

Los telescopios más avanzados del mundo en riesgo



Itziar de Gregorio-Monsalvo
Representante de ESO en Chile



Observatorio Europeo Austral (ESO) —

Organización europea para la investigación astronómica en el hemisferio austral



Misión ESO

*Diseñar, construir y operar
telescopios astronómicos
avanzados en tierra*



*Fomentar la colaboración
internacional para la
astronomía*

- Organización intergubernamental líder y más productiva en astronomía desde tierra.
- Fundada en 1962, hoy consta de 16 Estados Miembros europeos.
- Chile es el Estado anfitrión de los actuales telescopios ESO desde 1963.
- Australia es socio estratégico desde 2017.



La Silla (1969+) —El primer observatorio de ESO



ALMA (2013+) —La mayor cooperación internacional en astronomía (ESO, NSF, NINS y Chile)



**Paranal (1999+) —Very Large Telescope (VLT):
El telescopio óptico terrestre más avanzado del mundo**





UT1
Antu

UT2
Kueyen

UT3
Melipal

UT4
Yepun

VISTA

VST

4 Telescopios (UT)

Cada espejo primario:
8,2 m diámetro,
17.5 cm espesor,
peso 23 toneladas

**Edificio de
control**

Telescopios Auxiliares (AT)

4 AT móviles
1.8-m diámetro espejo primario
Interferometría

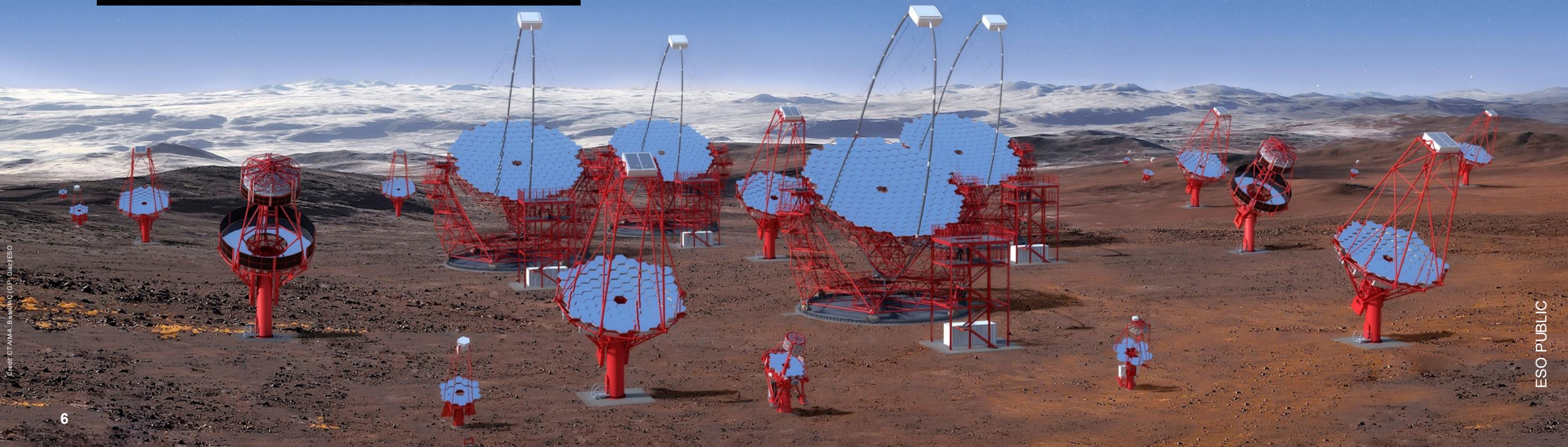
ELT —El mayor telescopio óptico-infrarrojo del mundo

- Espejo primario segmentado de **39,3 metros de diámetro** (798 piezas); Óptica adaptativa.
- Construcción comenzó en 2015. **Primera luz del telescopio en 2029.**
- Inversión total superior a 2.500 MEUR.
- Es el telescopio más potente de la nueva generación, y el más avanzado en su construcción.
- Objetivos científicos múltiples: Detección de vida en planetas en torno a otras estrellas.

Cherenkov Telescope Array Observatory-Sur (CTAO-S)



- CTAO es el primer observatorio de rayos gamma ultra-energéticos, con una parte (CTAO-N) en La Palma y otra (CTAO-S) muy cerca de Paranal.
- El inicio de la construcción de CTAO-S está previsto para este año.

