

CRITERIO DE EVALUACIÓN EN EL SEIA:

Criterios para determinar la susceptibilidad de **afectar**
áreas astronómicas



VIGENTE

CRITERIO DE EVALUACIÓN EN EL SEIA: CRITERIOS PARA DETERMINAR LA SUSCEPTIBILIDAD DE AFECTAR ÁREAS ASTRONÓMICAS

Autor: Servicio de Evaluación Ambiental

Primera Edición

Santiago, mayo de 2024

Diseño y diagramación: Servicio de Evaluación Ambiental

Fotografía de portada: ESO/Y. Beletsky, www.eso.org

Fotografías de interior: Fotografías de ESO; G. Hüdepohl, H. Heyer, Iztok Bončina, J.L. Dauvergne & G. Hüdepohl, Horálek, Brunier.

Como citar este documento: Servicio de Evaluación Ambiental, 2024. Criterio de evaluación en el SEIA: criterios para determinar la susceptibilidad de afectar áreas astronómicas. Primera edición.

Si desea presentar alguna consulta, comentario o sugerencia respecto del documento, por favor, escribir al siguiente correo comentarios.documentos@sea.gob.cl

ÍNDICE

PRESENTACIÓN	5
RESUMEN	6
1. ÁREAS CON VALOR PARA LA OBSERVACIÓN ASTRONÓMICA CON FINES DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA.	7
2. EVALUACIÓN DEL CONTAMINANTE LUMINOSIDAD ARTIFICIAL EN EL SEIA	10
2.1 Normativa ambiental aplicable	10
2.2 Luminosidad artificial como factor generador de impacto ambiental	11
2.3 Objeto de protección de las áreas astronómicas y análisis de la susceptibilidad de afectación	12
3. CRITERIOS PARA DETERMINAR EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO DE ACUERDO CON SUS EMISIONES DE LUMINOSIDAD ARTIFICIAL.	14
4. CRITERIOS PARA DETERMINAR SI UN PROYECTO PRESENTA LOS EFECTOS, CARACTERÍSTICAS O CIRCUNSTANCIAS DESCRITAS EN EL ARTÍCULO 11 LETRA D) DE LA LEY N°19.300	18
5. ANTECEDENTES MÍNIMOS A PRESENTAR EN EL CAPÍTULO DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	24
BIBLIOGRAFÍA	26
ANEXO.....	27



PRESENTACIÓN

La Ley N°21.162, de 2019, del Ministerio del Medio Ambiente, modifica la Ley N°19.300, Sobre Bases Generales del Medio Ambiente, para “exigir la elaboración de un estudio de impacto ambiental en los proyectos que puedan generar contaminación lumínica en las zonas que indica”, incorporando como contaminante, en la letra d) del artículo 2°, la “**luminosidad artificial**”, e introduciendo, en la letra d) del artículo 11, las “**áreas con valor para la observación astronómica con fines de investigación científica**”.

De manera posterior, en junio de 2023, se publica el Decreto Supremo N°2 del Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, que declara **áreas con valor científico y de investigación para la observación astronómica**, decretando 29 comunas del norte de Chile con esta clasificación. Así, frente a las necesidades identificadas, es que el presente documento establece criterios para determinar la susceptibilidad de afectación conforme a lo indicado en el artículo 11 letra d) de la Ley N°19.300, análisis que se realiza según las disposiciones del artículo 8° del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (RSEIA).

Lo anterior permitirá establecer cuándo las emisiones de luminosidad artificial de un proyecto son significativas, por ende, susceptibles de afectar **áreas con valor científico y de investigación para la observación astronómica** debiendo presentar el proyecto al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) como un **Estudio de Impacto Ambiental**.

Cabe señalar que esta publicación se desarrolla en el marco de las atribuciones que tiene el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), expresadas en el artículo 81, letra d), de la Ley N°19.300, en torno a uniformar criterios, requisitos, condiciones, antecedentes, certificados, trámites, exigencias técnicas, y procedimientos de carácter ambiental que establezcan los ministerios y demás organismos del Estado competentes, en particular, respecto al procedimiento de evaluación de impacto ambiental, a través de guías y otros instrumentos.

Esta elaboración responde a las necesidades identificadas por el SEA y los Órganos de la Administración del Estado con Competencia Ambiental (Oaeca), en donde, a partir de una propuesta inicial, se dio curso a un trabajo colaborativo entre la Dirección Ejecutiva del SEA y el Departamento de Ruido, Lumínica y Olores del Ministerio del Medio Ambiente.

Posteriormente, esta propuesta fue sometida a la revisión y observación de las Direcciones Regionales del SEA, de la División Jurídica y de la Superintendencia del Medio Ambiente, a quienes se agradece su valiosa colaboración.

RESUMEN

El objetivo del presente documento es establecer los criterios para determinar cuándo las emisiones de luminosidad artificial emitidas por las partes, obras o acciones de un proyecto o actividad sometida al SEIA pueden ser susceptibles de afectar a las **áreas con valor para la observación astronómica con fines de investigación científica** (en adelante y de manera indistinta, áreas astronómicas), de acuerdo a lo establecido en el artículo 11 letra d) de la Ley N°19.300, debiendo presentar un Estudio de Impacto Ambiental.

Adicionalmente, esta publicación incluye criterios para definir el **área de influencia de las emisiones de luminosidad artificial**; define el **objeto de protección de las áreas astronómicas**, y establece los **antecedentes mínimos a presentar** en una Declaración de impacto Ambiental (DIA) o un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), respecto de las emisiones de luz artificial del proyecto, a modo de uniformar y parametrizar esta información.

