rayos γ tienen energías que van desde millones de electrón-volts (MeV = Megaelectrón volt) hasta valores arbitrariamente altos, por encima de los Teraelectrón volts (1 TeV = 1,000,000,000,000 eV). La radiación γ es difícil de producir ya que requiere acelerar partículas cargadas a muy altas energías, como lo hace el Gran Colisionador de Hadrones y objetos celestes como las estrellas de neutrones. Además, estas partículas energéticas deben interactuar con materia o con radiación para producir rayos γ . La detección de rayos γ de algún objeto indica que en éste se aceleran partículas, y por tanto se producen rayos cósmicos.

La atmósfera terrestre absorbe toda radiación con energía superior a unos pocos eV, obligando a realizar observaciones astronómicas desde el espacio. Sin embargo, los fotones de muy alta energía absorbidos por la atmósfera producen cascadas de partículas y fotones "secundarios" que son registradas desde la Tierra, permitiendo emplear nuestra atmósfera como parte de un gran detector de radiación de muy alta energía. Al pasar cerca del núcleo de una molécula de aire¹, rayo γ se materializa en un electrón y un positrón (e^-e^+), repartiendo su energía entre ambas partículas, mismas que viajan en una trayectoria muy cercana a la del fotón original, o *primario*, hasta que a su vez pasan cerca de una molécula atmosférica donde producen un nuevo fotón, cediendo a su vez parte de su energía. Así, un fotón primario de 1 TeV puede originar una cascada de decenas de miles de partículas que crece hasta que las partículas *secundarias* dejan de tener suficiente energía para ramificarse en más partículas. Los rayos cósmicos generan cascadas atmosféricas más complejas, ya que sus interacciones involucran la producción de muchos tipos de partículas, en particular muones. Estos muones ayudan a diferenciar entre cascadas atmosféricas iniciadas por rayos cósmicos (cascadas con muones) y rayos γ (sin muones).

La detección de partículas energéticas se hace aprovechando la emisión de luz Cherenkov cuando se mueven más rápido que la luz en el medio de propagación. La luz se propaga más lentamente en un medio que en el vacío: mientras que su velocidad en el vacío es de 299 792 458 metros por segundo, en el agua es inferior a 230 000 km/s. Un electrón con una

energía de 100 MeV viaja a 299 785 km/s, es decir *más rápido que la luz en el agua (o en el aire)*. Cuando esto sucede, el medio emite luz azul, violeta y ultravioleta. Esta luz fue estudiada en los años 1930 por el físico soviético Pavel Cherenkov. La observación de fuentes de rayos γ de muy alta energía se hace con telescopios "Cherenkov atmosféricos", que registran la luz Cherenkov emitida por el aire, y observatorios "Cherenkov de agua", que emplean el agua para la detección directa de partículas.

El primer observatorio astrofísico Cherenkov de agua se denominó "Milagro" y operó en Nuevo México entre 1999 y 2008. En ocho años Milagro mapeo 55 por ciento del cielo, revelando la emisión de rayos γ en la nebulosa del Cangrejo, el cuasar Mrk 421, una región extendida en la constelación del Cisne, y descubriendo un nuevo objeto, MGRO J1908+06. Milagro demostró la factibilidad de la técnica Cherenkov de agua en astronomía. Sus limitaciones fueron su tamaño, insuficiente para el muestreo completo de toda la cascada de partículas; y su altitud de 2 mil 600 metros, muy por debajo de los 6 mil metros donde las cascadas atmosféricas de interés alcanzan su máximo desarrollo antes de atenuarse. Los logros Milagro dieron lugar a la propuesta de un observatorio de mayores capacidades: HAWC.

La propuesta de instalar HAWC en México fue planteada en 2006 por un grupo estadounidense parte de la colaboración Milagro, y respondida con un estudio de factibilidad. En julio de 2007 se decidió instalar HAWC en México, favorecido ante las opciones de China y Bolivia. Con la aprobación de los permisos ambientales, en 2009 fue posible la gestión de financiamiento, el cual se obtuvo en México en 2010 y en Estados Unidos a inicios de 2011, cuando inició el pleno desarrollo de HAWC el cual está culminando. HAWC estará listo para operar al 100 por ciento en marzo de 2015.

HAWC es un arreglo de 300 tanques cilíndricos de 7.3 metros de diámetro y 4.6 metros de altura, cada uno conteniendo 180 metros cúbicos de agua e instrumentados cada uno con cuatro tubos fotomultiplicadores altamente sensibles a la luz. Las señales de los mil 200 fototubos inmersos en agua en condición de total oscuridad son muestreadas constantemente, buscando la señal de la luz Cherenkov de manera casi simultánea en varios canales. Al darse esta coincidencia de señales se registra la información precisa del tiempo de llegada de la señal de cada fototubo del arreglo, permitiendo reconstruir la dirección de dónde vino el evento, así como la intensidad de la señal que proporciona un indicador de la energía del rayo γ o cósmico primario. HAWC funciona

permanentemente, tanto de día como de noche, captando más de 17 mil eventos por segundo, lo que requiere más de un terabyte diario de almacenamientos de datos. HAWC observa en un cono de 45° alrededor del cenit, correspondiente a un 15 por ciento del cielo. Al rotar la Tierra el campo de visión de HAWC barre parcialmente el firmamento de manera a observar 2/3 de la bóveda celeste en un día sideral. Así, HAWC hace un barrido permanente del cielo, al mismo tiempo que acumula los datos en un censo cada vez más profundo.

HAWC ha sido desarrollado en fases que han permitido su crecimiento junto con su verificación. Entre 2010 y 2011 se instaló el arreglo de ingeniería VAMOS de siete tanques detectores Cherenkov capaces de registrar las señales de partículas secundarias en coincidencia, requerimiento indispensable para HAWC, elaborando un mapa del cielo de carácter demostrativo. En febrero de 2012 inició la instalación de los tanques detectores, alcanzando el hito de 30 detectores en septiembre del mismo año: HAWC-30 permitió iniciar la toma de datos de valor científico. En agosto de 2013 inició de la fase de operación científica con HAWC-111, un tercio del arreglo completo. En un año HAWC-111 ha producido resultados científicos como son la medición de la anisotropía en las direcciones de arribo de rayos cósmicos; la búsqueda de rayos γ de muy alta energía en GRB 130427a; y un mapa celeste más profundo que el realizado por Milagro en sus ocho años. A la par de estos logros, se siguió avanzando en la instalación del observatorio: HAWC-250 inició operaciones el 27 de noviembre de 2014, poco antes de la instalación del tanque 300, el 15 de diciembre. La colaboración HAWC está actualmente trabajando en la instrumentación de los últimos detectores para tenerlos a punto en febrero e iniciar la fase de operación en plenitud por 10 años en marzo. Hay importantes experimentos que serán potenciados por los datos de HAWC: el satélite de rayos X Swift; el telescopio espacial de rayos γ Fermi; los observatorios Cherenkov de aire VERITAS y MAGIC; el detector de neutrinos Icecube y el detector de ondas gravitacionales LIGO. Desde una meseta del volcán Sierra Negra, en México, HAWC está abriendo una ventana al conocimiento del universo extremo. ☾

Nota

¹Una molécula de aire" no existe como tal; el término se refiere a una molécula de algún gas atmosférico, principalmente nitrógeno u oxígeno.

Ibrahim Torres

El sitio de

El observatorio HAWC está instalado en el Volcán Sierra Negra o Tliltepetl. Este volcán tiene una edad de 460 mil años y hospeda varios experimentos científicos que se benefician de su gran altitud y posición geográfica. Esta cumbre fue elegida en 1997 como la locación final del Gran Telescopio Milimétrico Alfonso Serrano (GTM), 10 años más tarde esta misma locación fue escogida para ser el hogar del observatorio de rayos gamma HAWC, un instrumento de gran campo de visión concebido para monitorear el cielo de manera continua.

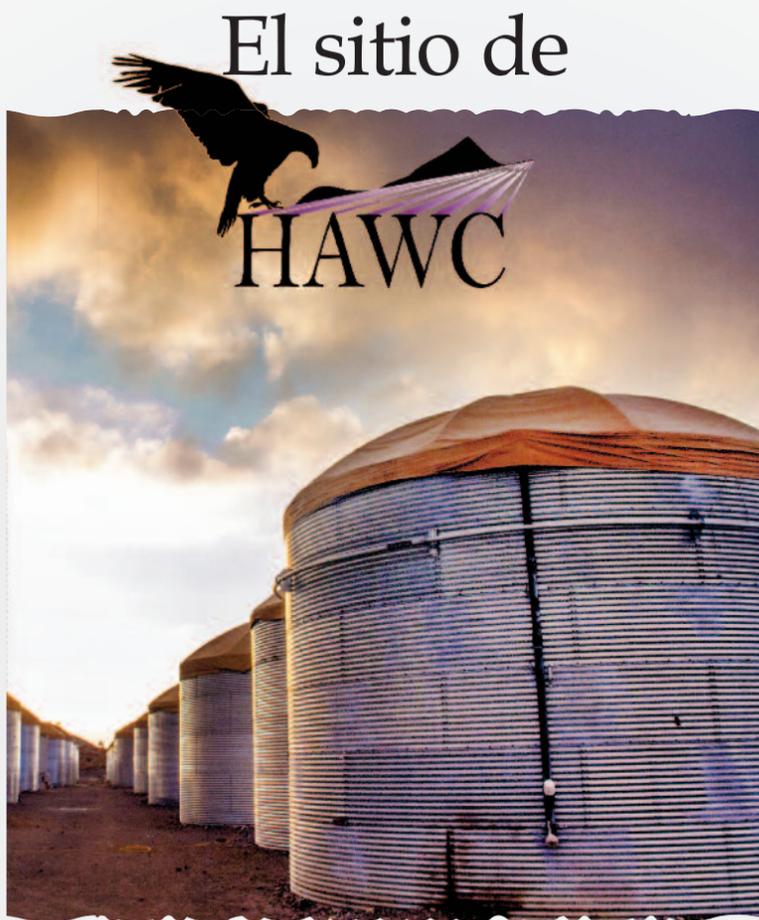
El centro geométrico de la plataforma del HAWC está localizada a 4 mil 97 metros sobre el nivel del mar. Esta altitud permite que el detector sea más sensible a la detección de partículas secundarias creadas por rayos gamma o cósmicos que el mismo detector puesto a menores altitudes. La latitud geográfica es 18.99 °, lo que permite un monitoreo de 2/3 partes del cielo. HAWC tendrá una exposición considerable de fuentes como la nebulosa del Cangrejo, Geminga, Mrk 421 y 501, y la región de Cygnus; inclusive HAWC podrá observar el centro de nuestra galaxia por dos horas cada día. La longitud geográfica del sitio, 97.31 °W, es similar a varios observatorios de México, Estados Unidos y Sudamérica, permitiendo observar las mismas fuentes de rayos gamma con diferentes aparatos y por tanto diferentes longitudes de onda.

INFRAESTRUCTURA DEL SITIO**Y DISEÑO DE LA PLATAFORMA DEL HAWC**

El sitio HAWC está ubicado dentro del Parque Nacional Pico de Orizaba, por lo que se han gestionado y otorgado los permisos por parte de las agencias federales como Semarnat, basándose en una extensa revisión y aprobación del manifiesto de impacto ambiental gestionado por el INAOE. Todos los permisos ambientales fueron obtenidos en marzo de 2009 y el camino de acceso fue abierto en julio del mismo año. El permiso obtenido establece tres etapas: instalación (tres años, la cual se concluyó en marzo 2015), operación (10 años) y el desmantelamiento y recuperación ambiental (tres años).

El desarrollo y construcción del HAWC ha sido beneficiado de la infraestructura del GTM, como el camino ya existente para llegar a la cima del Volcán Sierra Negra, la línea eléctrica y la fibra óptica que fue ramificada y extendida 700 m hasta el sitio del HAWC. Esto creó las condiciones óptimas para la rápida creación de la plataforma y del arreglo de detectores del HAWC.

El observatorio está diseñado como un arreglo de 300 detectores Cherenkov en agua (WCD por sus siglas en inglés), cubriendo un área de 22 mil 500 metros cuadrados. Cada detector está compuesto por un cilindro de acero corrugado de 7.3 m de diámetro por 5 m de altura y lleno de agua ultra pura; el agua está contenida en una bolsa de las mismas medidas para que esté aislada de la intemperie y que el líquido (que funciona como medio radiador) se encuentre totalmente a oscuras. Los WCD son controlados individualmente desde un centro de comando llamado Counting House (CH), donde se almacenan los datos. También el arreglo es monitoreado a distancia a través de una interface web. El diseño del observatorio está diseñado como un arreglo compacto, lo más denso posible. Los WCD son colocados en pares para



formar columnas y entre cada columna o par de detectores hay un espacio que permite el mantenimiento y reparación de cada WCD. Durante 2011 se concluyó la obra de ingeniería que permitió contar con una plataforma plana con un área de 22 mil 395 metros cuadrados y con una inclinación de Sur a Norte entre 8 por ciento y 1 por ciento, suficiente para permitir el flujo del agua de lluvia.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS WCD

El diseño mecánico de las estructuras de los WCD consiste en tanques metálicos corrugados con una bolsa plástica que contiene los 188 mil litros de agua ultra pura. Los cilindros están contruidos de acero galvanizado corrugado diseñados y manufacturados por una empresa con base en Estados Unidos. El grosor de las paredes de los cilindros varía con respecto a su altura para minimizar los costos sin perder resistencia mecánica. Los cálculos del estrés mecánico aplicado a cada uno de los puntos del cilindro debido a la presión del agua en su interior siguieron la norma API-620, la que nos permite conocer el estrés mecánico permitido para cada tornillo y cada parte de metal. Cada cilindro está enterrado 60 cm para proveer mayor estabilidad estructural necesitada en caso de sismos, ya que la locación del HAWC está situada en una región con bastante actividad sísmica.

