



Oceanites
MEDIOAMBIENTE E ILUMINACIÓN

03 de febrero de 2022

Asesoría Medioambiental y de Iluminación - Código: 26102021TRD/CL/IQ

IMPACTO LUMÍNICO

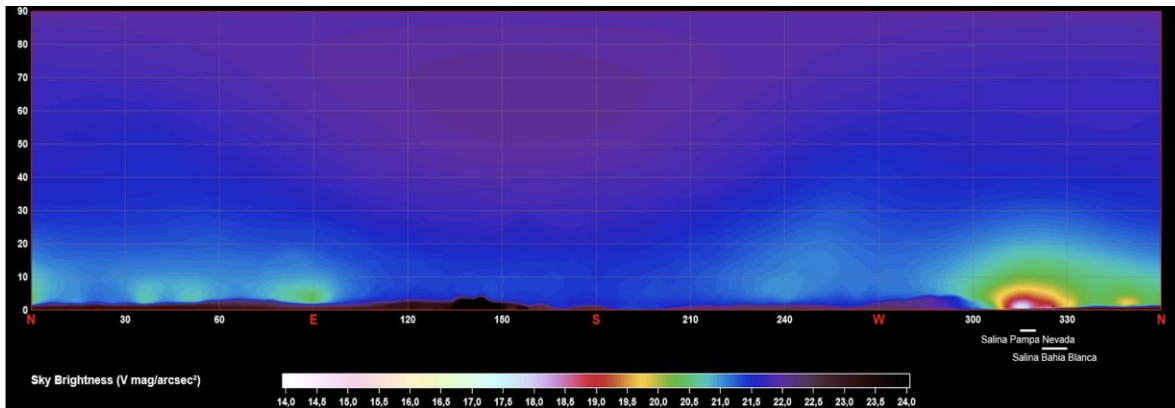
SIMULACIONES COMPLEMENTARIAS

Informe acerca del impacto lumínico de la faena en la zona de interés de avifauna y del impacto diferenciado respecto de Sal Lobos.

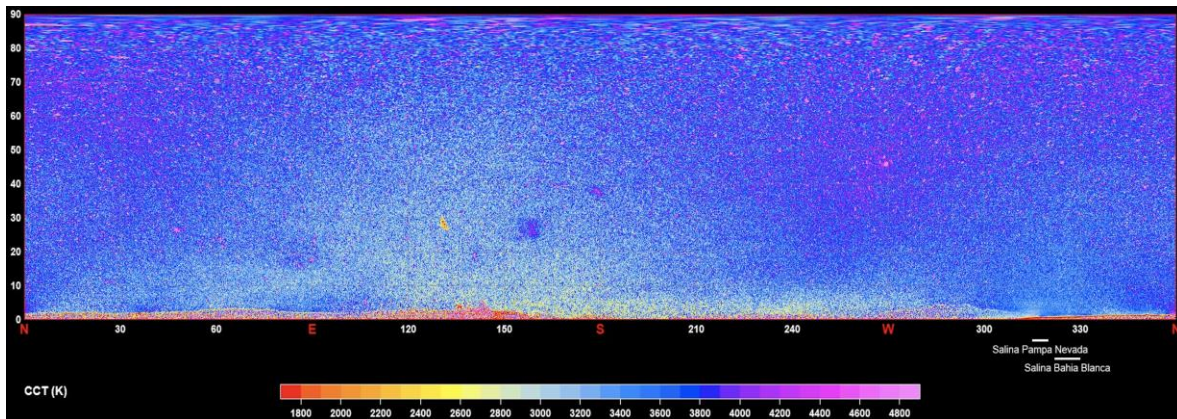
Estimación del efecto lumínico de la faena Tenardita

Se ha realizado un procesamiento de imágenes satelitales, mediciones en tierra y simulaciones del efecto de propagación de la luz en toda la semi esfera superior, desde el denominado Punto 6; área de relevancia de fauna (por la nidificación de Golondrinas de Mar), ubicado al Sur Este de la mina Tenardita, a unos 3 km de la planta. Las predicciones de la reducción de la radiancia promedio del cielo en el principal punto de anidamiento (Punto 6) utilizando los datos de 2020 del satélite meteorológico SUOMI NPP, con la suite VIIRS en la Banda Día - Noche (DNB). Estos datos entregan información de la radiancia medida por el satélite en cada pixel. Además, se utilizaron expresiones analíticas de la Función de Propagación (PSF) para el punto de observación, con el cual se determina un área de influencia con el nuevo diseño lumínico ámbar. Esta PSF considera una visibilidad de 26 km (Parámetro K de Gargstang = 1), la altura del punto 6 y la altura de cada fuente.

