

ESPAÑA PARTICIPA EN LA CONSTITUCIÓN DEL SKAO

En verano de 2018 celebrábamos en este boletín la entrada de España en la *SKA Organisation*, encargada del diseño de este radiointerferómetro que supondrá un antes y un después en la comprensión del universo y las leyes de la física, más allá de la propia radioastronomía: seguramente el proyecto científico más ambicioso de este siglo. Pues bien, 3 años después estamos de nuevo de celebración, ya que el pasado febrero tuvo lugar la primera reunión del Consejo del flamante nuevo Observatorio del SKA (*SKA Observatory*– SKAO), y como resultado del trabajo de nuestro ministerio y comunidad, España fue invitada a participar en dicho Consejo, lo cual nos ha hecho testigos de un hito en la historia reciente de la astronomía.



Lourdes Verdes-Montenegro

lourdes@iaa.es

Julián Garrido

jgarrido@iaa.es

Marcos Villaverde

mva@iaa.es

Julio Gallardo

gallardo@iaa.es

Instituto de Astrofísica de Andalucía (CSIC)

Nuestra presencia fue como país observador si bien, según declaraciones del propio Ministro de Ciencia e Innovación Pedro Duque, con firme intención de “participar, en primera línea, en esta magnífica aventura científica destinada a revolucionar la astronomía y otros campos científicos y tecnológicos”. De hecho, el Ministerio ya ha iniciado el procedimiento para adherirse al *SKA Observatory*.

EL OBSERVATORIO DEL SKA (SKAO)

Este paso de la *SKA Organisation* al *SKA Observatory* abre la puerta al inminente comienzo de la construcción del SKA, dado que el Observatorio es la organización intergubernamental (segunda en el mundo dedicada a la astronomía tras ESO) encargada de su construcción y operaciones. La fase de construcción tendrá una duración estimada de 8 años, que se llevará a cabo por etapas, en cada una de las cuales se desplegará un conjunto de antenas (*Array Assemblies*) para cada telescopio. La implicación de la comunidad científica será progresiva, tanto en las fases de comisionado como de verificación científica. En la Figura 1 se listan los hitos más relevantes.

Recordemos que el SKAO estará constituido por dos radiointerferómetros que se complementarán entre sí (Figura 2) abarcando un amplio rango del espectro de radio. En su primera fase contará con 197 antenas parabólicas de 15 metros de diámetro con una línea de base máxima de 150 km (*SKA-mid*, 350 MHz-15.4 GHz) ubicadas en el desierto del Karoo en Sudáfrica, y más de 131.000 antenas de tipo dipolo de 2 m de altura localizadas en el oeste de Australia agrupadas en 512 estaciones, con separaciones máximas de 65 km (*SKA-low*, 50-350 MHz).

PREPARACIÓN CIENTÍFICA

La combinación de campo de visión, resolución angular, precisión en las medidas de tiempos y sensibilidad del SKAO permitirá abordar problemas científicos de interés para una comunidad española cada vez más amplia. Desde el verano de 2018 la participación de la comunidad nacional en el SKA no ha hecho sino aumentar. Esto se puso de manifiesto en la Reunión Abierta de la RIA celebrada en 2019 denominada “¡España en SKA!”, con más de 80 participantes de 18 centros españoles y 7 instituciones internacionales. Su apertura fue presidida por el entonces Secretario General de Coordinación

Key project milestones		
	SKA-Low	SKA-Mid
Start of construction (T0)	1ST JULY 2021	1ST JULY 2021
Earliest start of major contracts (CD)	AUGUST 2021	AUGUST 2021
Array Assembly 0.5 finish (AA0.5) SKA-Low = 6-station array SKA-Mid = 4-dish array	FEBRUARY 2024	MARCH 2024
Array Assembly 1 finish (AA1) SKA-Low = 18-station array SKA-Mid = 8-dish array	FEBRUARY 2025	FEBRUARY 2025
Array Assembly 2 finish (AA2) SKA-Low = 64-station array SKA-Mid = 64-dish array, baselines mostly <20km	FEBRUARY 2026	DECEMBER 2025
Array Assembly 3 finish (AA3) SKA-Low = 256-station array, including long baselines SKA-Mid = 133-dish array, including long baselines	JANUARY 2027	SEPTEMBER 2026
Array Assembly 4 finish (AA4) SKA-Low = full Low array SKA-Mid = full Mid array, including MeerKAT dishes	NOVEMBER 2027	JUNE 2027
Operations Readiness Review (ORR)	JANUARY 2028	DECEMBER 2027
End of construction	JULY 2029	JULY 2029