Cada cilindro se arma usando un total de mil 700 tornillos con su respectiva tuerca y rondana de seguridad por cada WCD, lo que quiere decir que para la construcción del observatorio se usaron más de medio millón de tornillos. Otro componente de cada WCD es el techo con forma de domo; éste tiene debajo una estructura rígida echa con tubular de acero para darle soporte y forma a la cúpula y sobre esta estructura se ensambla el domo que está fabricado a base de polímeros de alta densidad y es especialmente elaborada para el observatorio, el material es altamente resistente a la radiación UV; este material es usado por la milicia de Estados Unidos para instalar sus campamentos; ésta tiene la función de evitar que se acumule nieve o agua de lluvia sobre la parte superior de la

bolsa que contiene el agua, lo que provocaría una presión hacia abajo en toda la estructura, pudiendo deformarla o dañar la bolsa plástica.

El último de los componentes de los WCD son los detectores de luz o fotomultiplicadores (PMT); éstos están sumergidos hasta el fondo del cilindro, con la parte sensitiva orientada hacia arriba. Se usan tres fotomultiplicadores de ocho pulgadas colocados en los vértices de un triángulo equilátero de 3.2 m de lado y un fotomultiplicador de 10 pulgadas (con mayor sensibilidad) en el centro del triángulo, de forma que la distancia de cada PMT de ocho pulgadas al PMT de 10 pulgadas es de 1.85 m. La posición este último PMT coincide con el centro de cada cilindro metálico.

El procedimiento para la instalación de cada WCD empieza por la señalización de la posición del centro de cada cilindro mediante el uso de una estación topográfica con una precisión de algunos milímetros de error, debido a la forma en que el HAWC calcula la dirección de arribo en el cielo de los rayos gamma y rayos cósmicos, es de suma importancia saber la posición de cada WCD y cada PMT dentro de él con suma precisión. Después de marcar con unas estacas, especialmente diseñadas, se procede a construir el cilindro metálico alrededor de este

punto; el cilindro llega dividido en paneles que posteriormente forman una sección del cilindro o anillo; se arma el último anillo y se le instala la estructura para su domo y el domo plástico. Después, con ayuda de unos gatos hidráulicos especiales de alta carga se eleva el último anillo de forma que se pueda construir el penúltimo anillo debajo del anterior y así sucesivamente, hasta completar el cilindro. Al final se bajan y retiran los gatos cuidando que el primer anillo quede 60 cm bajo la tierra.

Posteriormente se instala en el interior del cilindro metálico la bolsa plástica, teniendo cuidado de anclarla a las marcas topográficas instaladas desde el inicio. Una vez en el interior del tanque, se extiende y se eleva con cuerdas y se infla con aire para que tome la forma del cilindro; luego se le inyecta el agua ultra pura, que es bombeada desde la planta de filtrado expresamente instalada en la parte este de la plataforma del HAWC; el llenado de los 188 mil litros de cada WCD se realiza en un tiempo aproximado de seis horas. Finalmente se sumerge cada uno de los sensores de luz hasta el fondo de cada WCD.

ESTATUS ACTUAL

En el mes de diciembre de 2014 se ensambló la última estructura; en enero de este año se terminó de llenar el último de los detectores y se tenían mil 37 de los mil 200 fotosensores que componen al observatorio completo. La instalación del último PMT coincidió con el cierre de esta edición.

Es importante notar que el desarrollo del observatorio ha sido modular por lo que no fue necesario terminar el HAWC completo para empezar a operar este dispositivo único en el mundo y de altísima sensibilidad, por lo que ya se han reportado resultados científicos desde 2012 y esperamos responder a muchas más interrogantes del universo con el HAWC completamente funcional a partir del 20 de marzo de 2015, día en que se inaugurará oficialmente el experimento. ☞

Ignacio Taboada

IceCube y el descubrimiento de neutrinos astrofísicos de altas energías

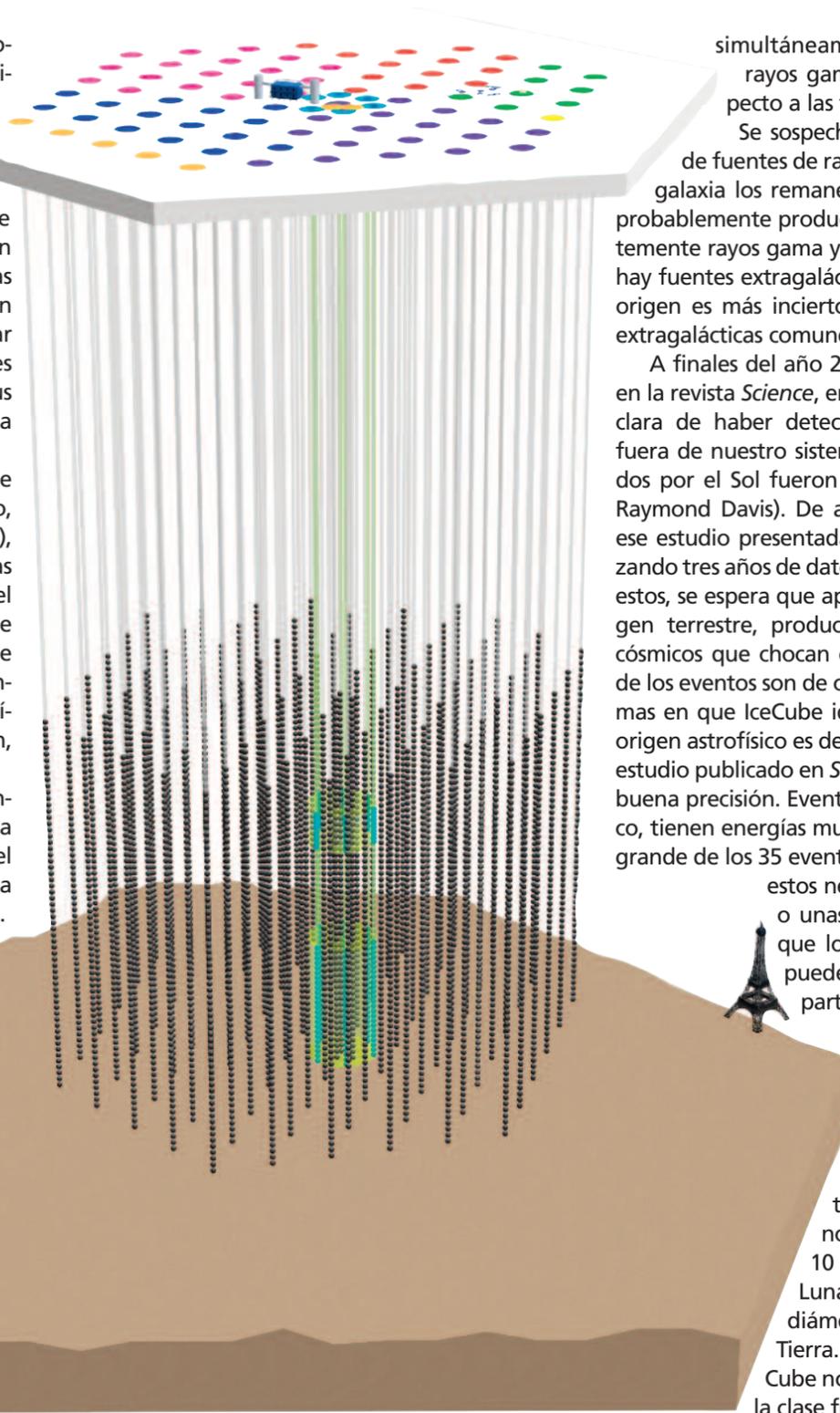
La invención de herramientas nuevas en la astronomía consistentemente ha llevado al descubrimiento de nuevos fenómenos. El telescopio de Galileo fue utilizado para descubrir las fases de Venus y cuatro lunas que orbitan Júpiter, que sirvieron de evidencia a favor de la hipótesis de Copérnico de que la Tierra orbita al Sol. Los radiotelescopios fueron utilizados para descubrir objetos como los pulsares y las galaxias con núcleos activos (AGN, por sus siglas en inglés). Satélites que orbitaban la Tierra para verificar tratados que limitaban las pruebas de armas nucleares descubrieron destellos de rayos gamma (GRB, por sus siglas en inglés) producidos por estrellas supernovas a mitad de camino al borde del universo visible.

IceCube es un telescopio de neutrinos. En lugar de utilizar radiación electromagnética (radio, infrarrojo, luz visible, luz ultravioleta, rayos X y rayos gamma), IceCube utiliza neutrinos. E igual que muchas ideas innovadoras pasadas, esta nueva forma de estudiar el universo ha sido premiada con el descubrimiento de neutrinos de origen astrofísico. El detector de IceCube fue construido y es operado por una colaboración internacional de cerca de 300 científicos de múltiples países, incluyendo Estados Unidos, Alemania, Japón, Suecia, Bélgica, etcétera.

Los neutrinos son partículas subatómicas que interactúan muy débilmente. El neutrino típico pasa a través de personas, paredes y inclusive de un lado del planeta Tierra al otro con más facilidad aun que con la que la luz visible pasa a través de un panel de vidrio. Por ejemplo, cada segundo, 10 mil millones (10^{10}) de neutrinos producidos en el centro de nuestro sol pasan por la uña del dedo gordo de la mano de usted, lector. Durante la vida de cada persona, en promedio, sólo un neutrino producido por el sol reaccionará o chocará con material del cuerpo de dicha persona.

Para compensar por la tremenda timidez del neutrino, IceCube es un detector gigantesco. Con un volumen de un kilómetro cúbico, Icecube podría contener la Pirámide del Sol de Teotihuacan, una de las estructuras más grandes fabricadas por la humanidad, aproximadamente mil veces. Para detectar neutrinos, IceCube utiliza hielo glacial extremadamente transparente en el casquete polar antártico en el polo geográfico sur. Neutrinos que interactúan en el hielo o en la roca debajo del hielo de IceCube, producen partículas subatómicas. Estas partículas que viajan cerca de la velocidad de la luz, producen una cantidad minúscula de luz azul —llamada radiación Cherenkov. IceCube es un arreglo de tres dimensiones de sensores de luz, fotomultiplicadores. No accidentalmente, HAWC opera de forma semejante.

El objetivo primordial de IceCube es utilizar neutrinos para estudiar objetos astrofísicos. En particular, al detectar neutrinos astrofísicos, se sospecha que se han encontrado las fuentes de rayos cósmicos. Descubiertos hace más de 100 años por Víctor Hess, los rayos cósmicos son partículas subatómicas, principalmente protones, que llegan a la Tierra desde todas las direcciones. Sus fuentes están ocultas porque los rayos cósmicos tienen carga eléctrica y por ende no viajan en línea recta, sino que son desviados por campos magnéticos en



• IceCube se encuentra en el Polo Sur, donde el casquete glacial tiene 2.8 km de espesor. IceCube consta de 86 cadenas de fotomultiplicadores. Los fotomultiplicadores se ubican entre 1450 y 2450 metros bajo la superficie, donde el hielo glacial está libre de burbujas de aire y es extremadamente transparente. La Torre Eiffel está a escala correcta.

nuestra galaxia o inter-galácticos. Cuando los rayos cósmicos llegan a la Tierra toda información de su dirección de origen se ha perdido. Esto no sucede con los neutrinos; como estos no tienen carga eléctrica, viajan en línea recta. Las fuentes de rayos cósmicos también se espera que produzcan rayos gama que son detectables por HAWC. Detectar neutrinos con IceCube es prueba clara de haber encontrado fuentes de rayos cósmicos, más no así con la detección de rayos gama. Esto es porque hay formas de generar rayos gama que no tienen relación con los rayos cósmicos. Una sinergia muy interesante está en el estudio simultáneo de datos de IceCube y HAWC. Estudiando fuentes que

simultáneamente produzcan neutrinos y rayos gama se puede aprender más respecto a las fuentes de rayos cósmicos.

Se sospecha que hay al menos dos clases de fuentes de rayos cósmicos. Dentro de nuestra galaxia los remanentes de explosiones supernova probablemente producen rayos cósmicos y consecuentemente rayos gama y neutrinos. Se cree también que hay fuentes extragalácticas de rayos cósmicos, pero su origen es más incierto. Dos candidatos para fuentes extragalácticas comunes son los GRB y los AGN.

A finales del año 2013 IceCube publicó un estudio en la revista *Science*, en la que presenta evidencia muy clara de haber detectado neutrinos que provienen fuera de nuestro sistema solar (los neutrinos producidos por el Sol fueron detectados en los años 60 por Raymond Davis). De acuerdo a una actualización de ese estudio presentada en el año 2014, IceCube utilizando tres años de datos ha encontrado 35 eventos. De estos, se espera que aproximadamente 16 sean de origen terrestre, producidos indirectamente por rayos cósmicos que chocan con nuestra atmósfera. El resto de los eventos son de origen astrofísico. Una de las formas en que IceCube identifica los neutrinos como de origen astrofísico es de acuerdo a su energía, que en el estudio publicado en *Science*, se puede determinar con buena precisión. Eventos que tienen origen atmosférico, tienen energías mucho más bajas que una fracción grande de los 35 eventos encontrados. Las energías de estos neutrinos es tan alta como 2 PeV, o unas 100 veces más que la energía que los científicos de CERN en Suiza, pueden realizar en aceleradores de partículas.