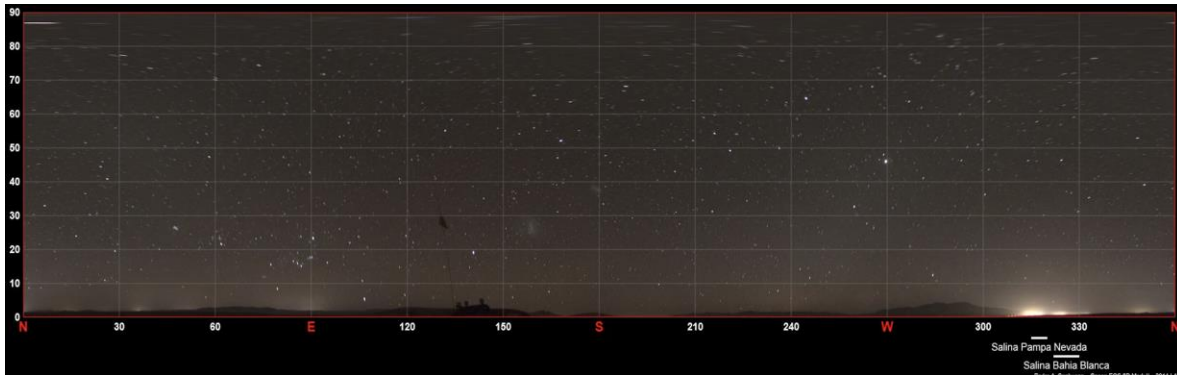
Para efectos de obtener una visual desde el Punto 6 y su efecto en términos del brillo de las faenas mineras de la zona, se realizaron mediciones con cámaras de todo el cielo y se procesaron posteriormente con programas computacionales que transforman el registro en RGB de las imágenes en magnitudes arco segundo al cuadrado, con una escala de colores para representar mejor las iso-magnitudes. Luego se extrapoló la situación al escenario B, con toda la planta apagada y solo la zona de la romana, garita y encarpado encendidas, de acuerdo con el nuevo diseño.



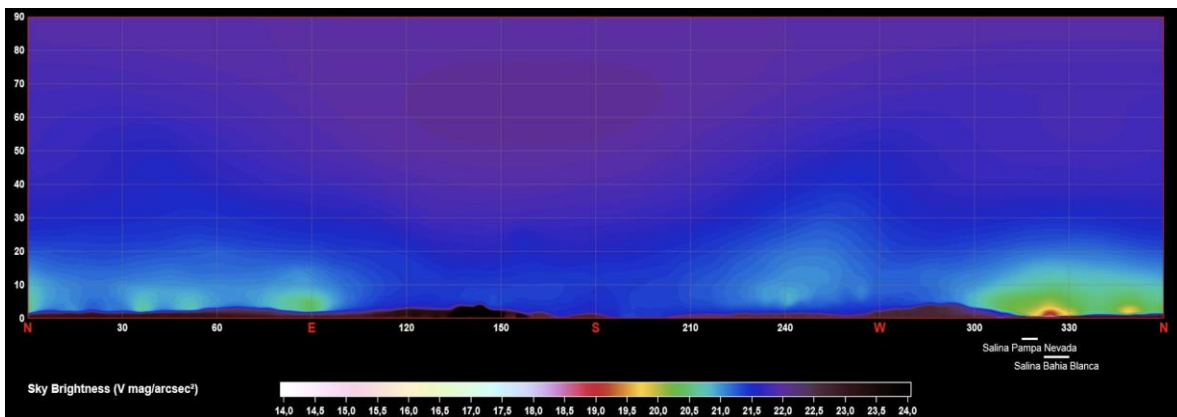
En esta proyección cilíndrica se puede percibir desde el Punto 6 la emisión conjunta de luz desde las minas Tenardita (Salina Pampa Nevada) , Salina Bahía Blanca y probablemente Salina La Isla. La proyección de luz se concentra en torno a las 10 - 20 primeros grados sobre el horizonte.