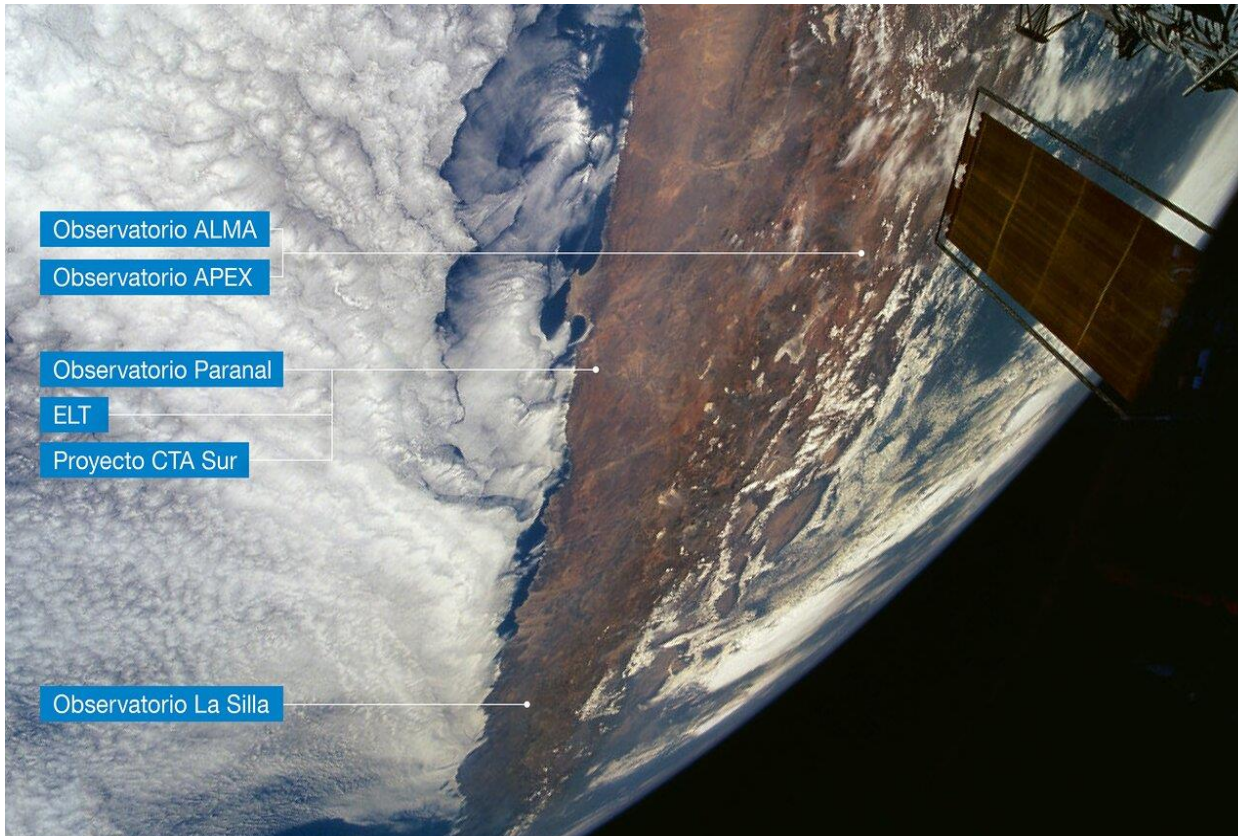


Aportes de ESO a Chile



- **Cooperación** establecida en acuerdo internacional desde 1963. Confianza mutua muy sólida.
- **10% de tiempo garantizado** de observación para Chile, en todos los telescopios de ESO.
 - Junto a colaboraciones con científicos de Estados Miembros de ESO, este acceso ha catapultado el crecimiento exponencial de la astronomía en Chile.
- **Inversión:** Cada año la ESO invierte en Chile unos 75 MEUR (75.000 MCLP), que se incrementarán en los próximos años hasta 100 MEUR (100.000 MCLP).
- **Formación de capital humano más avanzado:** personal técnico en observatorios, programas de entrenamiento que benefician a Chile (pasantías, doctorados, postdoctorados, escuelas internacionales).
 - En ESO (Chile y Alemania) trabajan unos 750 funcionarios (300+450) de 30 nacionalidades.
 - El 25% son chilenos, la mayoría trabajan en las instalaciones en Chile, pero también en la sede central en Alemania.
- **Fondos anuales** (800 MCLP) para el desarrollo de la astronomía en Chile (nacionales y regionales): Astronomía, astro ingeniería, educación, divulgación, astro turismo...
- **Desarrollo de tecnología:** Futuro muy prometedor en *Big Data*, Inteligencia Artificial y desarrollo industrial.

¿Por qué Chile?