El método utilizado por IceCube para detectar estos neutrinos tiene la desventaja de que no permite medir con precisión la dirección de los neutrinos. Para el neutrino astrofísico típico, la dirección es conocida con una incertidumbre de 10 grados. Como comparación, la Luna o el Sol tienen medio grado de diámetro cuando son vistos desde la Tierra. Eso ha resultado en que IceCube no puede decir con certeza cuál es la clase de fuente astrofísica que produce los neutrinos. Para un número muy reducido de eventos, es posible determinar la dirección con una precisión de un grado. Pero aun así esto es insuficiente para saber qué clase de objeto produce los neutrinos.

Los científicos de IceCube, animados por su éxito, han propuesto un sucesor de IceCube, llamado IceCube-Gen2. De ser aprobado para construcción, Gen2 incluiría a IceCube, y con instrumentación nueva tendría un tamaño siete veces mayor que IceCube. El mayor tamaño no solamente ayudaría incrementando el número de neutrinos astrofísicos que se detectan por año, sino que permitiría determinar un mayor número de neutrinos para los que se puede medir la dirección con buena precisión. Esto podría llevar a descubrir el origen de los rayos cósmicos. En cualquier caso, la era de la astronomía de neutrinos de alta energía ha comenzado. ☞

Humberto Salazar Ibargüen

El agua para HAWC

UNA VEZ QUE
EL AGUA ES SUAVIZADA,
ES TRANSPORTADA AL SITIO
POR LAS PIPAS,
DESPUÉS DE UN RECORRIDO DE 25 KM,
CUYA DURACIÓN APROXIMADA
ES DE DOS HORAS POR PIPA



LAS OPCIONES DE ABASTECIMIENTO

Al vez el principal reto del proyecto del Observatorio HAWC fue el abastecimiento de 55 mil 500 metros cúbicos de agua para los 300 detectores individuales en un lapso de tiempo de aproximadamente 36 meses. El proveedor natural de agua para este experimento era el Citlaltépetl, de cuyas faldas se originan varias corrientes de agua de importancia, algunas dando lugar a ríos, como por ejemplo los Encino y Malacara, que desembocan en la cuenca del Papaloapan. Sin embargo, debido a las características del terreno, algunas corrientes se dan de manera subterránea, mientras que otras corren de manera superficial, particularmente durante precipitaciones fuertes. Estudiamos la posibilidad de adquirir agua tanto subterránea como superficial. La propuesta inicial incluyó el financiamiento para bombear el agua para HAWC de un valle cercano. Sin embargo, dada la ubicación montañosa y las razonablemente altas precipitaciones en la región (100 cm/año, con una marcada dependencia estacional), probablemente era mejor adquirir el agua a nivel local, a través de un pozo profundo más cerca del sitio de HAWC o un sistema de captura de agua. Se construyó un modelo topográfico 3D de la región para modelar los flujos de agua en las cercanías del sitio y se complementó con estudios geo-eléctricos para determinar la ubicación más adecuada para el pozo de extracción. Las demandas sobre la capacidad del pozo eran razonables: teniendo en cuenta el volumen de agua necesaria para los 300 tanques.

Una segunda opción de adquisición de agua era un sistema de captura colocado debajo de un punto de convergencia, una boquilla natural de agua yendo hacia abajo del Citlaltépetl, que fue identificado a unos siete kilómetros al O-NO del sitio de HAWC. Este sistema de captura sería un gran paralelepípedo de hormigón, el cual sería particularmente eficaz durante la temporada de lluvia (mayo-octubre), mientras que el pozo suministra agua de forma más continua.

A la par de estas propuestas, con el inicio del primer prototipo, ProtoHawc, en la cima de la Sierra

Negra en 2009 y después del arreglo de verificación VAMOS a 4100 msnm en 2010, se empezó a probar la opción de subir el agua desde los pozos profundos de riego de Esperanza, una ciudad al lado de la autopista Puebla-Orizaba, a 25 km del sitio seleccionado para HAWC y con una diferencia de altura de mil 800 m.

Los primeros resultados obtenidos tanto del primer prototipo como del arreglo de verificación iban en la dirección de usar urgentemente una planta de filtrado profesional y no una improvisada como se había hecho, y de suavizar el agua que provenía de los pozos profundos de Esperanza, si se quería continuar con su uso. Se requería evitar la degradación biológica del agua y aumentar su longitud de transmisión en el ultravioleta.

De esta forma se decidió en forma práctica, ya que era la opción más rápida de realizar y con un costo alcanzable, que fue instalar una planta de suavizado en un lugar cercano al pozo de abastecimiento en Esperanza y colocar una planta de filtrado en el sitio de HAWC, para el filtrado final del agua proveniente ya fuera del pozo profundo de Esperanza o de algún sistema de colección de la montaña en el futuro.

EL SISTEMA DE FILTRADO Y SUAVIZADO

Las características del agua del pozo profundo en Esperanza eran que poseía una dureza de entre 9-10 grains. Los requerimientos establecidos para el proyecto eran que la dureza del agua no debería sobrepasar uno o máximo dos grains. Esto era para que, con un filtrado adecuado, se alcanzara la meta de obtener una longitud de transmisión mayor a nueve metros en el intervalo ultravioleta de la luz.

De esta forma, la planta de suavizado se configuró con un filtro inicial de cinco micras (prefiltrado) con el fin de eliminar basura que pudiera traer el agua. De ahí se pasa por una planta de intercambio iónico, que elimina los iones del agua y la suaviza. Este sistema requiere de 150 kg de sal por cada 450 toneladas de agua suavizada con las características del agua usada, descritas con anterioridad. Finalmente, el agua suavizada se coloca en dos contenedores de 38 mil litros

cada uno, que permite una reserva de cinco cargas de agua de 15 toneladas cada una, para ser transportada. Las pipas de agua que suben esta agua hasta el sitio de HAWC tienen una capacidad de 15 toneladas cada una.

Una vez que el agua es suavizada, es transportada al sitio por las pipas, después de un recorrido de 25 km, cuya duración aproximada es de dos horas por pipa, al subir de 2 mil 300 msnm a una altura de 4 mil 100 msnm. En el sitio se recibe en un sistema de cinco contenedores de 180 toneladas cada uno, para su posterior filtrado.

Ya en el sitio de HAWC, el agua es pasada por un sistema de prefiltros de 10 micras en paralelo, para después ser pasados por una lámpara ultravioleta, con el fin de eliminar cualquier bacteria. Continúa su camino por un sistema paralelo de filtros de carbón activado y finalmente es pasado por un sistema doble en serie de filtros de una micra. El agua filtrada es almacenada en dos contenedores de 180 toneladas cada uno y de ahí es bombeada mediante tubería a cada uno de los detectores del observatorio. Los sistemas de filtros de 10 micras y de una micra, respectivamente, se deben cambiar después de cada 2 mil 700 toneladas de agua filtrada, mientras que la carga del filtro de carbón activado se debe cambiar cada 22 mil 500 toneladas de agua.

Finalmente, aproximadamente 20 por ciento del agua utilizada en los 300 detectores Cherenkov con base en agua, se colectó de los nacimientos naturales de la faldas del Citlaltépetl, a una altura de 4 mil 200 metros sobre el nivel del mar, y se condujeron mediante ductos de dos pulgadas de diámetro y una longitud de aproximadamente un kilómetro, hasta un contenedor cercano al sitio HAWC, para su posterior transporte por medio de pipas de capacidad de 15 toneladas al sitio HAWC. La calidad de esta agua fue equivalente a la suavizada (dureza menor a un grain), por lo que solo se prefiltró para eliminar la basura que alcanza a capturar en el sistema de colección. ◀



Janina Nava

HAWC y el medio ambiente

Siendo un proyecto localizado dentro de la poligonal del Parque Nacional Pico de Orizaba, en las faldas del Volcán Sierra Negra, uno de los factores más importantes es la interacción con el ambiente. Para llevarlo a cabo fue necesaria la realización, y posterior aprobación, de los llamados Manifiestos de Impacto Ambiental (MIA), en su modalidad Particular. Éstos fueron presentados con antelación ante las instancias gubernamentales correspondientes: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp).

Uno de los requisitos para instalar HAWC en este lugar fue justamente adquirir los resolutivos correspondientes, tanto para la construcción del camino de acceso y tendido de la línea eléctrica subterránea (casi un kilómetro con un ancho de corona de seis metros) necesarios para el desarrollo del Observatorio, así como para la ejecución de la plataforma que albergaría el arreglo de los 300 detectores. Dicha obra mayormente incluía la remoción de material vegetal característico de esta zona y el movimiento de tierras.

Como era de esperarse, tratándose de un parque nacional, los términos y condicionantes descritos en el resolutivo correspondientes fueron estrictos y puntuales. El seguimiento a cada uno de estas actividades, como los programas de recuperación y conservación de suelos, informes y reportes periódicos, programas de protección de flora y fauna, programas de educación ambiental durante y posterior a la ejecución del proyecto, entre otros, se apegan a lo solicitado por las autoridades correspondientes y por supuesto a los lineamientos que marca la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

Es importante mencionar que también se incluyó dentro de la solicitud el sistema de retención, la colección y filtrado de agua, así como un programa de desmantelamiento del arreglo una vez que se concluya el periodo de operación del Observatorio, que es de 10 años a partir de su inauguración. Esta etapa consiste en la recuperación del suelo mediante el resembrado de especies de flora nativas del sitio que fueron removidas durante la etapa de instalación. El resembrado se realizará dentro de un periodo de tres años, iniciando el proceso de recuperación natural.

EL CAMINO

Una de las actividades importantes fue la construcción del camino de acceso, a lo largo del cual, como medida preventiva para disminuir los impactos ambientales, se elaboraron cunetas y vados. Éstos están localizados principalmente donde el flujo de agua perpendicular fuera importante, con la finalidad de evitar la erosión y el desgaste del camino.

Por supuesto, una de las medidas preventivas durante la construcción, tanto del camino como del arreglo, fue el regado de las zonas donde se realizaron desmonte, despalle, cortes y excavaciones, a fin de reducir el levantamiento de polvos y partículas a la atmósfera. Además se realizaron mantenimientos preventivos y correctivos de la maquinaria pesada y equipo, así como de los camiones utilizados en la construcción, a fin de evitar fugas y derrames de combustibles que pudieran alterar la calidad del suelo y del agua subterránea. También se redujo la emisión de gases contaminantes y de material particulado, entre muchas otras acciones.



ELECTRICIDAD

En lo que se refiere a la línea eléctrica, se decidió que fuera subterránea por varias causas, pero la principal tuvo que ver con la integración del paisaje, ya que disminuye el impacto visual; además, técnicamente mitiga la atracción de descargas eléctricas.

Como una actividad también relevante podemos mencionar el programa de restauración, el cual incluyó transplantar la vegetación removida en la plataforma y en los taludes a sitios que quedaron sin vegetación y por lo tanto desprotegidas, como el talud lateral de dicha plataforma y el derecho de vía lateral al camino de acceso.

Para realizar el resembrado de la vegetación, se utilizaron especies nativas, en su mayoría con *Stipa ichu* (zacatonal alpino), *Lupinus montanus*, *Eryngium proteiflorum*, *Senecio procumbens*, etcétera. Previamente se realizaron pruebas piloto, basados en cuadrantes de 1x1 metros, en los que se verificó el procedimiento de trasplante más adecuado y el porcentaje de supervivencia de las especies, principalmente afectadas por los parámetros: altura y condiciones climáticas (temperatura y vientos dominantes). Afortunadamente, gracias a los buenos procedimientos de trasplante, la supervivencia fue de 90 por ciento, tanto en pendiente como en planicie, lo que se puede considerar como un éxito.

Y AHORA QUE ESTÁ TERMINADO EL PROYECTO, ¿QUÉ SIGUE?

Una vez concluido el proyecto, es responsabilidad de la colaboración, y en particular del INAOE, llevar a cabo las medidas de mitigación y prevención ambiental descritas en los resolutivos, durante la operación y mantenimiento del observatorio. Algunas de las actividades incluyen: mantenimiento periódico del camino de acceso, incluyendo del sistema de drenaje para evitar la erosión, señalamiento preventivo y correctivo en cuanto a los cuidados del entorno natural (no prender fogatas, protección de la vegetación y fauna nativa, confinamiento de los residuos orgánicos e inorgánicos, manejo y disposición de residuos peligrosos, entre otros), programas de conservación y restauración de suelos (reforestación, brechas cortafuego, cercados, tinas de captación de agua, etcétera) y programas de protección de flora y fauna.

Una de las acciones con mayor impacto es el Programa de Educación Ambiental, el cual es dirigido no solo al personal que ejecutó el proyecto, sino también a los científicos y equipo técnico que laborará durante el tiempo de vida útil del observatorio y más importante aun, para las comunidades cercanas al proyecto, entre las que se encuentran: Texmalaquilla, Atzitzintla, San Manuel Cuyachapa, Esperanza y Ciudad Serdán. En estas comunidades se han desarrollado series de conferencias y talleres relativos a los objetivos principales del observatorio, se imparte información general sobre el Parque Nacional Pico de Orizaba, información específica como la flora y fauna característica del sitio, cómo conservar la vegetación forestal, el uso de ecotecias, huertos escolares, composteo, hornos solares, tratamiento de agua, por mencionar algunos. En estas actividades se incluye la participación de los científicos, pero además de voluntarios pertenecientes a Cuerpo de Paz y otras dependencias nacionales que contribuyen en estas tareas de beneficio compartido.

Actualmente, el Observatorio HAWC es una realidad, además de representar un reto científico binacional, representa un beneficio para las comunidades cercanas. En lo económico por la generación de empleos que se han derivado de la construcción del observatorio y de su posterior operación y desmantelamiento, y en la parte humana por la formación de personal local y regional para la construcción y operación del arreglo. ☺

jnava@inaoep.mx ✉

más información

Un informe más detallado de los resolutivos puede consultarse en la página de la Semarnat, www.semarnat.gob.mx

Resolutivo DFP/0575/2012 referente a las "Modificaciones de la construcción del Observatorio de Rayos Gamma de tipo Cherenkov HAWC-México".