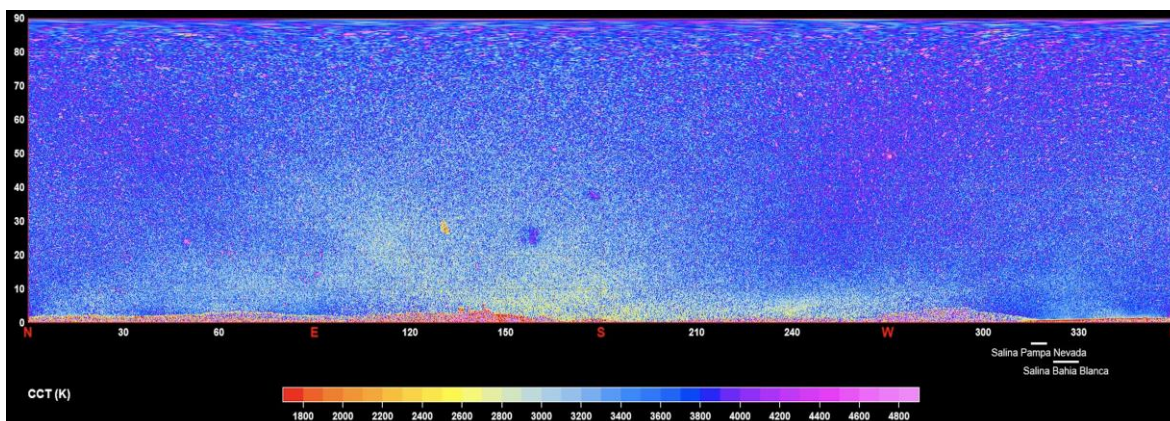
Proyección cilíndrica de la temperatura de color correlacionada (K) del cielo nocturno desde el Punto 6. El cielo hacia el norte y oeste, en ángulos cenitales bajos, presenta valores muy poco afectados por las fuentes artificiales.



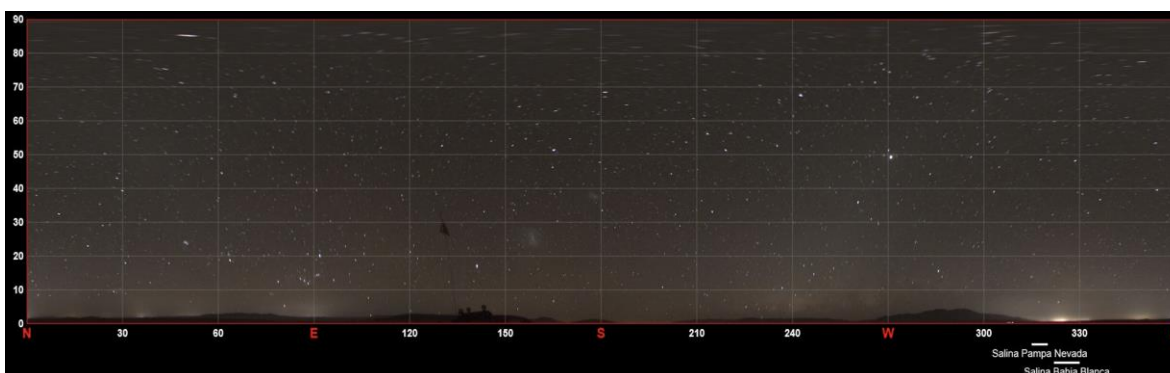
Proyección cilíndrica de la imagen RGB desde el Punto 6, con las variadas fuentes de alumbrado artificial de la zona. En la ubicación noroeste se aprecia el efecto lumínico de la mina Tenardita y a su costado, el efecto lumínico integrado de la mina Sal Lobos (Salina Bahía Blanca). Son las fuentes predominantes en la zona desde el Punto 6. Otros aportes de menor magnitud se perciben hacia el este, noreste y sureste.



Procesamiento de Imágenes y simulación con la Mina Tenardita (Salina Pampa Nevada) apagada, hacia el noroeste. Se mantiene inalterada la iluminación de la Salina Bahía Blanca, que pertenece a otra empresa.



Proyección cilíndrica de la simulación de la planta Tenardita con toda su iluminación exterior apagada, salvo la zona de la Caseta Romana, Romana y Control Pesaje, Caseta Guardias y la Plataforma de Encarpado al 10% del flujo lumínico según diseño fotométrico, visto desde el Punto 6. La mina Tenardita virtualmente desaparece del mapa de proyección lumínica, quedando solo las emisiones de la Salina Bahía Blanca.