El alcance de este documento es determinar la susceptibilidad de afectar áreas astronómicas, dejando fuera de esta publicación la posible afectación que las emisiones de luminosidad artificial puedan generar sobre la biodiversidad y salud de la población, siendo responsabilidad del titular identificar todos los posibles impactos que puedan generar las emisiones de un proyecto o actividad.



1. ÁREAS CON VALOR PARA LA OBSERVACIÓN ASTRONÓMICA CON FINES DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Las **áreas astronómicas** constituyen uno de los elementos primordiales para la investigación científica de los cielos nocturnos. Chile es conocido por la calidad de sus cielos oscuros, los que, al encontrarse en sitios con condiciones únicas, se mantienen despejados y estables. Por estos atributos, los observatorios más grandes del mundo se han construido y siguen construyéndose en Chile, consolidándose nuestro país como un laboratorio natural de interés global.

Pese al desarrollo actual y futuro de las áreas astronómicas existe una amenaza latente: las emisiones de **luminosidad artificial**. Estas son definidas como toda luz que proviene de los alumbrados exteriores, empleados en áreas públicas, instalaciones mineras, de infraestructura, energéticas, industriales, obras de transporte, recintos deportivos, instalaciones publicitarias, entre otras. Estas instalaciones, bajo ciertas condiciones de emisión, que dependen de parámetros como la distribución espacial de la luz, los niveles de iluminación, su composición espectral o color, tienen el potencial de aumentar el brillo natural del cielo, lo que se conoce como contaminación lumínica¹.

.....

La **contaminación lumínica** se genera cuando la luz no es eficientemente dirigida para iluminar el suelo o las construcciones, sino que se dispersa hacia el cielo, afectando la posibilidad de ver las estrellas y el cielo nocturno, siendo uno de los principales factores que amenazan la **calidad de los cielos nocturnos de las áreas astronómicas**.

.....

1 Tercer Informe del Estado del Medio Ambiente 2020. MMA.

Para la observación del cielo en las áreas astronómicas se requieren condiciones excepcionales de oscuridad, entre otras variables. Por tal razón, internacionalmente se determinó que el brillo natural del cielo se encuentra en **22 mag/arcsec²** (Falchi *et al.*, 2016). Por su parte, la Unión Astronómica Internacional (UAI) considera que un cielo contaminado para fines de observación astronómica se entenderá como aquel, en que su brillo tiene un valor de un 10% sobre el brillo natural en un ángulo de 45°, lo que corresponde a un valor² de 21,5 mag/arcsec². En la práctica, una mayor magnitud significa mayor oscuridad del cielo (Hänel *et al.*, 2017) y, por lo tanto, mejores condiciones para el desarrollo de la astronomía.

Por otra parte, de acuerdo con lo indicado en la Ley N°21.105, de 2018, del Ministerio de Educación, que crea el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (en adelante Ministerio de Ciencia), es de competencia de este último establecer aquellas áreas que cuenten con valor científico y de investigación para la observación astronómica.

En atención a lo anterior, el Ministerio de Ciencia convocó a una Comisión Asesora Ministerial³ compuesta por especialistas y representantes de la ciencia astronómica nacional, quienes se encargaron de identificar **sitios astronómicos**⁴ ubicados en nuestro país y determinar, sobre la base de una serie de atributos (condiciones ambientales, infraestructura, publicaciones, entre otros), aquellos sitios que presentan valor para la observación astronómica con fines de investigación científica.

A partir de dicho análisis, la Comisión propuso un listado de comunas ubicadas en las regiones de Antofagasta, Atacama y Coquimbo, las que, posteriormente y mediante Decreto Supremo N°2, de 2023, fueron declaradas⁵ **“áreas con valor científico y de investigación para la observación astronómica”**.

La Tabla 1 presenta las 29 comunas declaradas como áreas astronómicas, lo que se complementa con el Anexo del presente documento, donde se listan los sitios astronómicos que dan origen a estas áreas. Es necesario destacar que las comunas individualizadas comprenden la totalidad de sus territorios. Además, estas pueden consultarse en los mapas interactivos del SEA, que muestran la localización representativa de los proyectos o actividades sometidos a evaluación ambiental y se encuentran disponibles en el sitio web oficial del SEA (www.sea.gob.cl).

² Este valor corresponde a la referencia de *United Nations Office for Outer Space Affairs, International Astronomical Union, Instituto de Astrofísica de Canarias, NOIRLab*, (2020). *Dark and Quiet Skies for Science and Society, Report and recommendations*. Es importante señalar que la escala de magnitudes proviene de un sistema ideado para clasificar el brillo de las estrellas, siendo inicialmente una categorización donde las estrellas más brillantes tienen el número 1 y las estrellas más débiles, magnitudes mayores.

³ Decreto Supremo N°16, del 7 de septiembre de 2020, que Crea la Comisión Asesora Ministerial para la Elaboración de la Propuesta de Áreas con Valor Científico y de Investigación para la Observación Astronómica.

⁴ En el Anexo de este documento se presentan los 11 sitios astronómicos que fueron considerados para establecer las áreas astronómicas, junto con sus respectivas coordenadas.

⁵ Decreto Supremo N°2, de 2023, del Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación; publicado en el Diario Oficial el 27 de junio de 2023.