Resolutivo DFP/1090/2009 referente a "Construcción del camino de acceso y tendido de línea eléctrica para el observatorio de rayos gamma de tipo Cherenkov HAWC-México".

Resolutivo DFP/3436/2007 referente a la "Construcción del observatorio de rayos gamma de tipo Cherenkov HAWC-México".

Daniel Rosa

La Colaboración

La Colaboración HAWC está formada por universidades y centros de investigación de México y Estados Unidos, participando en sus publicaciones más de 100 científicos.

Además el estudio, análisis e interpretación de los datos de HAWC, así como desarrollo de *software* e instrumentación dentro de la colaboración, están siendo la parte fundamental de 15 tesis de doctorado. Cinco de estas tesis están siendo desarrolladas por estudiantes mexicanos en el INAOE y en el Cinvestav.

Los representantes principales de la colaboración son el Dr. Jordan Goodman (Universidad de Maryland) por la parte de EEUU y el Dr. Alberto Carramiñana Alonso (INAOE) por la parte mexicana.

El proyecto HAWC tiene un coste aproximado de 13 millones de dólares, los cuales están proporcionados casi en su totalidad por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología en México, por la Fundación Nacional para la Ciencia (en inglés National Science Foundation) y por el Departamento de Energía en EEUU.

Tener este experimento en México no fue fruto de la casualidad, ya que una vez que finalizó el proyecto Milagro —detector similar de rayos gamma liderado por el Laboratorio Nacional de Los Álamos, EEUU— buscaban un lugar más cercano al Ecuador donde expandir su exitoso experimento.

En julio de 2007 competíamos con centros de investigación en Bolivia y China, y en agosto de 2013 con aproximadamente 100 detectores operando; ya éramos más sensibles que Milagro.

Hay que destacar que durante la selección final del sitio por parte de la Colaboración de Milagro, el Gran Telescopio Milimétrico Alfonso Serrano jugó entonces un rol esencial. No solo se tenía un sitio a



EN LA COLABORACIÓN
DE HAWC PARTICIPAN EN
SUS PUBLICACIONES MÁS DE
100 CIENTÍFICOS DE UNIVERSIDADES
Y CENTROS DE INVESTIGACIÓN DE
MÉXICO Y EEUU

altura requerida, entre 4 mil y 5 mil metros sobre el nivel del mar, sino que se contaba además con la infraestructura necesaria —electricidad, conexión de banda ancha y acceso— y una comunidad científica

entusiasta, eficiente y reconocida internacionalmente. Realmente no hay muchos sitios en el mundo que reúnan estas condiciones.

El conjunto de la colaboración se reúne dos o tres veces al año para discutir los logros realizados y planear los trabajos futuros. Además, semanalmente se realizan videoconferencias donde se informa de los progresos inmediatos del proyecto. Estas reuniones incluyen discusiones sobre el desarrollo del sitio, la electrónica y el *software* además de reportes de los avances científicos más inmediatos.

Tres investigadores, dos en el sitio y uno remotamente, se aseguran que HAWC funcione las 24 horas del día, los siete días de la semana. Este equipo de monitoreo se renueva cada semana, y todos los miembros de la Colaboración están invitados a participar.

Hasta la fecha, la Colaboración ha publicado siete artículos en revistas arbitradas de alto impacto describiendo, entre otros, las posibilidades de detectar objetos tan enigmáticos como los estallidos de rayos gamma, los agujeros negros primordiales o la presencia de materia oscura alrededor de galaxias, incluida la Vía Láctea, y cúmulos de galaxias cercanos.

Los datos preliminares de HAWC, así como las previsiones publicadas en varios artículos, han despertado el interés de la comunidad internacional, de forma que al día de hoy se han firmado convenios de colaboración entre HAWC y los principales detectores de rayos gamma de altas energías. Estas colaboraciones, que permitirán el estudio simultáneo de fuentes tanto galácticas como extragalácticas, serán sin duda la base de un mejor conocimiento del Universo más extremo y energético. ◀



Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica Reunión de la colaboración HAWC

Complejo Cultural Universitario BUAP del 27 al 29 de octubre de 2014





Denise Lucero Mosqueda

Entrevista

HAWC: Ambicioso proyecto científico comprometido con la formación de recurso humano especializado

High Altitude Water Cherenkov (HAWC por sus siglas en inglés) es el observatorio de Rayos Gamma —único en su tipo a nivel mundial— ubicado en el Volcán Sierra Negra, dentro del Parque Nacional Pico de Orizaba, en el municipio de Atzintzintla, Puebla. Este proyecto de colaboración binacional México-EE.UU. ha concluido su fase de construcción después de seis años de intenso trabajo; ahora se prepara para ser inaugurado el próximo 20 de marzo y con ello iniciar formalmente la fase de operación que tendrá una duración de 10 años.

HAWC es un detector de 300 tanques con fotosensores que contienen agua ultra pura; estudia los rayos gamma de muy alta energía que proviene de fuentes celestes en el universo que se producen en fenómenos muy violentos, estallidos de estrellas o en los centros de galaxias activas.

“Este proyecto es enorme no sólo en cuanto al impacto científico sino también en cuanto a volumen y al tamaño de su infraestructura”, señala Manuel Odilón de Rosas Sandoval, joven ingeniero mecánico a cargo de la construcción de HAWC y que comparte con SABERE SIENCIAS algunos de los retos de ingeniería presentados durante el desarrollo de esta obra de ingeniería.

Manuel Odilón es originario del municipio Atzintzintla, Puebla, localidad de acceso al observatorio y donde se ubica una oficina administrativa del INAOE. Cuando se inició la construcción del Gran Telescopio Milimétrico (GTM), Manuel era un adolescente que asistía a las jornadas de divulgación científica y noches de estrellas organizadas por el INAOE, “en cierta forma me nació el interés por participar en algún proyecto, fue una influencia, siempre el objetivo fue aportar de alguna forma con mis capacidades”, recuerda.

Egresado del Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Serdán, ubicado en la misma región geográfica de los sitios del GTM y HAWC, Manuel realizó sus prácticas profesionales con el doctor Ibrahim Torres, investigador del INAOE. Durante su estadía de practicante fungió como técnico durante la segunda etapa de construcción del detector de rayos gamma y una vez concluido su periodo de servicio se le asignó como encargado de la construcción de todo el observatorio.

LOS RETOS DE HAWC

El proyecto inició en el año 2009 con un arreglo prototipo para hacer las bases de diseño de los sensores que observan los fenómenos del exterior. “El diseño del detector consistió en pruebas ambientales de aspecto técnico relacionados con las condiciones ambientales de presión y temperatura. También se realizaron estudios de impacto ambiental, relacionadas con cuestiones ecológicas y de conservación del sitio, área natural protegida.

En 2012 se inició la construcción oficial y plena del proyecto HAWC. “Un reto inicial fue la construcción de una plataforma totalmente plana; para ello hubo que mover mil metros cúbicos de piedra y arena. El área del observatorio es de 22 mil metros cuadrados perfectamente nivelados, una fracción de esa zona era un agujero que con



rocas del mismo cerro, se tuvo que cimentar y construir una pared artificial, para que los materiales que se depositaban ahí —grava, arenas y básicamente tierra— no se erosionaran”, apunta.

La altura y la región complica todo, el clima de la zona es extremo, los trabajadores se exponen a condiciones de clima violentas, sobre todo descensos muy fuertes de temperatura, fuertes corrientes de viento, heladas, nevadas; impedimentos que en ocasiones hicieron frenar la construcción para seguridad de todos.

“Otra dificultad fue la relacionada con la erosión, cuando nieva, se generan escurrimientos y el piso del terreno que es muy arenoso, tiende a erosionarse con cierta facilidad, un reto fue contener esa erosión prematura. Es difícil crear sistemas que prevengan la erosión con poco concreto, usualmente en las carreteras o autopistas, se utilizan mallas de acero, algún tipo de dispositivo además de la roca para retener el material. En este caso por disposición ecológica no podíamos instalar ningún tipo de material que típicamente se utiliza en una obra civil por ser Parque Nacional; la manera más práctica consistió en diseñar el talud de forma tal que no se derrumbe a causa de temblores, lluvias y escurrimientos, ése fue un gran desafío de diseño que los ingenieros debieron resolver”.

Además se implementaron medidas estrictas de vigilancia para evitar la contaminación del suelo con residuos de las maquinarias, aceite, líquidos químicos que esterilizan la tierra. Se ideó una

forma lo más ecológica posible para no aportar contaminantes de espacio o materiales extraños al suelo.

Los 300 detectores, tanques hechos de acero laminado de forma cilíndrica tienen un diámetro de 7.3 metros y una altura de 4.5 metros. Cada detector contiene cerca de 200 toneladas de agua ultra pura con muy bajos niveles de sales y minerales; esa agua es colectada de forma natural y procesada para su purificación.

“Las ventajas de este proyecto, agrega Sandoval, es que el impacto ambiental es mínimo, es en su totalidad un proyecto de gran innovación”.

Estos tanques llevan, en el fondo del agua, cuatro sensores, esto es electrónica muy especializada capaz de captar las radiaciones de las más altas energías que emiten las estrellas y otros objetos que son visibles para el observatorio.

Para hacer funcionar cada sensor que está dentro de los tanques se necesitan alrededor de mil 500 volts de corriente directa por cada sensor. Éstos se conectan a una tarjeta madre que selecciona los datos conforme a las características que se le han sido asignadas y las deposita en almacenamiento (unidades de discos duros); actualmente el rango que se tiene de producción de datos es de alrededor de 10 terabytes por semana. Se proyecta que previo a la inauguración se logre producir el doble de lo mencionado.

“El transporte de los datos también implica un desafío ya que los datos son procesados y almacenados en medios físicos y transportados hacia los diferentes centros de investigación que participan en el proyecto. No todos los dispositivos funcionan a esa altura, pierden su rendimiento y por tanto la calidad de trabajo es menor, su vida útil es menor y el costo se incrementa; por ello se trabaja arduamente en la actualización de las líneas de comunicación, la línea de internet y de líneas de suministro eléctrico para que todos esos datos se transporten vía internet.

Es un reto superar la construcción, la implementación de los sistemas, el control y operación de los mismos; para Manuel de Rosas, HAWC implica un desafío constante, se empeña en mejorar una infraestructura a todas luces innovadora, “esto no significa que no haya nuevos sistemas por desarrollar, más eficientes, que sigan manteniendo el proyecto a la vanguardia”.

Orgulloso de formar parte de un proyecto de vanguardia a nivel mundial, Manuel precisa: “Ya ha habido pruebas satisfactorias que han brindado confiabilidad y han consolidado más al observatorio HAWC como un observatorio de vanguardia y competitivo”.

Manuel de Rosas Sandoval es parte de un especializado grupo de trabajo, comprometido con la ciencia al que le apasionan los retos. ☺

deniselucero@gmail.com ✉

Baldemar Ibarra Escamilla

La era de las fibras ópticas



• Fibra óptica, por Javier Morales, en flickr.com

Las fibras ópticas, desde los años 80, han revolucionado la era de las telecomunicaciones. Gracias a esta tecnología, actualmente es posible recibir y enviar información con una extraordinaria rapidez. Pero no solo han revolucionado la era de las telecomunicaciones; hoy en día son de gran interés en sensores de fibra óptica, en amplificadores y láseres de fibra óptica para aplicaciones médicas, industriales y de sensado remoto.

En su forma más simple una fibra óptica consiste en un núcleo cilíndrico de vidrio de silicio rodeado por un revestimiento cuyo índice refractivo es menor que el del núcleo. Debido a un cambio abrupto en el índice de refracción de la interfaz núcleo-revestimiento, tales fibras son llamadas *fibras de índice escalonado*; dichas fibras son las que se utilizan para transmisión de información a gran distancia. En un tipo diferente de fibras, conocidas como *fibras de índice graduado*, el índice de refracción decrece gradualmente dentro del núcleo; estas fibras se utilizan para transmisión de información en distancias cortas.

El fenómeno de *reflexión total interna* es el responsable de guiar la luz en una fibra óptica y se conoce desde 1854. Aunque las fibras de vidrio fueron hechas en los años 20, su uso llegó a ser práctico hasta los años 50, cuando el uso de una capa de revestimiento condujo a un considerable mejoramiento en sus características de guiado de luz. Antes de 1970 las fibras ópticas fueron usadas principalmente para aplicaciones médicas sobre distancias cortas. Su uso para propuestas de comunicaciones fue considerada impráctica debido a sus altas pérdidas (~1000 dB/km).

Sin embargo, la situación cambió drásticamente en 1970, cuando las pérdidas de las fibras ópticas fueron reducidas hasta alrededor de 20 dB/km. Futuros progresos se realizaron en 1979, cuando se fabricaron fibras ópticas con pérdidas de 0.2 dB/km cerca de 1550 nm en la región espectral.