Proyección cilíndrica de la temperatura de color del cielo nocturno en la condición señalada, arriba y abajo, imagen RGB de la misma simulación.

Modelado satelital de la contaminación lumínica en el sector de anidamiento

Utilizando diversos modelos propuestos se obtuvo un conjunto de indicadores de la radiancia promedio del cielo en el principal sitio de anidamiento, identificado como Punto 6 en la consultoría ambiental y luminotécnica. Dicho modelo se aplicó tanto para la situación actual como para las diversas propuestas de iluminación que diseñó la consultoría ambiental y luminotécnica. Cabe señalar que se utilizaron las imágenes de todo el cielo previamente descritas en este documento y la simulación del efecto de disminución del brillo del cielo, como complemento al modelado satelital.

Descripción del modelo

El brillo artificial del cielo nocturno ($B(r)$) en un punto determinado (r) se puede expresar cómo la suma ponderada de las emisiones de luz $L(r')$ en todos los puntos r' del territorio circundante. En forma matemática, esto se puede expresar como:

$$B(r) = \sum_{r'} K(r, r') L(r') d2r'$$

Donde $K(r, r')$ es la función de propagación de la contaminación lumínica o PSF. Tanto $L(r')$ como $K(r, r')$ pueden ser aproximadas por expresiones matriciales discretas (L_{ij} y K_{ij} respectivamente):

$$B(r) = \sum_i \sum_j K_{ij} L_{ij}$$

La matriz K_{ij} puede modelarse, mientras que la matriz L_{ij} puede ser obtenida de datos satelitales. La matriz producto de ambas, $K_{ij} L_{ij}$ permite obtener, para cada coordenada (i, j) la contribución al indicador de contaminación $B(r)$.

Dependiendo de la PSF utilizada, $B(r)$ puede entregar valores representativos de diversos indicadores (Radiancia cenital, radiancia promedio del cielo, irradiancia en el horizonte y otros). Estos valores de $B(r)$ deben entenderse expresados en unidades no-calibradas. La calibración para obtener estos números en unidades conocidas es compleja, implica seguimiento por largo tiempo con cámaras calibradas del brillo del cielo y fotómetros del tipo SQM y es un proceso que escapa del objetivo de este reporte. La comparación directa de los valores de $B(r)$ en unidades no-calibradas para los diferentes casos estudiados es un método eficaz para analizar cambios en el brillo artificial del cielo.

Datos

Se utilizó una expresión de la función de propagación (K_{ij} para la radiancia artificial promedio del cielo que considera un parámetro de visibilidad de 26 Km (Garstang $K'=1$) y que tiene en cuenta la altura tanto del punto de observación (r) como de la posición de las fuentes luminosas (r'). Estas alturas fueron obtenidas del modelo digital de elevación obtenido de la misión topográfica Shuttle Radar (SRTM)

Los datos de las fuentes luminosas (matriz L_{ij}) fueron obtenidos de la banda DNB del instrumento VIIRS, a bordo del satélite Suomi-NPP. En particular, se utilizaron las composiciones anuales de 2020 publicadas por el Earth Observation Group del Colorado Group of Mines.

Metodología

El modelo descrito fue utilizado para obtener indicadores de la radiancia promedio en el cielo del Punto 6 en cuatro casos distintos:

Caso A: Situación actual

Caso B: Con la nueva propuesta de luminarias al 10% y encendida solo en la zona de encarpado y romana

Caso C: Con la nueva propuesta de luminarias al 10% y encendida en toda la planta

Caso D: Con la nueva propuesta de luminarias al 100% y encendida en toda la planta

Para el Caso A, se utilizaron los datos satelitales directamente. Para los casos B, C y D, los píxeles correspondientes a Tenardita fueron atenuados de acuerdo a la reducción en la cantidad de lúmenes respecto a la situación actual. Los factores de esta atenuación pueden revisarse en la Tabla 1:

Caso	% de lúmenes respecto a caso A
Caso A	100%
Caso B	0.12%
Caso C	2.0%
Caso D	20%

Tabla 1: Porcentaje de lúmenes de cada caso respecto a la situación actual

Resultados

Para cada uno de los casos se calculó el aporte a la radiancia promedio del cielo en el Punto 6 de tres componentes distintos: Luces provenientes de Tenardita, luces provenientes de Salina Bahía Blanca y luces provenientes de otras fuentes.