Tabla 1. Comunas declaradas áreas astronómicas

REGIÓN DE ANTOFAGASTA	REGIÓN DE ATACAMA	REGIÓN DE COQUIMBO
Antofagasta	Alto del Carmen	Andacollo
Calama	Caldera	Canela
María Elena	Copiapó	Combarbalá
Mejillones	Freirina	Coquimbo
Ollagüe	Huasco	Illapel
San Pedro de Atacama	Tierra Amarilla	La Higuera
Sierra Gorda	Vallenar	La Serena
Taltal		Monte Patria
		Ovalle
		Paihuano
		Punitaqui
		Río Hurtado
		Salamanca
		Vicuña

Fuente: elaboración propia

2. EVALUACIÓN DEL CONTAMINANTE LUMINOSIDAD ARTIFICIAL EN EL SEIA

2.1 Normativa ambiental aplicable

La norma de emisión vigente sobre contaminación lumínica que debe ser considerada para los proyectos que ingresan al SEIA es el Decreto Supremo N°1, de 2022, del Ministerio del Medio Ambiente, el cual fue publicado el 18 de octubre de 2023 en el Diario Oficial.

Dicha normativa es de alcance nacional y tiene como objetivo *“controlar las emisiones provenientes del alumbrado de exteriores, de manera de prevenir la contaminación por luminosidad artificial, protegiendo la calidad astronómica de los cielos nocturnos...”*, particularmente en las Áreas de Protección Especial (APE)⁶.

Cabe mencionar que de acuerdo con lo establecido en el artículo 20 Título V Vigencia del mencionado decreto, se establece que la entrada en vigor del mismo será una vez transcurridos doce (12) meses desde su publicación en el Diario Oficial; sin embargo, **para efecto de aquellos proyectos que ingresen al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, su vigencia será a partir de la fecha de publicación del decreto**, es decir, a partir del 18 de octubre de 2023, quedando los proyectos ingresados, desde dicha fecha, sujetos a las disposiciones contenidas en la norma.

Dado lo anterior, esta norma forma parte de la normativa ambiental aplicable, por lo tanto, los titulares de proyectos que ingresan a calificación ambiental en el SEIA deben presentar, cuando corresponda, todos aquellos antecedentes que acrediten su pleno cumplimiento. Por otra parte, el cumplimiento de la norma citada no excluye el análisis de susceptibilidad que las emisiones de luminosidad artificial podrían provocar sobre distintos componentes ambientales objetos de protección.

⁶ Las áreas astronómicas son Áreas de Protección Especial (APE) y se encuentran enunciadas en la letra k) del artículo 3°, del Decreto Supremo N°1, del 2022, del Ministerio del Medio Ambiente.

2.2 Luminosidad artificial como factor generador de impacto ambiental

Para identificar los posibles impactos de cualquier proyecto o actividad es necesario tener claro aquellos factores que son capaces de causarlos. En este sentido, los factores generadores de impactos ambientales son aquellos elementos del proyecto o actividad, tales como partes, obras o acciones, en consideración a su localización y temporalidad, así como sus emisiones, efluentes, residuos, entre otros, según correspondan; y que por sí mismos generan una alteración al medio ambiente y que son identificables dentro del capítulo de descripción de proyecto presentado en la DIA o EIA.

A continuación, la Tabla 2 ejemplifica la forma de identificar el impacto asociado al contaminante **luminosidad artificial** para efectos de la alteración que se puede producir sobre la calidad de los cielos nocturnos para la observación astronómica⁷:

Tabla 2. Identificación de impactos ambientales asociados a luminosidad artificial

FACTOR GENERADOR DE IMPACTO AMBIENTAL	POTENCIAL IMPACTO AMBIENTAL	ATRIBUTO DEL OBJETO DE PROTECCIÓN
Emisiones de luminosidad artificial	Alteración de la "calidad de los cielos nocturnos para la observación astronómica"	Brillo del cielo nocturno

Fuente: elaboración propia

De la Tabla anterior se puede extraer el objeto de protección de las áreas astronómicas, sin embargo, este concepto se desarrolla detalladamente en el siguiente subtítulo.

⁷ Recordemos que este documento técnico tiene como alcance determinar la susceptibilidad de afectar áreas astronómicas, dejando fuera la posible afectación sobre **biodiversidad y salud de la población**. Es responsabilidad del titular identificar todos los posibles impactos que puedan generar sus emisiones de luminosidad artificial.

2.3 Objeto de protección de las áreas astronómicas y análisis de la susceptibilidad de afectación

El Decreto Supremo⁸ N°2/2023 estableció **29 comunas** del país como áreas astronómicas, las que se encuentran en las regiones de Antofagasta, Atacama y Coquimbo (Tabla 1). Los criterios utilizados para la definición de dichas zonas se basaron en las condiciones geográficas y atmosféricas, la infraestructura para la observación astronómica, la producción científica, el impacto en la comunidad científica nacional, el potencial científico futuro, entre otros.

Este Decreto, específicamente, en su considerando 11, establece que: “[...] la metodología utilizada en este acto en particular, es apropiada en relación con su **objeto de protección, esto es, la calidad de los cielos nocturnos para la observación astronómica**, resguardando, además, una gestión, coordinación, y fiscalización integral de un área previa y claramente determinada” (énfasis agregado), por lo que para efectos de determinar la susceptibilidad de afectación sobre las áreas astronómicas, el objeto de protección ambiental que se persigue resguardar, tal como se identificó en la Tabla 2, es la **calidad de los cielos nocturnos para la observación astronómica**.

Ahora bien, el artículo 11 letra d) de la Ley N°19.300 dispone que “los proyectos o actividades enumerados en el artículo precedente requerirán la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental, si generan o presentan a lo menos uno de los siguientes efectos, características o circunstancias: (...) d) **Localización en o próxima a poblaciones, recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales protegidos y glaciares y áreas con valor para la observación astronómica**, susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar” (énfasis agregado).