La disponibilidad de bajas pérdidas en fibras ópticas condujo a la revolución en el campo de la tecnología de onda de luz y comenzó la era de las comunicaciones por fibra óptica. Si consideramos un sistema de comunicación con fibra óptica, la señal a ser transmitida es generalmente una señal eléctrica de forma digital. En este caso, la señal toma solamente algunos valores discretos. En la representación binaria de una señal digital solamente dos valores son posibles. El caso más simple de una señal digital binaria es cuando la corriente eléctrica está en encendido (*on*) o en apagado (*off*). Estas dos posibilidades son llamadas "bit 1" y "bit 0" (bit significa dígito binario). Cada bit dura un cierto periodo de tiempo T_B , conocido como el periodo de bit. Como cada bit de información es convertido a un intervalo de tiempo T_B , la razón de bit B , definida como el número de bits por segundo, es simplemente $B = 1/T_B$. Un ejemplo bien conocido de una señal digital es proporcionado por los datos de una computadora. Cada letra del alfabeto junto con otros símbolos

comunes (números decimales, signos de puntuación, etcétera) es asignado a un código numérico (código ASCII) en el rango de 0-256, cuya representación binaria corresponde a una señal digital de 8 bits. La señal digital se caracteriza por su ancho de banda, el cual es medido de su contenido espectral y representa el rango de frecuencias contenidas dentro de la señal y es determinado matemáticamente a través de su transformada de Fourier.

En la práctica, un canal de audio digital opera a 64 kb/s y un canal de video digital requiere una razón de bit de 100 Mb/s. La mayoría de los sistemas de comunicación de fibra óptica son capaces de transmitir información a una razón de bit mayor a 100 Mb/s. Para utilizar la capacidad completa de tales sistemas, es necesario transmitir muchos canales simultáneamente a través de una técnica que se conoce como multiplexión por división de longitud de onda (*wavelength-division multiplexing*, WDM). Con esta técnica es posible desarrollar sistemas de transmisión del orden de decenas de Gb/s, con lo cual es posible transmitir miles de canales de audio o video. Por ejemplo con un sistema de 40 Gb/s se pueden transmitir más de 200 mil canales de audio o 400 canales de video.

Como se mencionó anteriormente, las fibras ópticas fueron atractivas en un principio para transmisión de información, lo cual revolucionó la era de las telecomunicaciones. Un sistema de comunicación requiere de relevadores o amplificadores colocados a cierta distancia, por ejemplo, los sistemas electrónicos necesitan colocar un amplificador a distancias de alrededor de 10 km. Los primeros sistemas de comunicación vía fibra óptica utilizaban amplificadores electrónicos, lo cual limitaba el ancho de banda de dichos sistemas pues dependían directamente del ancho de banda de dichos amplificadores, esto debido a que la luz se tenía que convertir a corriente eléctrica y después de amplificarla convertirla nuevamente a luz y enviarla por la fibra óptica. Por lo cual se estudió la manera de amplificar la luz directamente en la fibra óptica, y esto fue posible gracias a las fibras dopadas con tierras raras. Para el caso de amplificadores de luz en la región de 1550 nm se utilizó el Erblio que nos permite amplificar señal en esta región espectral.

Con esto se revolucionaron los sistemas de comunicación vía fibra óptica ya que no sólo fue posible incrementar el ancho de banda de dichos sistemas, sino además esto permitió colocar los amplificadores a distancias mayores a los 60 km. Con estos amplificadores fue posible instalar sistemas de comunicación transoceánicos, con lo cual, en la actualidad, es posible recibir información al instante de un continente a otro.

Sin embargo, la investigación de los amplificadores de fibra óptica no quedó ahí, pues la fibra óptica se comenzó a dopar con otras tierras raras, con lo cual nació la era de los láseres de fibra óptica. Estos láseres se han desarrollado para una gran variedad de aplicaciones tales como en soldadura en materiales, corte de

materiales, aplicaciones médicas, sensado remoto y sistemas de comunicación óptica en espacio libre, por mencionar algunos. Las comunicaciones ópticas en espacio libre han crecido en los últimos años con aplicaciones de satélite a satélite y de satélite a la Tierra. Para sistemas terrenales hay un gran número de circunstancias a mitigar que ocurren con la propagación de la luz en la atmósfera. La turbulencia y dispersión por las nubes y la niebla tienen que ser cuidadosamente analizadas. Longitudes de onda cercanas a las bandas del infrarrojo pueden propagarse sin pérdidas de absorción excesivas.

En sistemas de sensado remoto (*Light Detection and Ranging*, LIDAR) los rangos de medidas de las propiedades atmosféricas tales como la densidad, temperatura y velocidad del viento, son hechas alrededor del globo terrestre. Debido a la escasez de atmósfera arriba de 100 km, las mediciones con LIDAR y con base en tierra son muy complicadas cuando se consideran distancias superiores a la atmósfera. Sin embargo, esta región de la atmósfera es importante tanto para el estudio científico del acoplamiento por arriba y debajo de la atmósfera relacionada al clima espacial, como al estudio práctico del medio ambiente de los satélites.

Para sensado remoto, las fuentes de luz láser de fibra óptica operan en longitudes de onda específicas que dependen del tipo de aplicación para las que fueron diseñadas. Algunas aplicaciones requieren fuentes de onda continua (*continuous-wave*, CW) o cuasi-CW con múltiples longitudes de onda y anchos de línea angostos o potencias moderadas (~10 W) en el régimen de ojo seguro (longitudes de onda mayores a 1550 nm) con electro-óptica externa para detectar y procesar la fase y amplitud de la señal de regreso. En muchos casos las fuentes deben de ser ligeras, compactas, robustas, operando con baja potencia eléctrica y transportables.

En cuanto a aplicaciones médicas, por ejemplo en oftalmología, un láser que emite a una longitud de onda de 1064 nm (láseres de Iterbio, Yb), permite una mayor penetración en los tejidos. Dichos láseres son igualmente prácticos en urología para la litofragmentación, fotocoagulación de tumores uroteliales y la incisión en estenosis urológicas. Los láseres que emiten un haz de luz con una longitud de onda de alrededor de 2000 nm (Holmio, Ho), son usados fundamentalmente en urología para la patología benigna de próstata al igual que para la litofragmentación intracorpórea. Otros láseres con una longitud de onda de 2100 nm (Tulio, Tm) en estudios recientes muestran que podrían competir a corto plazo con el láser de Holmio, al provocar un mínimo daño en los tejidos colaterales. Con fibras ópticas dopadas con Yb, Er, Ho y Tm es posible diseñar láseres de fibra óptica para aplicaciones médicas y de sensado remoto como las anteriormente descritas. ☞

Tania Saldaña Rivermar y Constantino Villar Salazar

Agua, cuanta, cuenta

Agua que corre: ¡Atoyac!

Así llamaban a mi cause los antepasados

Agua que nace de los montes

Fui claro tantos años que era impensable imaginar el infortunio.

Ángeles Mastreta

Hoy en día son muchos los problemas ambientales que se presentan a nivel mundial y sin temor a equivocarnos podemos decir que los problemas hídricos son de los que más preocupan a las sociedades a nivel mundial, ya que poco a poco nos damos cuenta que estos problemas se agravan y son muchos los daños que hoy vemos a causa de la contaminación y la sobre explotación de los mantos acuíferos. Podemos encontrar en diferentes estudios publicados que el porcentaje del agua dulce disponible es menos de 0.5 por ciento, agua que se está contaminando de manera verdaderamente alarmante; las evaluaciones más recientes sugieren que para el año 2025 más de dos terceras partes de la humanidad sufrirán algún estrés por la falta de este vital líquido.

Si observamos el panorama del recurso hídrico a nivel mundial podemos encontrar que de los 113 mil km³ de agua que se precipitan en el planeta de manera anual cerca de 71 mil km³ se evaporan y retornan a la atmósfera el resto aproximadamente 42 mil km³ recargan los mantos acuíferos o llegan a los océanos siguiendo el cauce de los ríos. Pero si pensamos de manera un poco más real, el volumen disponible se estima entre los 9 mil y los 14 mil km³; de esto un 70 por ciento sería destinado a sostener a los ecosistemas terrestres, lo que reduciría en un 30 por ciento, es decir, unos 4 mil 200 km³ la disponibilidad real de agua para usos humanos directos. Si la cantidad anterior es dividida entre los millones de humanos que habitamos este planeta que, de acuerdo con Toledo, en 2002 la cantidad mencionada era dividida entre 6 mil millones dando como resultado que para ese año a cada habitante le correspondían aproximadamente 700 m³. Sin duda, los censos poblacionales no son nada alentadores 13 años después. Para entender mejor lo anterior también se debe considerar que el recurso hídrico varía en espacio y tiempo, ya que si observamos de manera detenida, encontraremos que los lugares que presentan mayor cantidad de dicho recurso son Asia y Sudamérica, y claro, los lugares en donde encontramos menor cantidad son Europa, Australia y Oceanía, esto por supuesto no solo determinado por su disponibilidad, sino también por su variabilidad a lo largo del año.

La mayor parte del agua dulce del planeta se encuentra en solo seis países: Brasil, Rusia, Canadá, Estados Unidos, China e India; sin duda salta lo imposible que es dejar de pensar en estos países desarrollados y con una gran cantidad de población; algunos de ellos, podríamos decir, sobrepoblados, y es de esperarse, ya que 40 por ciento de los ríos del mundo se concentran en estos países.

Ante este panorama podemos observar que el modelo a nivel mundial es ecológicamente y socialmente insostenible, si miramos con detenimiento el caso de algunos países, que se han hecho dueños prácticamente del sistema económico a nivel mundial, el modelo de demanda y consumo en dichos países no correspondería con los números presentados anteriormente; el crecimiento poblacional, los cambios en los estándares de vida que conlleva la urbanización de la población y la expansión de la agricultura irrigada, son algunos de los grandes problemas que engloban a este modelo. Por ello estos países buscan expandir sus territorios, y al aumentar la demanda y el manejo del recurso hídrico han causado la desaparición de ecosistemas y con ellos miles de especies de flora y fauna sepultadas bajo las más de 40 mil presas construidas en el mundo, esto solo por poner un ejemplo. Cabe mencionar que esto ha pasado durante muchos, muchos años, impulsado por una serie de tratados entre los gobiernos de países de primer mundo y claro los países en vía de desarrollo, dichos negocios se hacen con la finalidad de obtener recursos para continuar abasteciendo la demanda mundial de bienes o servicios pero en algunos casos sin tocar los recursos propios, lo que trae como consecuencia que en países como México tengamos ríos, lagos y lagunas contaminados, y eso sin mencionar a los tan aclamados mantos acuíferos sobre explotados, de esta manera, los países desarrollados pueden mantener un modelo económico depredador vigente. Si al saqueo de los recursos naturales de países como México que además de tener un impacto en las poblaciones como es ya bien sabido el despojo en las comunidades, le sumamos el deterioro ambiental, solo falta darle un vistazo al caso del río Sonora, y si comparamos el costo



ambiental con respecto a los pagos a nivel internacional y las deudas a nivel mundial, entonces podríamos definir a todos estos como un comercio que es ecológicamente desigual y con esto nos podríamos preguntar entonces ¿quién le debe a quién?

Puebla no es la excepción, ya que al ser una de las ciudades que presenta a futuro una mayor amenaza hídrica, y es acariciada por uno de los ríos más contaminados del país, ha llegado el momento de preguntarnos si queremos continuar por el mismo camino escabroso en materia ambiental o exigir a las empresas, autoridades y población tomar cartas para generar proyectos que realmente beneficien a todos, ya que si englobamos, todo lo visto en esta pequeña contribución, en el concepto de cuenca, nos daremos cuenta que no solo es un problema a pequeña escala, teniendo en cuenta que afectados somos todos y que lo que se hace en cuenca arriba, repercute de manera importante, cuenca abajo. s

HAWC Jornada Científica
 19 de marzo de 2015 • 9:00 h
 Teatro del Complejo Cultural Universitario, BUAP

Pláticas invitadas:
 Alberto Carramiñana - (INAOE)
 Jordan Goodman - (UMD)
 Julie McEnery - (NASA, Goddard)
 Jamie Holder - (University of Delaware)
 Tom Gaiser - (University of Delaware)
 Rene Ong - (UCLA)
 Roger Blanford - (Stanford University)
 Peter Mészáros - (Pennsylvania State University)
 Sabrina Casanova - (Max-Planck Intitute)
 Lukas Nellen - (ICN-UNAM)
 Andrés Sandoval (IFUNAM)

Contacto:
 María Luisa Hernández
 Correo: secpart@inaoep.mx
 Teléfono: 01 (222) 266 31 00, ext. 3301
 http://www.inaoep.mx/hawc2015

✉ traslashuellasdelanaturaleza@hotmail.com

f Tras las huellas @helaheloderma

José Gabriel Ávila-Rivera

Ciencia y políticos: el caso Mancera



El día viernes 31 de octubre de 2014 el político Miguel Ángel Mancera Espinosa (16 de enero de 1966), actual jefe de gobierno del Distrito Federal, fue sometido a una intervención quirúrgica denominada ablación cardiaca, para resolver una arritmia. Durante el procedimiento sufrió una perforación en el aparato cardiovascular y fue necesario someterlo a una operación con el tórax abierto, que fue exitosa y de la que se recuperó en una forma rápida.

La divulgación de esta complicación no fue precisa y se generaron muchas inquietudes que planteaban desde una negligencia médica, hasta un atentado. Lo cierto es que ahora es posible que nosotros, individuos comunes y corrientes que somos mal informados de las cosas que realmente suceden en el país, podamos hacer deducciones interesantes que nos conducen a conclusiones sorprendentes. Vale la pena revisar en qué consiste precisamente la ablación cardiaca.

El corazón funciona como una bomba múltiple. De hecho son cuatro elementos de bombeo en uno solo. La expulsión de sangre debe ser particularmente enérgica para poder distribuirla por todo el organismo y recibirla, para filtrarse en los pulmones y cargarse de oxígeno liberando bióxido de carbono (independientemente de otros órganos de depuración como los riñones y el hígado). Para que este complicado proceso se lleve a cabo en una forma precisa es necesario que se dé una contracción gradual de todo el órgano cardiaco, que es un músculo sensible a cargas eléctricas que se distribuyen uniformemente y se regulan por unos elementos de disparo automatizados y coordinados por el mismo corazón. Cuando se rompe con la armonía de la descargas, no hay una distribución de la electricidad adecuada y el corazón deja de latir con la simetría apropiada. Hablamos entonces de una arritmia.