Los emplazamientos de los observatorios astronómicos profesionales se eligen en función de:

- Características de la atmósfera
- Cobertura de nubes
- Humedad
- Polvo
- Oscuridad del cielo, contaminación lumínica
- Propiedades del terreno y sismicidad.

Vulcano Llullaillaco
6739 m, 190 km east

Cerro Armazones
ELT

Cherenkov Telescope
Array Site

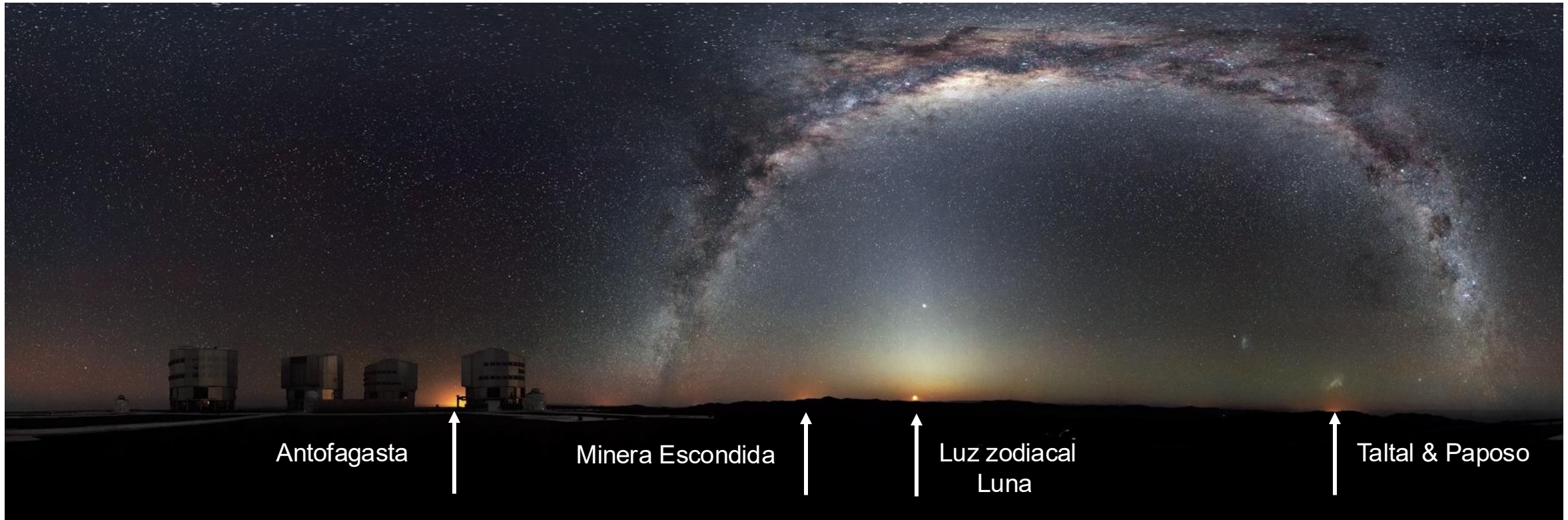
Observatorio Paranal: un polo astronómico único en el mundo