De esta manera, para efectos del presente documento técnico, se entenderá que las **áreas con valor para la observación astronómica**, en atención a lo que se describe en el artículo 11 letra d) de la Ley N°19.300, deberán analizarse respecto de las disposiciones que se establezcan en el artículo 8° del RSEIA.

Al respecto, en el inciso segundo del artículo 8° del RSEIA se indica que “se entenderá que el proyecto o actividad se **localiza en o próxima a población, recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales protegidos, glaciares o a un territorio con valor ambiental, cuando éstas se encuentren en el área de influencia del proyecto o actividad**” (énfasis agregado).

⁸ Decreto Supremo N°2/2023, disponible en el sitio web: www.bcn.cl.

En adición a lo anterior, se indica en el inciso final del artículo 8° del RSEIA, lineamientos para determinar la susceptibilidad de afectación, a saber: “A objeto de evaluar si el proyecto o actividad es susceptible de afectar (...) **se considerará la extensión, magnitud o duración de la intervención de sus partes, obras o acciones**, así como de los impactos generados por el proyecto o actividad, teniendo en especial consideración los objetos de protección que se pretenden resguardar” (énfasis agregado).

.....

En resumen, en el presente documento el **objeto de protección** es la **calidad de los cielos nocturnos para la observación astronómica** y, para el análisis de la vía de ingreso al SEIA, es decir, mediante DIA o EIA, se considerarán los criterios que se establecen en el artículo 8° del RSEIA, en atención a lo descrito en el artículo 11 letra d) de la Ley N°19.300.

Es importante mencionar que las áreas astronómicas no constituyen un área protegida para efectos de la letra p) del artículo 10 de la Ley N°19.300.

.....



3. CRITERIOS PARA DETERMINAR EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO DE ACUERDO CON SUS EMISIONES DE LUMINOSIDAD ARTIFICIAL

El Área de Influencia (en adelante e indistintamente, **área de influencia** o AI) corresponde al área o espacio geográfico de donde se obtiene la información necesaria para predecir y evaluar la significancia de los impactos sobre los elementos del medio ambiente que constituyen objetos de protección para el SEIA. Respecto de la circunstancia que aborda el presente documento, se entenderá como AI aquel espacio geográfico donde, producto de las emisiones de luminosidad artificial del proyecto, el **brillo del cielo nocturno** como atributo se ve aumentado en un 10% por sobre el brillo natural del cielo, afectando así el **área astronómica**.

.....

Sobre la base de lo anterior, **el criterio para determinar la extensión geográfica del AI, deberá considerar el área en torno al proyecto en donde la propagación de las emisiones de luminosidad artificial produce un brillo en el cielo observable igual o superior al 10% del brillo natural del cielo, a 45° de elevación.**

.....

Para efectos de determinar lo anterior, se podrá emplear la Tabla 3, la cual establece una relación entre la potencia eléctrica instalada (en kW) y la extensión geográfica del área de influencia.

Tabla 3. Relación entre potencias instaladas y el área de propagación de luminosidad artificial en donde se produce un brillo en el cielo observable igual o superior al 10% del brillo natural del cielo (área de influencia)

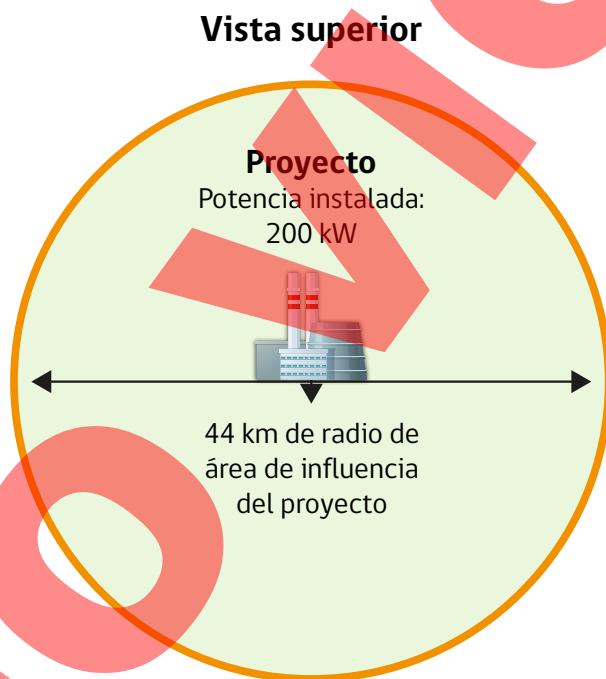
POTENCIA INSTALADA (kW) (IGUAL O SUPERIOR A)	DISTANCIA DEL ÁREA DE PROPAGACIÓN (KM) O AI
20	9
50	15
75	20
100	25
200	44
300	64
400	84
500	104
600	124
700	143

Fuente: elaboración propia a partir de García, 2015.

De la Tabla 3, por ejemplo, se puede señalar que el área de influencia de un proyecto (o área de propagación) para una potencia instalada de 200 kW (asumiendo utilizar este criterio recomendado⁹), corresponderá a una distancia de propagación de 44 km, la cual se considerará gráficamente de la siguiente manera:

⁹ El titular podrá utilizar otro modelo distinto para realizar la estimación de sus emisiones de luminosidad artificial, teniendo en consideración que debe presentar todos los antecedentes necesarios para su respaldo técnico.

Figura 1. Ejemplo determinación del área de influencia



Distancia de propagación = AI

Fuente: elaboración propia

Es preciso mencionar que este modelo presentado surge a partir de la aplicación del modelo de Kocifaj, mediante el *software* SkyGlow, que permite determinar el brillo del cielo, producto de las emisiones de una instalación de alumbrado artificial.