Los resultados, resumidos en la Tabla 2, indican que en la actualidad la mina Tenardita es responsable de más del 55% de la contaminación lumínica en el Punto 6. Se estima, además, que, en caso de adoptar la propuesta de nuevas luminarias, funcionando al 10% en toda la planta, Tenardita aportaría menos de un 3% a la radiancia artificial del cielo en el Punto 6 para ese caso. La Figura 1 muestra los mismos resultados gráficamente.

Caso/Contribución	Mina Tenardita	Salina Bahía Blanca	Otras fuentes
Caso A	55.68	20.92	23.40
Caso B	0.15	47.15	52.70
Caso C	2.45	46.05	51.50
Caso D	20.08	37.72	42.20

Tabla 2: Para cada caso se integró la radiancia artificial promedio del cielo en el Punto 6 y se calculó el aporte porcentual de cada zona (Mina Tenardita, Salina Bahía Blanca y Otras fuentes) a este valor. Dado que para los casos B, C y D la radiancia artificial promedio del cielo disminuye respecto a la situación actual, y que las zonas Sal Lobos y Otras fuentes no modifican su aporte absoluto, el aporte porcentual de estas zonas aumenta.

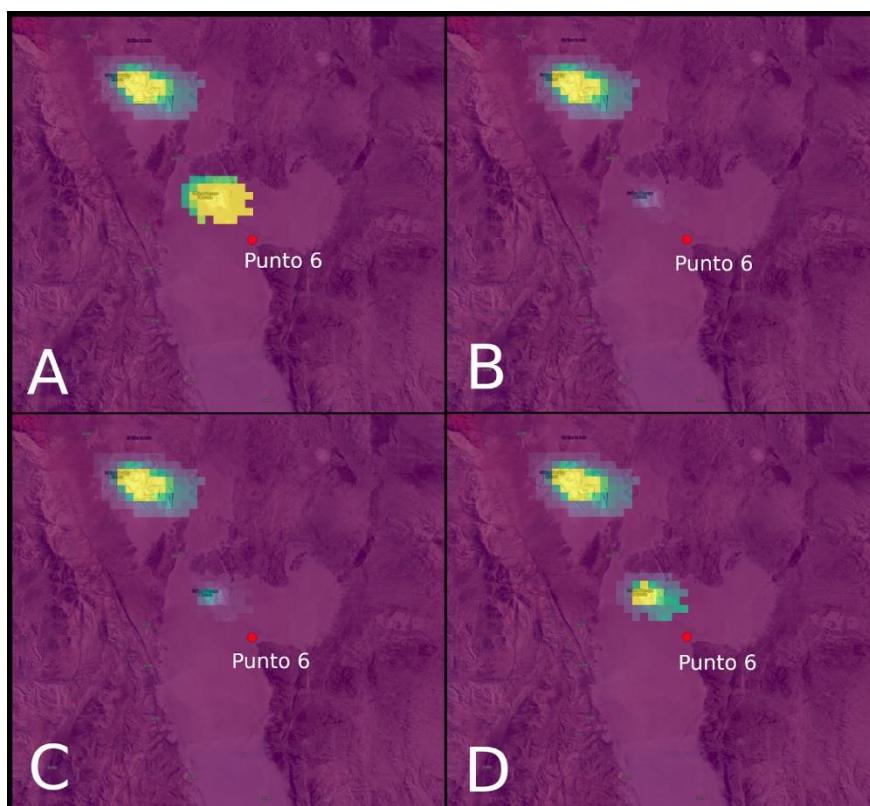


Figura 1. El valor de cada pixel representa el aporte de ese punto a la radiancia promedio del cielo en el Punto 6.

Contaminación lumínica en la zona circundante

Con el fin de tener una idea del área de influencia de la contaminación lumínica de la Mina Tenardita, se realizaron los mismos cálculos hechos para el Punto 6 en todos los píxeles cercanos. De esta manera fue posible construir una imagen (raster) en la que el valor de cada pixel corresponde al valor de $B(r)$ para esa coordenada en particular (fig. 2). Aunque los valores de $B(r)$ no están calibrados para representar unidades conocidas de radiancia, se utilizaron las mismas unidades para cada caso analizado. De este modo, un mismo color en cualquiera de los 4 casos en la Fig. 2, indica el mismo nivel de radiancia artificial promedio del cielo. Igualmente, las curvas de nivel con el mismo valor en los distintos casos representan también el mismo nivel de contaminación lumínica.