Cerro Paranal

VISTA

Very Large
Telescope

Cielos de Paranal, los más prístinos del planeta



270°
W

0°
N

90°
E

180°
S

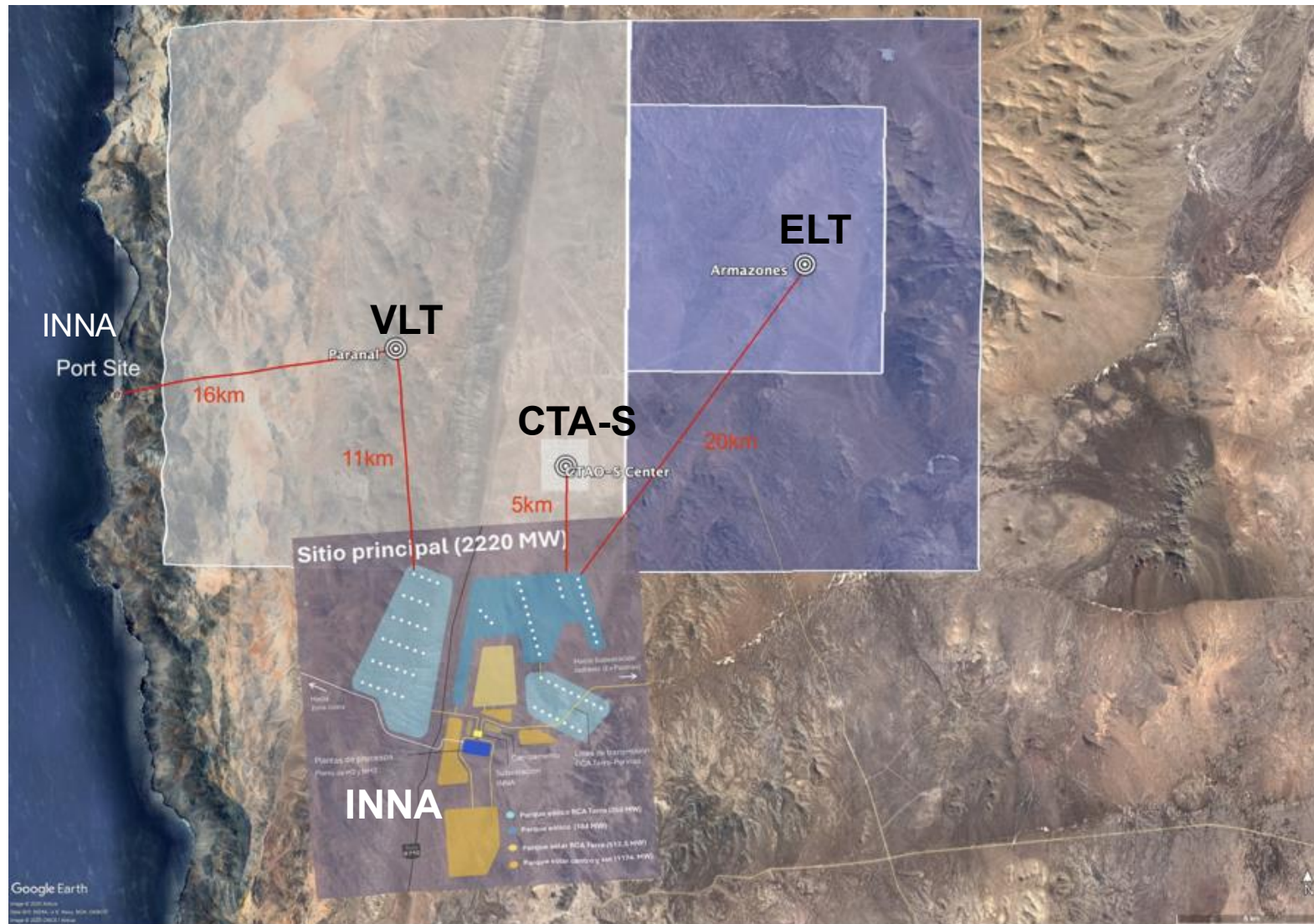
Imagen satelital

- Hoy en día, no hay fuentes de luz significativas dentro de un radio de ~ 50 km alrededor de la propiedad / concesión de Paranal-Armazones
- Número cada vez mayor de proyectos mineros, de líneas eléctricas, fotovoltaicas, de parques eólicos y otros proyectos (industriales)
- Las fuentes de luz más distantes como Antofagasta, Taltal y Escondida han crecido lentamente con el tiempo

Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) Day/Night Band (DNB) – SVDNB data from July 2024



Proyecto INNA de AES Andes



- Parque Eólico
- Planta fotovoltaica
- Desalinizadora
- Planta de producción de H_2 y NH_3
- Puerto industrial
- Atracción de otras industrias

Proyecto enviado a Estudio de Impacto Ambiental a final de 2024

Proyecto INNA de AES-Andes: impactos



- **Contaminación lumínica:** imposibilita la detección de objetos débiles, principal objetivo de telescopios ESO
- **Emisión de polvo:** afectación en espejos e instrumentos, incrementa la contaminación lumínica.
- **Deterioro del perfil atmosférico:** afectación a calidad de la imagen (óptica adaptativa)
- **Vibraciones:** producidas por turbinas eólicas, pone en riesgo observaciones con VLTi y con ELT.



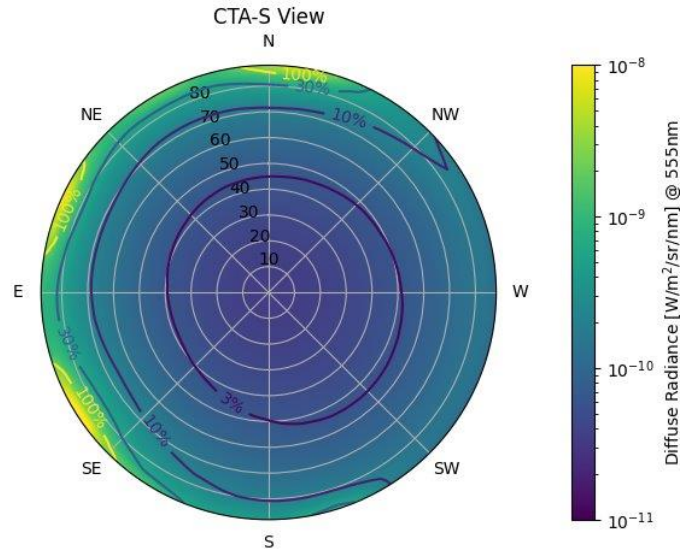
Imagen de planeta con óptica adaptativa (izquierda) y sin óptica adaptativa (derecha)