Sin perjuicio de lo anterior, alternativamente, el titular del proyecto podrá utilizar otros modelos¹⁰ de luminancia, como por ejemplo, el modelo de luminancia/radiancia del cielo desarrollado por Miroslav Kocifaj y su aplicación SkyGlow Simulator¹¹ para calcular el área de propagación del proyecto¹²; o el modelo del proyecto ILLUMINA¹³, que es un modelo de transferencia radiativa para simular la propagación de la luz artificial durante la noche en el medio ambiente.

Cabe mencionar que el titular deberá considerar la totalidad de luminarias exteriores y sus respectivas potencias, en el caso de modificaciones de proyecto y, cuando el proyecto original contemple luminarias, el titular además deberá considerar las luminarias del proyecto original y las luminarias del proyecto que se somete a evaluación.

¹⁰ Cabe señalar que los modelos contemplan variables de los proyectos de alumbrado tales como flujo total instalado, flujo hemisférico superior, características de color, potencias de alumbrado, entre otras. Es así como, en el caso de que el titular utilice alguno de los modelos que se mencionan anteriormente u otro, deberá justificar su idoneidad técnica, además de incorporar la memoria de cálculo realizado, con el detalle de la configuración de variables de ingreso al modelo y sus correspondientes resultados, en caso de corresponder.

¹¹ SkyGlow Simulator, disponible en el sitio web: www.skyglow.sav.sk

¹² De acuerdo con el criterio de este documento técnico, se define que el área de propagación (o área de influencia) corresponde al espacio geográfico en donde se alteraría la condición de brillo del cielo en un 10%.

¹³ Proyecto ILLUMINA, disponible en el sitio web: www.obsand.org



4. CRITERIOS PARA DETERMINAR SI UN PROYECTO PRESENTA LOS EFECTOS, CARACTERÍSTICAS O CIRCUNSTANCIAS DESCRITAS EN EL ARTÍCULO 11 LETRA D) DE LA LEY N°19.300

Para determinar si un proyecto constituye lo expresado en el artículo 11 letra d) de la Ley N°19.300, en primer lugar se debe analizar si se localiza en o próximo a un área astronómica y, en segundo lugar, definir los criterios para saber si es susceptible de afectarla.

De esta manera, para que se constituya la circunstancia antes expuesta, se deben **cumplir ambas condiciones**, es decir, el proyecto debe:

Condición 1: localizarse en o próximo a un área astronómica.

Condición 2: sus emisiones de luminosidad artificial deben ser **susceptibles de afectar** el o las áreas astronómicas.

En el siguiente apartado, se detallan los requisitos que contemplan ambas condiciones:

a) **Condición 1:** proyectos o actividades localizadas en o próximas a un área astronómica

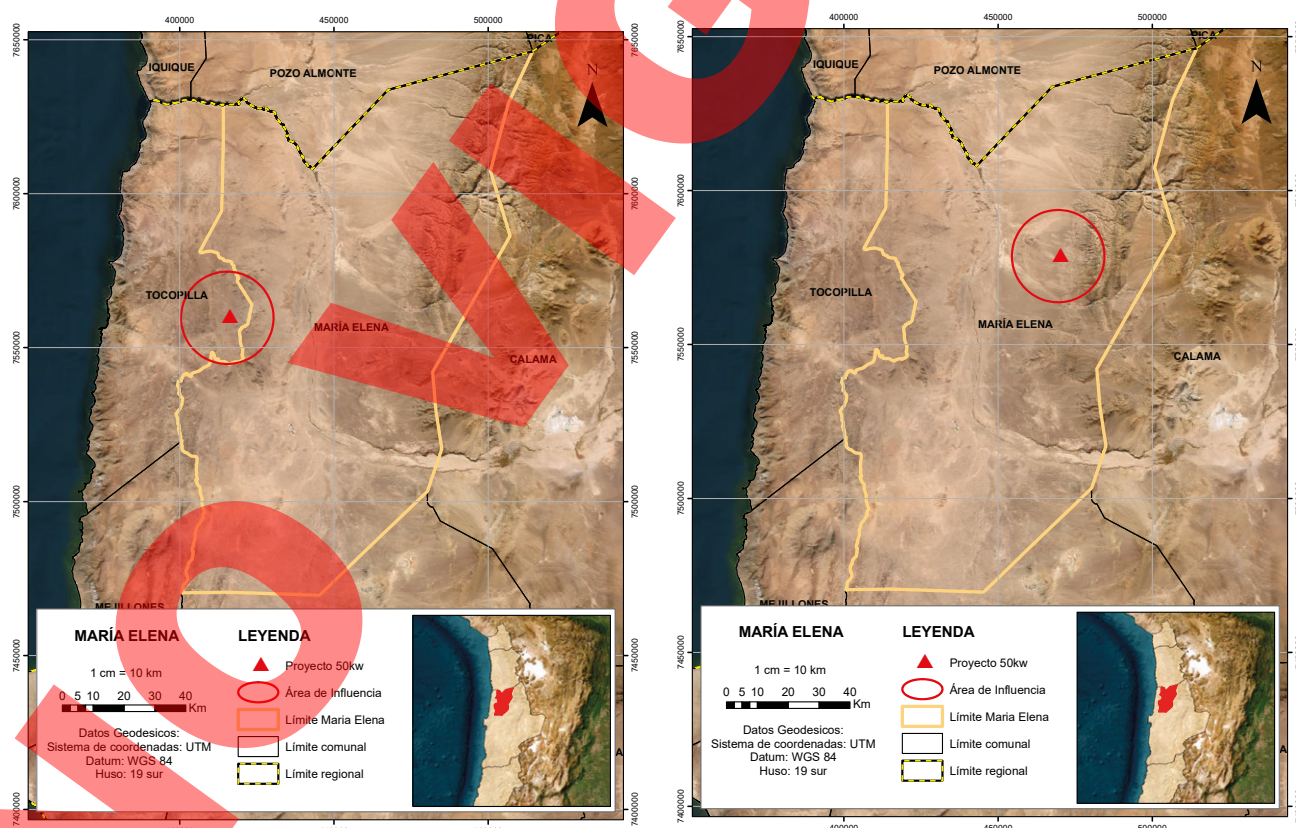
Para efectos de determinar si un proyecto se encuentra localizado en o próximo a un área astronómica, se deberá atender a lo dispuesto en el artículo 8°, inciso segundo, del RSEIA, que establece que "se entenderá que el proyecto o actividad **se localiza en o próximo a** población, recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales protegidos, glaciares o a un territorio con valor ambiental, **cuando estas se encuentren**