Para corregir este problema se lleva a cabo un extraordinario método que consiste en la introducción de catéteres o tubos que llegando al corazón, en una forma controlada, destruyen los tejidos internos que condicionan las arritmias por medio de la emisión de un tipo de energía llamada de radiofrecuencia, generando calor y el deterioro de los puntos que provocan los disparos anormales en el músculo cardiaco.

Los médicos que llevan a cabo este procedimiento tienen que hacer la especialidad en cardiología y luego la subespecialidad en electrofisiología, que puede ser pediátrica o de adultos. Hablamos de ocho años de estudios intensos (solamente contemplando las especialidades), con requisitos abrumadores en las áreas psicológicas, sociales y de salud. Es justo decir que son pocos los médicos preparados en esta área de alta especialidad y la inversión económica en ellos es muy alta, tomando en cuenta la necesidad de recibir una instrucción técnica y tecnológica, en una forma satisfactoria.

Los especialistas en electrofisiología manejan en cada intervención un alto grado de tensión emocional. Deben introducir los catéteres guiados por

QUE EL GOBIERNO EJERZA EL GASTO
O QUE SE PERMITA TENER ESE DINERO,
E INVARIABLEMENTE
TODO MUNDO PREFIERE EL DINERO,
SIN GOBIERNO, INDEPENDIENTEMENTE
DE LAS OBRAS DE "RELUMBRÓN",
DE LAS PASARELAS LUJOSAS
QUE OSTENTAN POLÍTICOS INEPTOS,
CASAS DE SÚPER LUJO
O ZOOLOGICOS DONDE IMPERA
LA BESTIALIDAD DEL HOMBRE

aparatos de radiografía (fluoroscopios) con un conocimiento muy preciso de la anatomía y casi a ciegas, pues es imposible visualizar los tejidos blandos en un fluoroscopio. Posteriormente, cuando los catéteres se encuentran en el sitio adecuado, generan las descargas de radiofrecuencia para alcanzar temperaturas de 50° a 70°. Una temperatura ligeramente mayor, puede provocar que los tejidos se quemen y la producción de humo, que provoca un sonido denominado "pop". Este es el principal factor que puede generar perforaciones cardiacas y la consecuente urgencia para resolver esto, que sin cirugía es necesariamente mortal. Muy probablemente esto fue lo que le sucedió al señor Mancera.

La imagen de los políticos está más devaluada que nunca y parece ser que ellos, no se dan cuenta. Los ciudadanos los vemos como entes nocivos y el desprecio que generan es particularmente desagradable. Por citar un caso (de miles), recientemente personal de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa) aseguró 101 animales de un zoológico personal del diputado del Partido Acción Nacional, Sergio Gómez Oliver. De acuerdo a un comunicado emitido por Profepa, en el lugar se encontraron 240 ejemplares entre felinos, herbívoros, primates y aves, de los cuales 92 se encontraron en condiciones con faltas graves al trato digno y nueve no contaban con documentación legal de procedencia. Los animales asegurados fueron 15

tigres de bengala, nueve jaguares, cinco pumas, siete leopardos, cinco leones africanos, dos osos grizzli, tres antílopes, tres bisontes y un tigrillo. Además, dos venados temazate, dos ejemplares de papión sagrado, seis seretes, tres tepezcuíntles, tres wapiti, un cotorro cabeza negra, un perico frente escarlata, un tucán, un búho virginiano y una guacamaya roja. Los gastos que debieron generar diariamente ofenden y las condiciones de hacinamiento que sufrieron los animales son escalofriantes. La pregunta siguiente gira en torno a la incomprensible postura legal de no encarcelar a este individuo. Pero un poco de matemáticas sencillas, como las enseñadas a mis hijos en la escuela primaria puede paralizar. Durante 2014, el gasto neto presupuestario del sector público ascendió a 4 billones 530 mil 629 millones de pesos; lo que expresado numéricamente sería 4,530,629,000,000. Si dividimos este número entre el número de mexicanos que somos alrededor de 119 426 000, obtenemos un número que gira alrededor de los 38 mil pesos (exactamente: 37936.705575). Es decir que en mi caso, por cuatro miembros de mi familia se destinan al gasto público 152 mil pesos. Son 416 mil 44 pesos por día. A todos aquellos a quienes he preguntado qué es lo que prefieren... que el gobierno ejerza el gasto, o que se permita tener ese dinero, e invariablemente todo mundo me responde que prefiere el dinero, sin gobierno, independientemente de las obras de "relumbrón", de las pasarelas lujosas que ostentan políticos ineptos, casas de súper lujo o zoológicos donde impera la bestialidad del hombre y no la de los pobres animales. Pero eso sí, la visión hacia las necesidades de investigación que tiene el país, solamente se dan cuando esas élites requieren altas tecnologías para su subsistencia, como en el que he denominado "caso Mancera".

En el mes de octubre del año 2013, en el suplemento *Saberes y Ciencias* número 20 se publicó un artículo titulado "La importancia del Observatorio HAWC en el estado de Puebla". Aunque el fin de este aparato se orienta a la observación de rayos cósmicos y gamma, una gran cantidad de tecnologías alternativas para la instalación, operación y mantenimiento, tienen un impacto social y ambiental verdaderamente inconmensurable. Esto solamente es posible con esfuerzos verdaderamente heroicos de científicos mexicanos y del extranjero que indudablemente ganan mucho menos que los nefastos políticos que nos gobiernan y con un reflejo antropológico incomparable.

Evidentemente es necesario orientar las políticas públicas pues el descontento social es tremendo y se aspira en el ambiente una ingobernabilidad creciente. Para percibir lo anterior, solamente hay que preguntar a cualquier persona que esté al rededor por lo que prefieran: el gobierno con ese gasto público o bien, el dinero sin gobierno y la respuesta será, la que indudablemente ya se estarán imaginando.☺

Sergio Cortés Sánchez

Comicios indiferentes



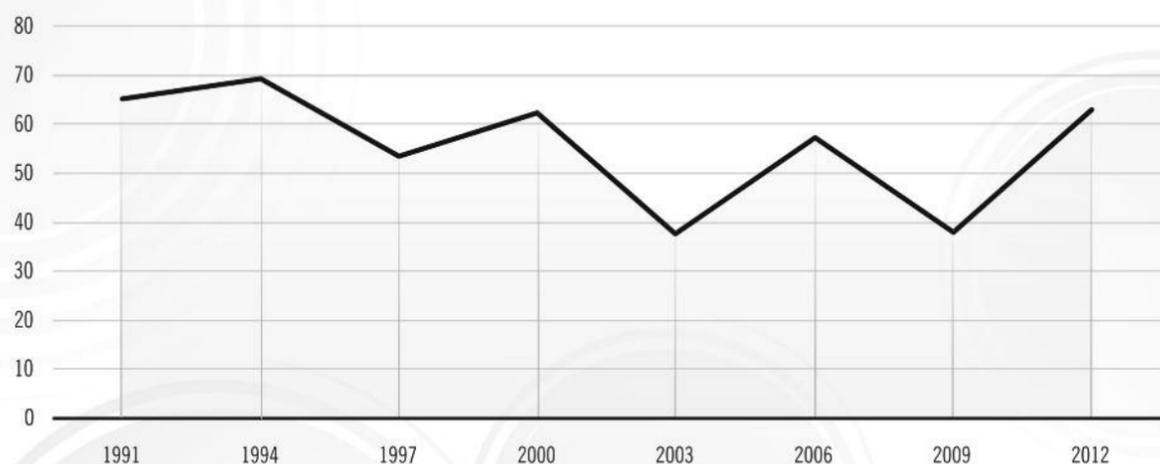
La renovación de legisladores federales no genera expectativas entre los ciudadanos: se desconocen sus facultades, capacidades y autonomías, y se conocen muy bien sus mañas y trayectorias; no inspiran confianza. Cuando ésta coincide con las de presidente de la República, la intención de votos dispensada a senadores y diputados aumenta y, cuando la renovación de diputados no coincide con la presidencial, la participación ciudadana baja en 20 puntos o más. En 1991 la participación ciudadana en la elección de diputados de representación proporcional fue de 65 por ciento; seis años después había caído a 54 por ciento y fue menor a 50 por ciento en los comicios de 2003 y 2009, y para este año, quizá sea menor a 38 por ciento. El tiempo de una campaña intermedia es un tercio menor a la presidencial y los recursos económicos legales y extralegales utilizados también son menores, y la credibilidad en estos personajes es también menor a la de los ejecutivos (federal, estatal o municipal). f: Consulta Mitofsky, La Gran Encuesta Electoral. Punto de arranque. Rumbo al 7 de junio 2015. http://consulta.mx/web/images/elecciones/2015/20150228_NA_GranElectoral.pdf

La próxima elección se da en un contexto de más inseguridad pública, pérdida de credibilidad en las instituciones, desaceleración económica, deuda pública creciente y deterioro tanto de las finanzas públicas como de las personales, por lo que es plausible un crecimiento de la abstención electoral. Hace apenas un año, uno de cada tres hogares de la República Mexicana y tres de cada 10 ciudadanos tuvieron la condición de victimización y la tasa media anual de victimización creció en 26 por ciento entre 2010 y 2013; solo seis de cada 100 delitos fueron averiguados (INEGI, *Encuesta Nacional de Victimización y Percepción sobre Seguridad Pública*, Años 2011-2014). Según la fuente citada, la mayoría absoluta de los ciudadanos del país percibe como corruptos a las policías (federal, judicial, estatal, municipal, tránsito, PGR, Ministerio Público y jueces); y las opiniones negativas de los partidos políticos son superiores a las positivas (Mitofsky, Encuesta del 20-22 febrero 2015). Según fuentes propias, el Instituto Nacional Electoral registra casi dos opiniones negativas por una positiva y es obvio el control que ejercen sobre ese órgano electoral los consejeros ciudadanos que son afines al PRI, lo que le resta credibilidad e imparcialidad a dicho organismo. La inseguridad y la corrupción son los grandes problemas del país y el principal responsable es Enrique Peña Nieto cuya gestión desapruueba la mayoría de ciudadanos. En los dos primeros años del sexenio de Peña Nieto la economía ha crecido apenas al ritmo de la población, casi la mitad de lo ofrecido por el Ejecutivo federal, y la deuda pública neta creció cinco puntos del Producto Interno Bruto, lo que se ha traducido en una merma del poder adquisitivo y crecimiento de cartera vencida.

En la encuesta nacional del 20-22 de febrero del año en curso Mitofsky registró una intención del voto no declarada de 37 por ciento, lo que es ya

bastante alta para este tipo de pregunta; responder una pregunta de intención de voto antes del inicio de campaña (sin haberse registrado los candidatos) es socialmente correcto, y los entrevistados manifiestan una acción futura, que puede o no realizarse en los términos de la intención. En registros propios del municipio de Puebla de la primera semana de marzo de 2009 la intención no declara de voto fue de 21 por ciento, probablemente hoy sea 70 o 75 por ciento más alta. Cuatro meses antes de la elección federal de 2009, uno de cada tres ciudadanos no se sentía representado por ningún partido, ahora

Puebla 1991-2012. Participación ciudadana en elección de diputados federales por el proceso de Representación Proporcional. %



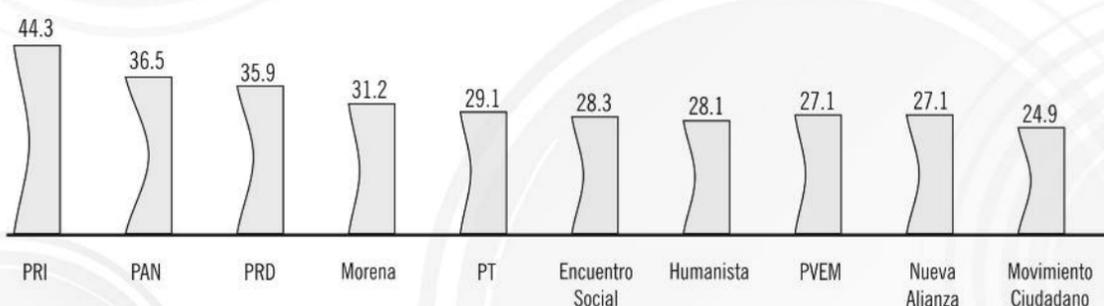
• IFE. Atlas Electoral 1991-2012. <http://siceef.ife.org.mx/pef2012/SICEEF2012.html#>

pueden ser casi dos de cada tres quienes así lo manifiesten. El rechazo partidario ha crecido para el PRI y disminuido para el PAN; entre otras causales, por la corrupción, la impunidad, el conflicto de intereses, el autoritarismo y abuso de poder asociado directamente al Ejecutivo federal. Las reformas constitucionales impulsadas por Peña Nieto en beneficio del capital transnacional no fueron compartidas por la mayoría de ciudadanos, y los propagados frutos positivos de la reforma no se ubican en el horizonte, por lo que es posible un voto de castigo hacia el PRI, más enfático en aquellos que reclaman la presentación con vida de las 43 desapariciones forzadas de Ayotzinapa.