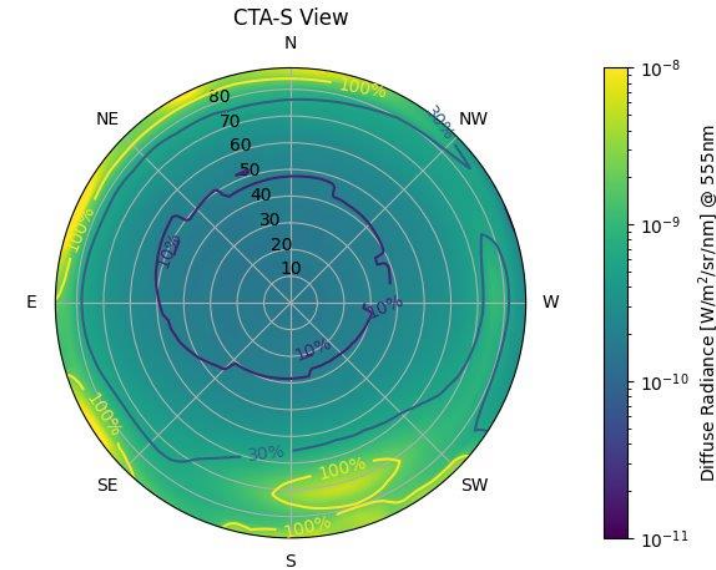
Turbulencia atmosférica creada por parque eólico (Christian Steiness, Horns Rev, Dinamarca).

Contaminación lumínica por proyecto INNA

Brillo actual del cielo en telescopio CTA-S



Brillo actual del cielo en CTA-S con INNA y en presencia de nubes



- Cálculo usando modelos “Illumina” y diseño de iluminación INNA perfecto (e irrealista). Mínimo possible impacto: 35% aumento de brillo del cielo en Paranal y 54% en CTA-S;
- Amplificación en caso de nubes: factor 10 en CTAO-S
- **Mitigación de todos los impactos si INNA se sitúa a 50-100 km de distancia**

Consecuencias del proyecto INNA :

- Pérdida del liderazgo mundial en calidad de cielos. Los cielos de Paranal/Armazones dejarían de ser competitivos para megaproyectos astronómicos.
- Los telescopios VLT/VLTI y ELT perderían su capacidad de observar “como si” estuvieran en el espacio.
- Las vibraciones producidas por las turbina eólicas imposibilitarían observaciones con VLTI e impedirían la estabilidad necesaria para alinear los 800 segmentos del espejo del ELT.
- Disminución de inversión ESO en desarrollo de instrumentación futura.
- Fuga de megaproyectos astronómicos futuros. Pérdidas nacionales y regionales (fondos para desarrollo de la astronomía, 10% de tiempo de observación para científicos chilenos, acuerdos científicos-tecnológicos internacionales, formación del capital humano más avanzado...)
- Futuro de Chile como líder en telescopios astronómicos ópticos en tierra, comprometido

Soluciones:

- Única forma de mitigación, basada en estudios científicos y técnicos: **localización del proyecto** a una distancia ~50 -100 km.
- Necesidad de **actuar rápido**: La continuidad del proceso de evaluación ambiental podría prolongarse por años. Obliga a reevaluar proyectos astronómicos planificados, en construcción, y futuros.
- Necesidad de declaración de **radios de exclusion** donde el impacto de proyectos industriales se mitigue por la distancia a los observatorios.
 - Permitiría que Chile proteja su reputación mundial y su compromiso con la astronomía, así como su liderazgo en calidad de cielos.

Radio de exclusión

- Protección frente a contaminación lumínica, microvibraciones y turbulencia atmosférica.
- Alineamiento con las nuevas recomendaciones de la IAU:
 - Identificar la tasa de aumento de la contaminación lumínica.
 - Reducirla a cero y revertirla
 - Establecer límites máximos de acuerdo a cada observatorio.
- Mínimo de 50 km (o más distancia dependiendo de las características del proyecto).
- Basarse en estudios científicos avalados por las instituciones que operan los telescopios (conocimiento de los límites de sus propias tecnologías).