en el área de influencia del proyecto o actividad” (énfasis agregado), por lo que es especialmente relevante determinar el área de influencia del proyecto en atención a las emisiones de luminosidad artificial; es decir, considerando los criterios que se establecieron en el Capítulo 3 del presente documento, *Criterios para determinar el área de influencia del proyecto de acuerdo con sus emisiones de luminosidad artificial*.

De esta manera, considerando que tanto las áreas astronómicas, como el área de influencia poseen límites definidos, en la Figura 3 se presentan dos escenarios que establecen la interacción del área de influencia de un proyecto con el área astronómica, en donde:

- **Caso 1.** Muestra el área de influencia del proyecto de manera **próxima al área astronómica**, es decir, el proyecto se ubica fuera del área astronómica, pero ésta se superpone parcialmente con el área de influencia de las emisiones de luminosidad artificial.
- **Caso 2.** Muestra el área de influencia del proyecto **contenida en su totalidad en un área astronómica**, es decir, el área de influencia de las emisiones de luminosidad artificial se ubica dentro del área astronómica.

Figura 2. Escenarios de interacción entre el área de influencia de un proyecto con el área astronómica



b) Condición 2: susceptibilidad de afectar el área astronómica

El simple hecho de estar en o próximo a un área astronómica o, tener una cierta capacidad instalada de luminarias de exteriores, no es condición para asumir que se produce afectación sobre las áreas astronómicas. Es así como, debe entenderse el concepto de **"susceptibilidad"** como la **potencialidad** de poder afectar (Sánchez, 2022) un área determinada.

En este sentido, considerando que los proyectos que ingresen al SEIA se pueden localizar en o próximos a las áreas astronómicas, resulta relevante analizar la susceptibilidad de afectación tal como indica el inciso final del artículo 8° del RSEIA, es decir, para determinar la susceptibilidad de afectación se debe considerar la **extensión, magnitud o duración** de la intervención de sus partes, obras o acciones, así como de los impactos generados por el proyecto o actividad, teniendo en especial consideración los **objetos de protección que se pretenden resguardar**.

En ese sentido, para efectos de determinar la susceptibilidad de afectación en las áreas astronómicas, se considerará que dicha condición estará sujeta a la potencial afectación de **el o los sitios astronómicos** cercanos al proyecto. Para ello se deberá poner especial atención a la ubicación de los sitios astronómicos señalados en el Anexo, dado que es en este punto donde se realiza la observación astronómica y donde es de relevancia analizar si existe una potencial afectación en la calidad de los cielos nocturnos para la investigación científica.

En atención a lo anterior, el análisis de susceptibilidad se debe realizar evaluando si alguno de los **sitios astronómicos se ubica dentro o fuera del área de influencia determinada**, entendiendo que en dicha área existe un aumento del brillo natural del cielo del 10%, lo que podría causar susceptibilidad de afectación; por lo tanto, si uno o más sitios astronómicos se encuentran dentro del área de influencia del proyecto o actividad, entonces son **susceptibles de ser afectados** y, con ello, afectar el área astronómica.