Figura 1. Calendario previsto para las distintas etapas en las que se divide la construcción del SKA. Fuente: SKAO Prospectus.

de Política Científica y actual Secretario General de Investigación Rafael Rodrigo. En dicha Reunión se expuso una perspectiva global sobre el SKA y sobre las actividades de nuestra comunidad, y tuvieron lugar 3 sesiones paralelas orientadas a facilitar las colaboraciones multifrecuencia/*multimessenger*, en las áreas *Our Galaxy*, *Planet/Star formation/Our Solar System*, *Extragalactic astronomy* y *Cosmology/Epoch of Reionization*. Actualmente 50 investigadores españoles participan en 12 de los 13 grupos científicos del SKA (*Cosmology*, *Cradle of Life*, *HI Galaxy Science*, *Epoch of Re-ionization*, *Extragalactic Continuum*, *Gravitational Waves*, *Magnetism*, *Our Galaxy*, *Pulsars*, *Transients*, *Extragalactic Spectral Line* y *VLBI*) así como en el *Focus group* de *High Energy Cosmic Particles*.

En el trabajo preparatorio para el SKA es asimismo clave la participación en programas de legado de sus precursores y *pathfinders*, la cual aumenta día a día. En 2018 se inauguró MeerKAT, el precursor sudafricano del SKA, que ya ha proporcionado resultados impresionantes[1,2] debido a su gran campo de visión, así como una exquisita sensibilidad a estructuras extendidas gracias a la distribución de sus antenas. En Australia el precursor ASKAP aporta un campo de visión sin precedentes gracias a los detectores de última generación *Phased Array Feeds*

Figura 2. Imagen en la que se fusiona antenas reales ya instaladas en los dos emplazamientos con representaciones artísticas de las futuras. De izquierda a derecha: Antenas del SKA-mid y del radiotelescopio ya existente MeerKAT en Sudáfrica, y la estación prototipo AAVS2.0 junto con estaciones del SKA-Low en Australia. Crédito: SKAO, ICRAR, SARAO.



(PAFs), habiendo realizado ya su primer cartografiado del 83% del cielo [3]. En ambos hay amplia participación española, tanto en programas de tiempo garantizado como en observaciones en calidad de investigadores principales. A ellos hay que sumar los precursores a bajas frecuencias *Murchison Widefield Array* en Australia y HERA en Sudáfrica.

Participación tecnológica. Toda esta actividad científica ha ido desde un principio acompañada de un interés y trabajo en el área tecnológica por parte de centros de investigación y de la industria, con participación en 8 de los 12 consorcios de diseño establecidos por la *SKA Organisation*. Este año comenzará la licitación los contratos de construcción, que se corresponden con diferentes elementos del *SKA-mid* y *SKA-low*. El compromiso de España de contribuir en la construcción del Observatorio en los próximos 10 años, anunciado por el Ministerio de Ciencia e Innovación [4], se traducirá en contratos para la industria española. Pero desde el final del diseño, el desarrollo tecnológico no se ha interrumpido, pues han tenido lugar una serie de actividades denominadas de *Bridging*, con objeto de completar o consolidar aspectos relevantes para la construcción del Observatorio. Esta etapa, que ha tenido lugar en 2019 y 2020, ha recibido en España apoyo de CDTI con dos proyectos de tipo INNOGLOBAL. Estos han llevado asociados la colaboración entre empresas españolas y centros académicos en dos áreas relevantes del proyecto: por una parte, la distribución de frecuencias, y por otra el apoyo a la Ciencia Abierta mediante la revisión de los metadatos que deberá registrar el telescopio desde el momento de la observación hasta la producción de los datos científicos.

LOS CENTROS REGIONALES DEL SKA

El SKA será el mayor generador de datos públicos del mundo. Su volumen y complejidad harán necesario un cambio radical en la forma en que actualmente realizamos la ciencia. Los datos generados por el SKA serán pre-procesados en dos centros de computación localizados en Sudáfrica y Australia y de ahí se enviarán para su análisis científico a una red interconectada de Centros Regionales (SRC por sus siglas en inglés). Será en estos Centros Regionales, externos al Observatorio, donde se llevarán a cabo las actividades científicas, y para ello deberán dar acceso a los datos, recursos computacionales y herramientas de análisis independientemente de la

ubicación de los usuarios, proporcionándoles asimismo apoyo y formación. Los SRCs constituirán por tanto el núcleo científico del SKA.