Por si no fuera ya un agravio la acción del Ejecutivo federal, el gobernador de la entidad poblana también ha contribuido al hartazgo electoral y alimentado la tendencia abstencionista en el municipio de Puebla. La afectación del patrimonio cultural cholulteca para edificar un proyecto turístico no es compartida por la mayoría de ciudadanos del municipio de Puebla, como tampoco lo es la desaparición de las facultades de registro civil de las juntas auxiliares, la represión y encarcelamiento de los defensores de la identidad y patrimonio cultural y la privatización del agua. Probablemente estos elementos se expresen en ausencias electorales o votos anulados en urnas. Los

Ejecutivos federal y estatal registran mayores opiniones negativas que positivas que puedan modificar la cultura del sufragio a cambiar de destinatario, y aunque el PRI sea el partido más repudiado, es el que repartirá, a través del gobierno federal, 14 millones de televisoras digitales; 3.3 millones de apoyos alimentarios, y 26.2 millones de becas del programa Oportunidades —Prospera— (Sedesol, *Padrón de beneficiarios*, julio-agosto y septiembre-octubre 2014) y, como dijera con elegancia Antonio Machado, se hace camino al andar, y parafraseando al vate, se ve al partido que nunca debería gobernar. ☺

Rechazo a partidos políticos en México, % Ciudadanos (Mitofsky, 20-22 febrero 2015)



• Fuente: Consulta Mitofsky, La Gran Encuesta Electoral. Punto de arranque. Rumbo al 7 de junio 2015. http://consulta.mx/web/images/elecciones/2015/20150228_NA_GranElectoral.pdf

Francisco-J. Renero-C

Ojos de insectos: sistemas ópticos de múltiples pupilas



• Libélula, por isimar33, en www.flickr.com

**¿SON LOS OBSERVADORES DEL CIELO,
CON SUS DIFERENTES INSTRUMENTOS,
UN TIPO DE OJO DE MÚLTIPLES PUPILAS?**

La Unesco llamó al 2015 Año Internacional de la Luz. La luz, como la llamamos coloquialmente, es energía que se propaga, y que al interactuar con la materia produce una gran cantidad de fenómenos naturales. En particular, la luz que proviene del Sol tiene, entre sus componentes, la luz visible, que es percibida por nuestros ojos; la infrarroja (calórica), que percibimos en nuestra piel; y la ultravioleta, que favorece la formación de vitamina D en nuestro cuerpo y es usada para fijar el calcio al hueso, pero que somos incapaces de percibirla hasta que ya lesionó nuestra piel.

Así, durante la evolución de los seres vivos, una gran parte de los procesos de adaptación se dio con base en la luz que llegaba a su hábitat, pero también a la luz que reflejan los objetos (incluidos los seres vivos). En particular, el ojo de los seres vivos, considerado como instrumento óptico, manipula la luz reflejada por los objetos y la convierte en una imagen en la retina. Esta imagen es usada por el ser vivo, ya sea para alimentarse, reproducirse, y/o protegerse de los depredadores (que son instintos básicos de los seres vivos, aunque otros seres vivos desarrollaron otros sentidos para realizar las mismas funciones). Podemos decir que el ojo evolucionó y se adaptó a las diferentes condiciones y necesidades de los seres vivos con base en la luz que les llegaba del Sol.

Estamos familiarizados con ojos como los nuestros, los del perro, el gato, la vaca, el burro, en general, con los de los vertebrados. Sin embargo, existen seres vivos que tienen ojos diferentes a los nuestros, y quizá lo han notado, como la mosca, las abejas, las libélulas, las arañas, el camarón mantis, o la lagartija gecko (en ciertas condiciones de iluminación). ¿Qué tienen en común o de diferencia estos ojos?

¡Bien! Les recuerdo que el que escribe es físico con una línea de investigación en óptica. Así que aquí analizo al ojo de los seres vivos como un sistema óptico. Varias son las formas de describir a los sistemas ópticos: pueden ser simples o compuestos; de refracción (manipulan la luz con lentes), reflexión (manipulan la luz con espejos), o catadióptrico (manipulan la luz con lentes y espejos); de uno o muchos elementos ópticos, pupila (posición, tamaño, número), etcétera. La pupila es un orificio (real o imaginario) por el que pasa la luz hacia el receptor (en los seres vivos la retina).

Entonces, en términos de la pupila, los ojos de los seres vivos pueden ser de una o de varias. Entre los de varias pupilas se distinguen los de aposición y los

de superposición. Los ojos de los artrópodos (insectos, arácnidos, miriápodos), anélidos (gusanos), y moluscos bivalvos son de múltiples pupilas y de aposición; mientras que los de los lipedópteros nocturnos (polilla, palomillas nocturnas) y crustáceos (camarones) de aguas profundas son de superposición. Así, tenemos ojos compuestos que desde el punto de vista de la óptica pueden ser considerados sistemas ópticos de múltiples pupilas.

En la Figura 1 esquematizo un ojo compuesto; está formado de hasta decenas de miles de elementos llamados omatidium (generalmente de forma hexagonal), que proveen al cerebro de un elemento de imagen. Cada omatidium se compone de la cornea (1), el cristalino (2), los fotodetectores (3), los rabdómeros (4) y llegan hasta el nervio óptico (5). Las componentes 1 y 2 son los formadores de imagen, y los 3, 4, y 5 son los detectores de luz. Así, la cornea y el cristalino manipulan la luz para formar la imagen y llevarla al rabdómero. Éste, que está rodeado por los fotodetectores los cuales reconocen las diferencias de la luz, es como una guía que lleva la luz al nervio óptico.

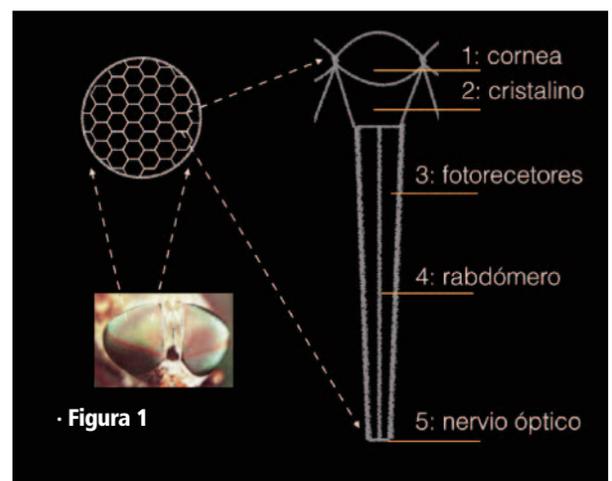
En términos de dimensiones, la cornea y el cristalino son aproximadamente 10 por ciento del omatidium, el rabdómero y células que lo rodean son el 90 por ciento restante. El diámetro transversal de un omatidium puede variar de entre cinco y 50 micrómetros (un micrómetro es una millonésima de metro, el diámetro de un cabello promedio es de 100 micrómetros).

Cada omatidium provee al cerebro con un elemento de imagen. La Figura 2 muestra cómo se forma la imagen en función del número de pupilas. Tenemos la imagen formada por un sistema de una sola pupila, después la imagen formada por un sistema de múltiples pupilas y del tipo aposición, y la imagen formada por un sistema de múltiples pupilas del tipo superposición. En los casos de los sistemas de múltiples pupilas de aposición o superposición, observamos como cada omatidium forma una imagen individual. La diferencia radica en que la imagen formada por el de aposición se conforma por las imágenes individuales y diferentes de cada omatidium, mientras que la imagen que forma el de superposición está compuesta por todas las imágenes individuales de

cada omatidium, las cuales son la misma imagen superpuesta en la retina.

Veámoslo con los conceptos físicos de la agudeza visual y de sensibilidad. La primera tiene que ver con la capacidad de distinguir objetos pequeños, y la segunda con la capacidad de distinguir objetos con poca luz. Algunos sistemas ópticos poseen mejor agudeza visual o mejor sensibilidad, otros poseen ambas que dependen de las condiciones de iluminación. Entonces, los ojos de múltiples pupilas evolucionaron para proporcionar sensibilidad, agudeza visual, o ambas.

Por eso me gusta pensar que el trabajo de los astrónomos con sus telescopios (de lentes o de espejos, o de lentes y espejos) son como ojos compuestos (sistemas ópticos de múltiples pupilas). De tal manera que cuando varios telescopios son apuntados al mismo objeto es un ojo de superposición tratando de obtener la mayor información del objeto ("mejorar la agudeza visual), y que cuando se apuntan a objetos diferentes, son como ojos de aposición tratando de formar una imagen compuesta, pero única, del universo. ☺



• Figura 1



Una pupila

Múltiples pupilas: aposición

Múltiples pupilas: superposición

• Figura 2

José Ramón Valdés

Calendario astronómico Marzo 2015

Las horas están expresadas en Tiempo Universal (UT)

* **Marzo 03, 08:44.** Júpiter a 6.2 grados al Norte de la Luna en la constelación de Cáncer. Elongación del planeta: 152.1 grados. Configuración visible durante toda la noche.

* **Marzo 04, 19:33.** Venus a 0.1 grados al Norte de Urano en la constelación de los Peces. Elongación del planeta: 30.8 grados. Configuración observable, hacia el poniente, inmediatamente después de la puesta del Sol si el horizonte poniente está despejado.

* **Marzo 05, 07:33.** Luna en el apogeo. Distancia geocéntrica: 406,385 km. Iluminación de la Luna: 99.8%.

* **Marzo 05, 18:05.** Luna llena. Distancia geocéntrica: 406,323 km.

* **Marzo 06, 20:09.** Mercurio en el afelio. Distancia heliocéntrica: 0.4667 U.A.

* **Marzo 11, 19:54.** Marte a 0.3 grados al Norte de Urano en la constelación de los Peces. Elongación del planeta: 24.2 grados. Configuración muy difícil de observar por la cercanía del planeta con el Sol.

* **Marzo 12, 09:14.** Saturno a 1.5 grados al Sur de la Luna en la constelación del Escorpión. Elongación del planeta: 106.5 grados. Configuración observable después de la media noche del 11 de enero hacia el horizonte oriente.

* **Marzo 13, 17:47.** Luna en Cuarto Menguante. Distancia geocéntrica: 382,325 km.

* **Marzo 14, 13:02.** Saturno estacionario. Elongación del planeta: 108.7 grados.

* **Marzo 15, 10:53.** Plutón a 2.5 grados al Sur de la Luna en la constelación de Sagitario. Elongación del planeta: 69.3 grados. Configuración observable en las últimas horas de la madrugada hacia el Este de la esfera celeste.

* **Marzo 15.** Lluvia de meteoros Gamma-Nórmidas. Actividad desde el 25 de febrero hasta el 28 de marzo con el máximo el 15 de marzo. La taza horaria es de 6 meteoros. El radiante se encuentra en la constelación de Norma, con coordenadas de AR=239 grados y DEC=-50 grados.

* **Marzo 19 01:15.** Neptuno a 3.0 grados al Sur de la Luna en la constelación de Acuario. Elongación del planeta: 20.1 grados. Configuración no observable por la cercanía del planeta con el Sol.

* **Marzo 19, 03:37.** Mercurio a 4.3 grados al Sur de la Luna en la constelación de Acuario. Elongación de Mercurio: 19.1 grados. Configuración no observable por la cercanía del planeta con el Sol.

* **Marzo 19, 07:28.** Luna en el perigeo. Distancia geocéntrica: 357,584 km. Iluminación de la Luna: 0.5%.

* **Marzo 20, 09:45.** Eclipse total de Sol. La franja de la totalidad, de unos 463 km de ancho pasará entre Islandia y Gran Bretaña. El eclipse se puede ver desde Europa y en diferentes grados de parcialidad según la latitud geográfica.

* **Marzo 20, 22:45.** Inicio de la primavera.

* **Marzo 21, 10:23.** Urano a 0.7 grados al Norte de la Luna en la constelación de los Peces. Elongación del pla-

XperCiencia: Año Internacional de la Luz Capilla del Arte UDLAP

Febrero 19 Mayo 28
¿Qué es la luz? **Los juegos de la luz**
Rubén Ramos Gabriel Martínez

Marzo 26 Junio 25
Optoelectrónica: aprendiendo de la naturaleza **¿Cómo puede la luz diagnosticar y tratar enfermedades?**
Svetlana Mansurova Julio C. Ramírez

Abril 30 **ENTRADA LIBRE**
Óptica de ojos de animales de múltiples aperturas Horario: 17:30 h
Francisco Renero <http://inaoep.mx/luz2015/>

Mayor Información:

Capilla del Arte UDLAP
2 Norte 6, Centro Histórico de Puebla
Tel. 01 (222) 242.28.08
capilladelarte@udlap.mx

INAOE
Tel. (222) 266.31.00
Ext. 7011, 7013, 7014 y 7016
difusion@inaoep.mx



UDLAP

AÑO INTERNACIONAL
DE LA LUZ 2015

neta: 15.1 grados. Configuración no observable hacia el horizonte Este ya que el Sol sale antes que el planeta.

* **Marzo 21, 11:14.** Ocultación de Urano por la Luna. No visible desde la República Mexicana.

* **Marzo 21, 22:41.** Ocultación de Marte por la Luna. No visible desde la República Mexicana.

* **Marzo 21, 23:05.** Marte a 1.5 grados al Norte de la Luna en la constelación de los Peces. Elongación del planeta: 21.8 grados. Configuración muy difícil de observar por la cercanía del planeta con el Sol.

* **Marzo 22, 21:13.** Venus a 3.3 grados al Norte de la Luna. Elongación de Venus: 34.7 grados. Configuración no observable ya que el planeta se oculta antes que el Sol.

* **Marzo 27, 07:42.** Luna en Cuarto Creciente. Distancia geocéntrica: 392,437 km.

* **Marzo 30, 09:59.** Júpiter a 6.2 grados al Norte de la Luna en la constelación de Cáncer. Elongación del planeta: 123.3 grados. Configuración observable desde la noche del 29 de marzo hasta pasada la media noche.