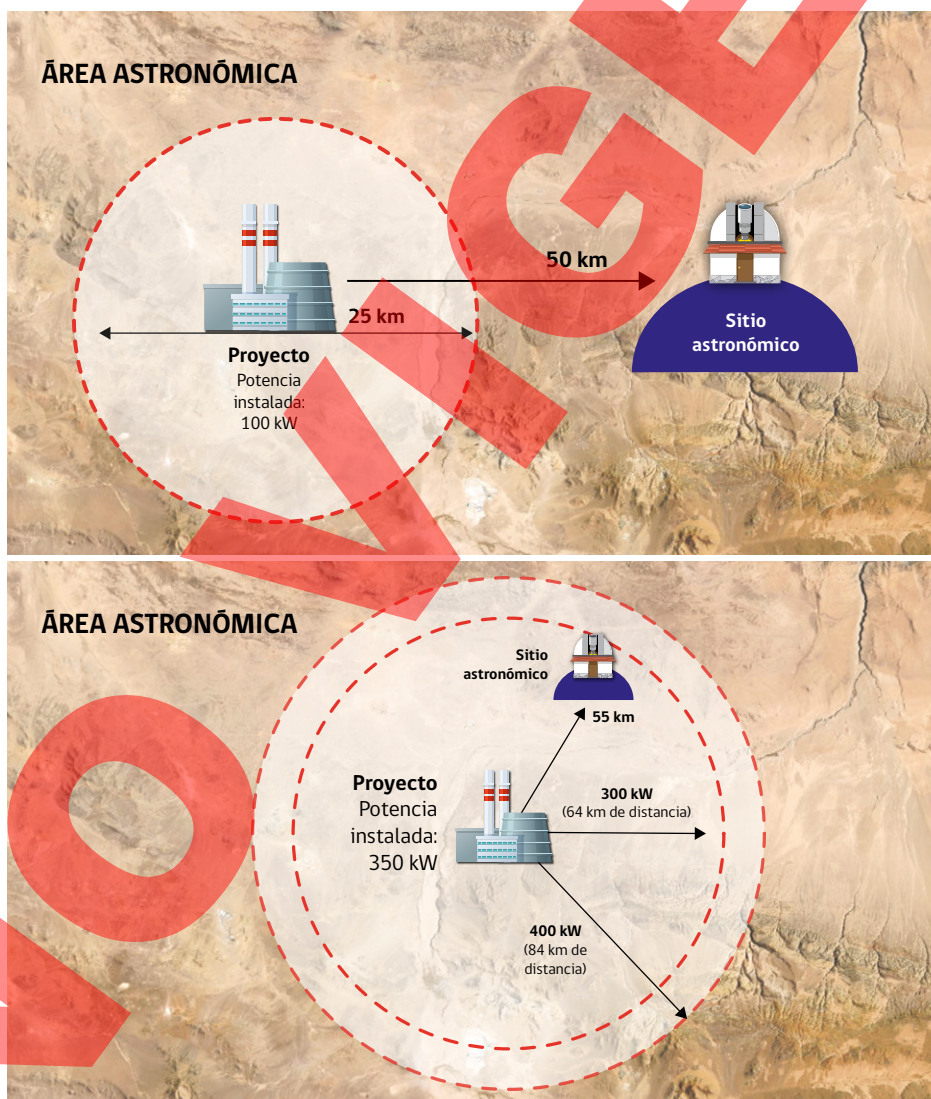
Para comprender de manera práctica e ilustrativa lo señalado, a continuación se presentan dos ejemplos:

- **Ejemplo 1)** Se tiene un proyecto cuya potencia instalada en iluminación es de 100 kW, por lo que su área de influencia tiene un alcance de 25 km de acuerdo con los criterios de la Tabla 3, lo cual indica que en dicha área (desde la fuente luminosa hasta los 25 km) las emisiones de luminosidad del proyecto estarían aumentando en un 10% el brillo natural del cielo. Además, se observa que el sitio astronómico (ubicado en un área astronómica) más próximo está ubicado a 50 km. En este caso, es posible concluir que el proyecto no es susceptible de afectar el área astronómica,

dado que el sitio astronómico se encuentra fuera del área de influencia del proyecto, pudiendo **someterse al SEIA como una DIA**.

- **Ejemplo 2)** Se tiene un proyecto cuya potencia instalada en iluminación es de 350 kW, por lo que, de acuerdo a la Tabla 3, su área de influencia está entre 64 km y 84 km, lo que significa que en dicha área (desde la fuente luminosa hasta los 64-84 km) las emisiones de luminosidad del proyecto en evaluación estarían aumentando en un 10% el brillo natural del cielo. Además, el sitio astronómico (ubicado en un área astronómica) más próximo se ubica a 55 km. En este caso, podemos concluir que el proyecto es susceptible de afectar un área astronómica, dado que el sitio astronómico se encontraría dentro del área de influencia del proyecto. En consecuencia, **deberá someterse al SEIA como un EIA**.

Figura 3. Ejemplos para el análisis de susceptibilidad de afectación



Fuente: elaboración propia

Para efectos de determinar la distancia entre la fuente emisora (alumbrado del proyecto) y el sitio o sitios astronómicos más próximos, se deberá considerar la luminaria más próxima en dirección al sitio astronómico. Esta última quedará representada por las coordenadas definidas en el Anexo de este documento.

.....

Por lo tanto, existiendo susceptibilidad de afectación de acuerdo con los criterios indicados previamente, se entenderá que, sobre el **área astronómica**, se configura la circunstancia de la letra d) del artículo 11 de la Ley N°19.300, implicando que el proyecto deba hacer su **ingreso como EIA**.

.....