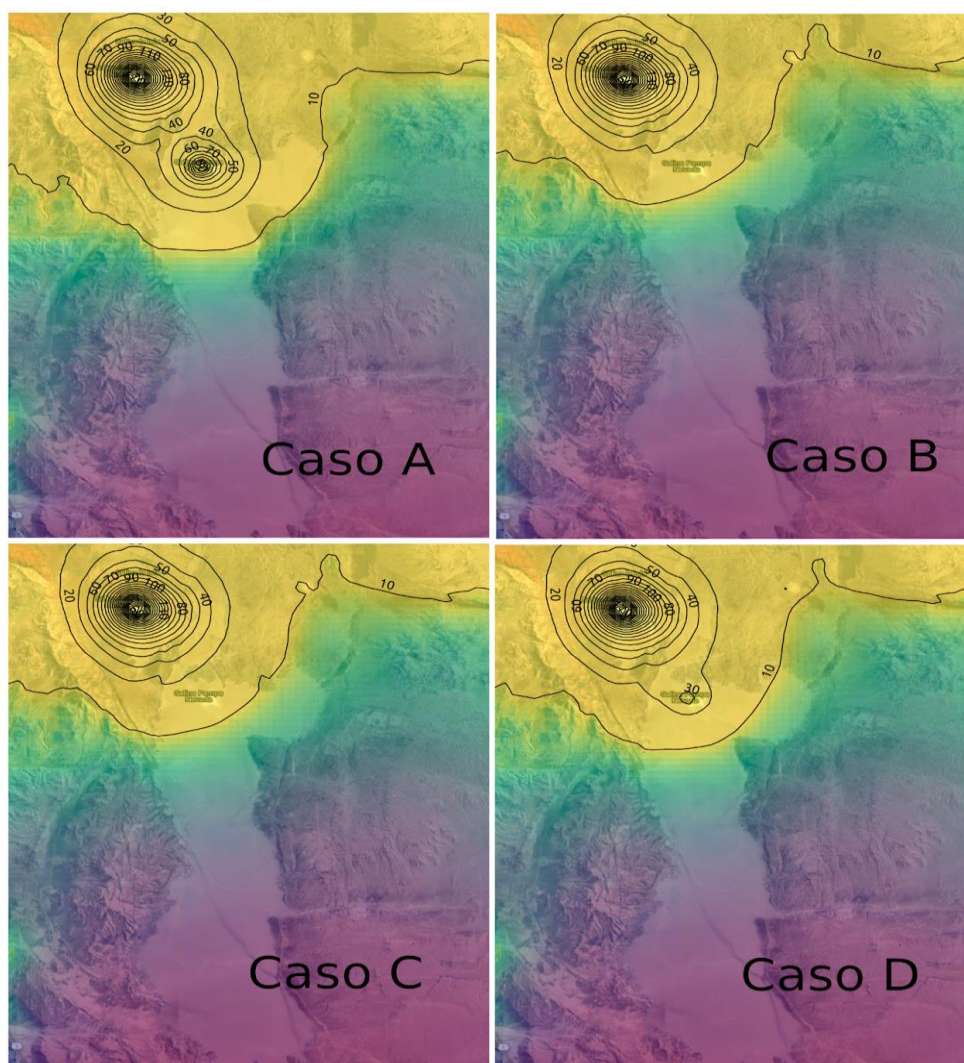


Figura 2: El valor de cada píxel es proporcional a la radiancia artificial promedio del cielo en esa coordenada. Se puede observar cómo las curvas de nivel se retraen hacia el norte en los casos calculados con las luminarias propuestas (B, C y D)

Al analizar los cálculos realizados, se puede concluir que existe coincidencia entre las distintas metodologías, pudiendo comprobarse que la mina Tenardita disminuye su drásticamente aporte lumínico contaminante en el entorno del Salar Grande. Desde el punto 6, incluso no es detectable a simple vista el escenario B y muy poco el C, dado que la faena de Sal Lobos pasa a ser por lejos la mayor fuente contaminante del sector.