✉ jvaldes@inaoep.mx

Raúl Mújica y Guadalupe Rivera

Las placas astrofotográficas de Tonantzintla a la Memoria del Mundo



El INAOE posee una colección de 15 mil 686 placas astrofotográficas obtenidas con la Cámara Schmidt, el histórico telescopio del Observatorio Astrofísico Nacional de Tonantzintla, en un periodo de más de 50 años. Estas imágenes del cielo son únicas por su importancia científica e histórica. Por esta razón es que el pasado 22 de febrero fueron registradas como parte de la Memoria del Mundo, programa creado por la Unesco para coadyuvar en la preservación y difusión del patrimonio mundial documental.

A los acervos mexicanos que forman parte de este programa, como la Biblioteca Palafoxiana, el Códice Techaloyan de Cuajimalpa, los Códices del Marquesado de Oaxaca, los Fondos del Archivo Histórico del Colegio de Vizcaínas, se suma ahora la Colección de placas astrofotográficas obtenidas con la Cámara Schmidt del Observatorio Astrofísico Nacional de Tonantzintla (OANTON).

Por su número, porque ya no se fabrican y por tratarse de los primeros registros astronómicos de esta posición geográfica, se puede afirmar que esta colección es única en su tipo en el mundo.

HISTORIA

El Observatorio Astrofísico Nacional de Tonantzintla fue fundado en 1942 por Luis Enrique Erro. Joven jurisprudente, político y astrónomo aficionado a la observación de las estrellas variables, Luis Enrique Erro sabía que, en materia científica, México debía dejar atrás la astronomía decimonónica e introducirse de lleno en el complejo y fascinante campo de la astrofísica moderna del siglo XX. Con ese espíritu emprendedor y visionario, fundó el OANTON en Tonantzintla, Puebla, en lo que constituyó el primer esfuerzo de descentralización de la ciencia en México.

El Observatorio fue equipado con el instrumento astronómico más grande y potente de su época, una Cámara Schmidt armada en los talleres de la Universidad de Harvard. Seducidos por el proyecto de Luis Enrique Erro, convergieron en Tonantzintla algunos de los jóvenes físicos, matemáticos, astrónomos y técnicos más talentosos y entusiastas de aquella época: Luis Rivera Terrazas, Carlos Graeff Fernández, Fernando Alba Andrade, Félix Recillas, Guillermo Haro Barraza y Enrique Chavira, entre otros. De especial relevancia resultó la contratación de la astrónoma Paris Pishmish, egresada de Harvard, quien fue la primera maestra de astronomía en México. Gracias a los extraordinarios contactos de Luis Enrique Erro en Estados Unidos, y en especial a su estrecha amistad con Harlow Shapley, los jóvenes científicos realizaron estudios de posgrado en ese país. Todos ellos regresaron a México y contribuyeron al desarrollo científico nacional.

LOS DESCUBRIMIENTOS

Con la cámara Schmidt del OANTON se estudiaron a profundidad vastas regiones del firmamento y se realizaron importantes descubrimientos de objetos celestes, entre los cuales destacan las estrellas ráfaga, las galaxias azules, el cometa Haro-Chavira y los objetos Haro-Herbig. El nombre de Tonantzintla apareció con frecuencia en los catálogos internacionales y se convirtió en referencia obligada para los especialistas. Algunos de los descubrimientos que se hicieron en el Observatorio obtuvieron el reconocimiento internacional y colocaron a México en un lugar destacado de la astronomía mundial.

LAS PLACAS

Las placas de vidrio utilizadas en la Cámara Schmidt de Tonantzintla miden 20.3 por 20.3 centímetros, tienen un milímetro de ancho y eran fabricadas por la Kodak-Eastman, que ya las discontinuó. El área que cubren en el cielo es de cinco grados por cinco grados de arco, lo que equivale a un campo cuadrado cuyos lados midieran 10 lunas llenas. Además de las 15 mil 686 placas de la Cámara Schmidt, se cuenta con una pequeña colección de placas obtenidas con otras cámaras: 2 mil 154 placas obtenidas con la Cámara Ross; 433 placas con la Cámara Brashear; 503 placas de diversas cámaras y 782 placas de Monte Palomar.

Las placas se pueden dividir en dos tipos: las de imagen directa y las que se tomaron con un prisma objetivo. Entre las de imagen directa, 10 mil 445, hay también imágenes directas de tres observaciones en la misma placa, las llamadas de tres colores. Esta técnica fue creada por Guillermo Haro, y consistía en hacer tres exposiciones, en diferentes filtros, sobre la misma placa, sin removerla. En otros observatorios se colocaba la placa, se apuntaba el telescopio y se dejaba que el telescopio avanzara y se daba un tiempo de exposición, se quitaba la placa y se ponía otra y así sucesivamente. Con esto se obtenía una sola imagen por placa. El campo de visión de una placa de la Schmidt es muy grande, por lo que no sólo se registraba un objeto sino muchos en una sola observación. Una variación de esta técnica consiste en exponer una placa seis o más veces, en un solo filtro, principalmente en regiones del cielo con nubes de formación estelar, para identificar estrellas ráfaga mediante la variación de su brillo. En cada placa astrofotográfica hay miles de objetos celestes registrados.

RELEVANCIA

La trascendencia histórica de las placas radica en que contienen los primeros registros de las observaciones del cielo en esta posición geográfica.

Temporalmente sirven aún de comparación para estudios de objetos variables. Sin embargo, lo que hace realmente importante a este acervo es su colección espectral: no existe en ninguna otra parte del mundo una colección espectral tan grande como la de Tonantzintla, donde se muestreó básicamente todo al centro de la galaxia y uno de sus polos.

Sin duda alguna, las placas astrofotográficas tomadas con la Cámara Schmidt hablan no solamente del cielo de Tonantzintla y de Puebla a lo largo de medio siglo. Forman parte de la historia regional y de la historia científica nacional. El Observatorio de Tonantzintla representa el ingreso de México en la ciencia moderna.

Aunque las placas son objetos empleados para efectos de investigación científica, las imágenes plasmadas en ellas son indudablemente de alto valor estético. Asimismo, estas placas de vidrio ya no son fabricadas por la Kodak-Eastman, por lo que su conservación es de vital importancia no sólo para el INAOE sino para México y el mundo.

EL FUTURO

La colección de placas se encuentra en un cuarto con acceso controlado; está debidamente resguardada con humedad y temperatura controladas y solo el personal autorizado tiene acceso a ella. La colección será digitalizada en su totalidad, clasificada, conservada y difundida. La comunidad científica nacional ha comenzado a ver con otros ojos este acervo: sabedores del proyecto de digitalización, los investigadores han mostrado gran interés en explotar científicamente las imágenes de las placas ya que, por sus características y número, pueden contener valiosa información sobre objetos celestes diversos.

El proyecto de digitalización, apoyado por Conacyt arrancó en 2007, y en los últimos años se ha vuelto más ambicioso, ya que también incluye un catálogo digital y se trabaja con herramientas computacionales para clasificar automáticamente los miles y miles de objetos celestes plasmados en ellas: estrellas, galaxias, cometas, nebulosas, etcétera.

Gracias a este proyecto los astrofísicos actuales podrán ver con nuevos ojos las placas fotográficas de Tonantzintla, explotarlas para su trabajo y descubrir en ellas nuevas cosas. Gracias al registro en la Memoria del Mundo, todos los mexicanos veremos también con nuevos ojos este tesoro astronómico. ⁶

más información

www.inaoep.mx

www.memoriadelmundo.org.mx

rmujica@inaoep.mx · grivera@inaoep.mx ✉

agenda



BUAP

Diplomado en Marketing Político Electoral

Inicio de inicio: 6 de marzo 2015.

Modalidad presencial,

15 semanas / 120 horas.

Horario: viernes, de 18 a 21: horas, sábados de 9 a 14 horas

Informes: Tel. 229-5500 ext. 3457 y en

<http://marketingelectoral.wix.com/diplomado>

Diplomado en Gestión Pública y Contabilidad Gubernamental

Inicio: 6 de marzo 2015

Modalidad presencial, 4 módulos / 32 horas teoría y 32 horas práctica.

Horario: viernes de 18:00 a 21:00 horas, sábados de 9:00 a 14:00 horas.

Informes: <http://www.icgde.buap.mx> Tel. 229-5500 ext. 3494

Recepción de documentos: hasta el 7 de marzo de 2015.

Información: Dra. Alicia V. Ramírez Olivares. Coordinadora del doctorado.

Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado, Facultad de Filosofía y Letras (Palafox y Mendoza 227).

Tels. 233 38 21, ext. 104; 5409-118 5435; 232 02 25 (fax).

Correo electrónico: avrami0@yahoo.com

Primer Congreso Internacional

"La Asociación de Catalanistas de América Latina (ACAL)

Del 26 al 28 de agosto del 2015.

Recepción de propuestas: Del 1 de febrero al 30 de abril de 2015

Informes: Facebook: www.facebook.com/icsyh

Primer Premio COFECE

de investigación en competencia económica

Convoca la Comisión Federal de Competencia Económica a los estudiantes de las instituciones de educación superior mexicanas.

Consultar las bases en www.premiocoefece.mx

Fecha límite de registro: 30 de mayo de 2015.

La Escuela de Biología invita al III Curso-Taller

"Cuidado y Manutención de Plantas Exóticas"

Taller 1: Cuidado y manutención de cactáceas.

Taller 2: Orquídeas en condiciones óptimas.

Taller 3: Cultivo de plantas carnívoras.

Del 23 al 25 de marzo, de 10:00 a 14:00 horas.

Fecha límite de inscripción: 19 de marzo.

Informes: 229 55 00, ext. 7074. Correos electrónicos:

maria.navarro@correo.buap.mx riodevida_1922@yahoo.com.mx



Planetario y talleres de Electrónica Recreativa

3 de marzo

Planetario Nómada / María de la Luz Ramírez Patiño / INAOE/

Electrónica Recreativa

(Capítulo Estudiantil IEEE INAOE-Compartir es educar)

Comunidad de Santo Tomás Chautla, Escuela Gregorio de Gante.

5 de marzo

Planetario Nómada / Dr. Agustín Márquez Limón / INAOE/

Electrónica Recreativa

(Capítulo Estudiantil IEEE INAOE-Compartir es educar)

Instituto Inglaterra

Jornada de Ciencias Instituto Francisco Esqueda

Calle 18 norte esquina 16 oriente 1809, La Acocota, Puebla.

Informes 893 69 99

11 de marzo / Taller: **Cántala**

Jaquelina Flores - Aneel Paredes / FCFM, BUAP-INAOE / 8:00-13:00 h

12 de marzo / Taller: **Pirámides**

María de la Luz Ramírez Patiño-Jaquelina Flores / INAOE- FCFM, BUAP

/ 8:00-13:00 h

13 de marzo / Taller: **¿Qué onda con la luz?**

Aneel Paredes y Susana Sánchez Soto / INAOE / 8:00-13:00 h

"GTM y HAWC: dos ventanas al Universo"

Ciclo de talleres y conferencias hacia la inauguración de HAWC.

En Casa de la Magnolia, Cd. Serdán.

13 marzo / Conferencia: **Electricidad sin cables**

Axel Loredo y Alejandro Palma / 17:00 h

14 marzo / Taller: **Electricidad sin cables**

Axel Loredo y Alejandro Palma / (UDLAP) / 11:00 h

Serie de Conferencias: La Luz en el Planetario

Planetario de Puebla

Calzada Ejército de Oriente s/n y Cazadores de Morelia, Zona de los Fuertes, Unidad Cívica 5 de Mayo.

20 marzo

Visión por computadora / Leopoldo Altamirano / INAOE / 18:00 h

Serie de Conferencias XperCiencia:

Año Internacional de la Luz.

Capilla del Arte de la UDLAP / 2 norte # 6, Centro Histórico de Puebla

26 marzo

Optoelectrónica: aprendiendo de la naturaleza

Svetlana Mansurova / INAOE / 17:30 h

Tercera noche de Telescopios

Primaria Josefa Ortiz de Domínguez / San Pablo Xochimehuacán

26 marzo / Velada astronómica / 19:00 h

Con el fin de hacer más progresos,
en particular en el campo
de los rayos cósmicos,
será necesario aplicar todos nuestros recursos
y aparatos simultáneamente
y de lado a lado;
un esfuerzo que aún no se ha hecho,
o al menos, a un sólo medida limitada.

Victor Franz Hess · Físico (1883 – 1964)

Épsilon
Jaime Cid

Baños de Ciencia en la Casa de la Ciencia de Atlixco

Talleres para niños de 7 a 12 años

3 poniente 1102 col. Centro. Atlixco, Puebla

28 de marzo / Taller de Ciencia / 11:00 h

XXI Feria de las Matemáticas

Talleres y conferencias

Complejo deportivo La Carolina, Atlixco, Puebla

20 de marzo. 9:00 – 14:00

www.subaru19.wix.com/feria

Tercer coloquio internacional sobre modelación matemática en medicina y epidemiología

Ex-convento del Carmen, Atlixco / 17 de marzo / 9:00-20:00 h

Actividades por el Año Internacional de la Luz

www.inaiep.mx/luz2015

**La Jornada de Oriente
XXV aniversario**

La Facultad de Economía y La Jornada de Oriente
invitan a la presentación del libro

**APROPIACIÓN DE AGUA, MEDIO
AMBIENTE Y OBESIDAD**
Los impactos del negocio de
bebidas embotelladas en México
coordinado por
Gian Carlo Delgado Ramos

Comentaristas:
Francisco Castillo Montemayor;
Joel Gutiérrez
y Dr. Antonio Cruz López

Martes 10 de marzo,
10:00 horas CEDES.
Facultad de Economía
de la BUAP
Ciudad Universitaria, Pue.