En mayo de 2019 se creó el *SRC Steering Committee* (SRCSC), formado por representantes de aquellos países implicados en actividades de desarrollo de SRCs, contando por tanto con la presencia de España. El SKAO y el SRCSC tienen la misión de crear un sistema integral que comprenda desde la solicitud de tiempo de observación hasta el archivo científico, todo ello de forma unificada y transparente. Para ello, el SRCSC ha constituido 6 grupos de trabajo que aglutinan a más de 100 expertos, entre ellos 12 españoles, cubriendo las áreas de arquitectura, logística de los datos, operaciones, federación de la computación y datos, archivo científico, *hardware* e involucración científica.

En España, con el apoyo estratégico del programa Severo Ochoa del IAA-CSIC, se lleva a cabo desde 2018 el desarrollo de un prototipo de SRC, habiéndose desplegado en septiembre del pasado año el primer núcleo de la infraestructura. Dicho prototipo está comprometido con los principios de la Ciencia Abierta, un área en la que España está jugando un papel relevante en el marco del SKA. La Ciencia Abierta forma parte de los principios fundacionales del SKA [5,6] y será un elemento clave en la futura Red global de SRCs. Además de los “indicadores de éxito” al uso en instalaciones científicas, como son la demanda de tiempo de observación y la bibliometría, se añade por primera vez la reproducibilidad de su ciencia.

La evolución de dicho prototipo a un SRC español integrado en la Red global de SRCs, donde se fomente el intercambio de conocimiento, contribuirá a maximizar el retorno científico de la inversión en el SKA, preparando y posicionando a la comunidad española para la explotación de esta infraestructura científica. Los SRCs suponen asimismo una inversión que retorna en un 100 % al país, tanto en infraestructura y servicios, como en capacitación de personal en áreas de impacto social tales como *Big Data*, e-Ciencia, Ciencia Abierta, Ciencia de Datos o Computación Verde.

EL SKA Y LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Además de constituir el núcleo del método científico, la ciencia abierta y reproducible juega un papel clave en la democratización del conocimiento, ace-

El proyecto SKA contribuye con el cumplimiento de 14 de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas para lograr un futuro mejor y más sostenible para 2030

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE



Figura 3. Imagen de los ODS de las Naciones Unidas en que se ha señalado con una estrella aquellos a los que el proyecto SKA contribuye. Imagen adaptada de la web de las Naciones Unidas.

lerando su transferencia a la sociedad, y promoviendo la igualdad y la inclusión. Por ello, tal como ha destacado la UNESCO [7], juega un papel relevante en la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU. Pero el compromiso del SKAO con los ODS (resumido en la Figura 3) es más amplio, y surge de su propia naturaleza multicultural y multinacional.

El SKAO tendrá impacto en cuatro áreas fundamentales: la economía, la sociedad, la sostenibilidad y la cultura. También la igualdad y la diversidad están recogidas en la Convención del SKAO, que compromete a la organización a adherirse a los valores de igualdad, diversidad e inclusión en su directiva y en general en todos los niveles del Observatorio, abarcando el equilibrio de género, la nacionalidad y la representación de grupos tradicionalmente infrarrepresentados.

Se abre por tanto una nueva etapa ilusionante para nuestra comunidad, en puertas de la adhesión de España al Observatorio del SKA. Se trata de una fase crucial de preparación para la explotación de una infraestructura científica de Big Data, con un fuerte compromiso con los ODS, y que nos traerá descubrimientos sin duda emocionantes por inesperados.

REFERENCIAS

1. “MeerKAT radio telescope inaugurated in South Africa – reveals clearest view yet of centre of the Milky Way”. Nota de prensa de SARAO, julio de 2018.
2. “South Africa’s MeerKAT discovers giant radio bubbles at centre of Milky Way”. Nota de prensa de SARAO, septiembre de 2019.
3. “ASKAP’s first all-sky survey opens a new era of Discovery”. Nota de prensa de CSIRO, diciembre de 2020.
4. “España participa en la constitución del nuevo Organismo Internacional SKAO, el mayor observatorio de radioastronomía en el mundo”. Nota de prensa del Ministerio de Ciencia e Innovación, febrero de 2021.
5. “SKA Observatory key document: Construction Proposal”. SKA Observatory, marzo 2020.
6. “SKA Observatory key document: SKA Observatory Establishment and Delivery Plan”. SKA Observatory, marzo de 2021.
7. “Un llamamiento conjunto en pro de la ciencia abierta”. Llamamiento de los Directores Generales de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Alta Comisionada de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos, octubre de 2020.