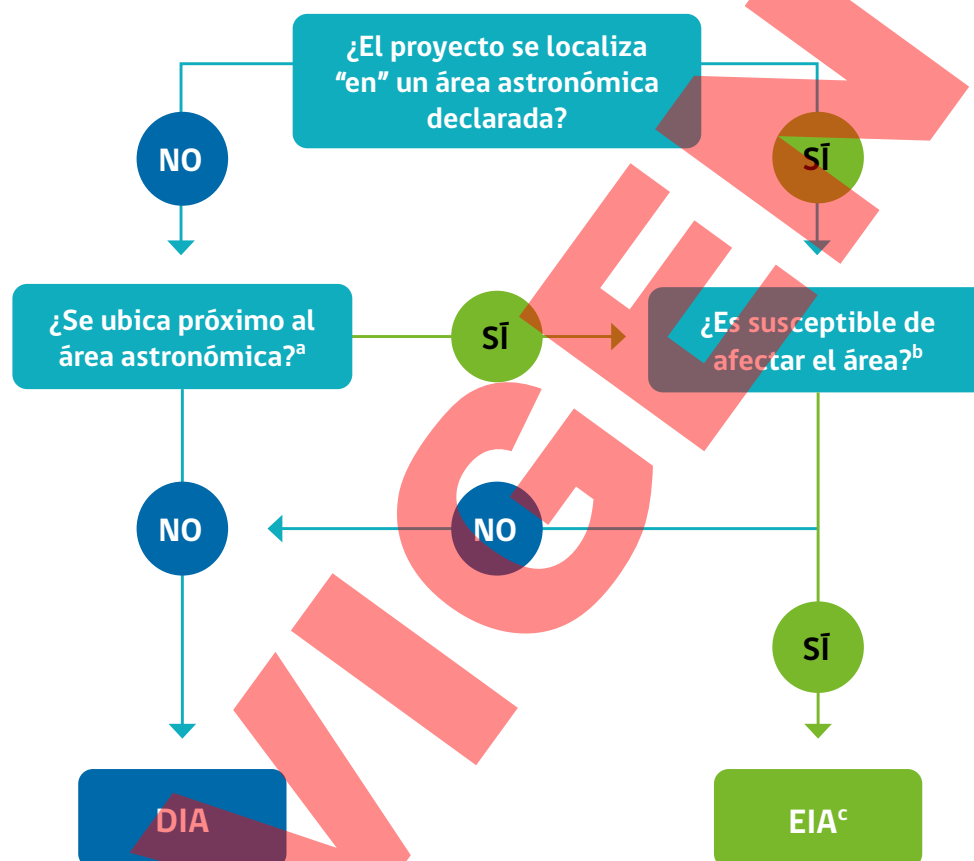
- **Consideraciones respecto a la extensión, magnitud o duración:**

Respecto a lo que indica el inciso final del artículo 8° del RSEIA, esto es: *"A objeto de evaluar si el proyecto o actividad es susceptible de afectar recursos y áreas protegidas (...) se considerará la **extensión, magnitud o duración** de la intervención de sus partes, obras o acciones, así como de los impactos generados por el proyecto o actividad, teniendo en especial consideración **los objetos de protección que se pretenden resguardar**"* (énfasis agregado), se puede establecer que la condición 2), ya contiene en su definición, la **extensión y magnitud**. Dicho de otro modo, se entenderá para efectos de este documento:

1. **Extensión:** corresponde a la fracción del medio afectado por la acción del proyecto. La extensión del impacto permite dimensionar el alcance del cambio del componente ambiental, por lo que, para efectos de este documento técnico, la extensión corresponderá al área en donde el brillo del cielo se ve **incrementado en un 10%** por sobre el brillo natural del cielo nocturno producto de la emisión de luz artificial; por lo tanto, la extensión corresponderá al área de influencia determinada en el capítulo 3 de este documento.
2. **Magnitud:** permite escalar o medir el nivel o grado de envergadura o importancia del impacto. En el marco del SEIA, la magnitud del impacto es el grado de importancia o envergadura en que se altera el objeto de protección, por ello, la magnitud considerada para este criterio técnico será entendida como el valor del 10% de la alteración del brillo natural del cielo nocturno.
3. **Duración:** corresponde al tiempo en que permanece el impacto. Se debe tener presente que el impacto es la alteración del medio ambiente provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad; por lo tanto, la duración para efectos de este documento será entendida como el tiempo en que sean utilizadas las luminarias exteriores del proyecto. En este caso, la duración es clave a la hora de que se produzca la alteración de la calidad de los cielos nocturnos para la observación astronómica, puesto que un mínimo tiempo de permanencia podría tener una significación importante.

La figura 4 expone el diagrama que permite comprender el análisis que se debe realizar para determinar si se presenta la circunstancia antes descrita generando, de esta manera, la necesidad de **presentar un EIA**.

Figura 4. Determinación de la necesidad de presentar un EIA



- a. Área de influencia de las emisiones del proyecto y el área astronómica se superponen
- b. Proyecto provoca alteración del brillo de la luz natural > 10% en el área astronómica (sitio astronómico se encuentra dentro del radio de propagación del proyecto).
- c. El proyecto se localiza en o próximo y, es susceptible de afectar el o las áreas astronómicas.



5. ANTECEDENTES MÍNIMOS A PRESENTAR EN EL CAPÍTULO DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El titular del proyecto debe presentar los antecedentes necesarios que permitan determinar fundadamente si se presenta o se descarta la circunstancia descrita en la letra d) del artículo 11 de la Ley N°19.300; para ello deberá considerar entregar la información mínima que se expresa a continuación.

En primer lugar, en el capítulo descripción del proyecto de una DIA o EIA se debe **presentar una descripción de las emisiones de luminosidad artificial** producto del uso de alumbrado de exteriores que genera el proyecto o actividad en sus fases de construcción, operación o cierre.

Así, y para fines de describir adecuadamente las emisiones de luminosidad artificial de un proyecto o actividad, el titular deberá indicar si su proyecto contempla o no iluminación. En el caso de contemplarla, se deberá señalar su ciclo de operación (horarios, uso de sistemas de reducción de niveles, entre otros). Sólo en el caso de modificaciones de proyecto y, cuando el proyecto original contemple luminarias, el titular además deberá considerar el efecto sumado de dicho proyecto original y las luminarias del proyecto que se somete a evaluación.

Para tal efecto, se deberán identificar las obras, partes y acciones de cada una de las fases del proyecto que constituyen fuentes emisoras de luminosidad artificial exterior, describiendo características técnicas como tecnología, potencia eléctrica, cantidades, u otro que corresponda; su ubicación según la cartografía del proyecto y los horarios y tiempos de operación asociados.

Junto a lo anterior, se deberán presentar paralelamente antecedentes que permitan la evaluación, como son: la suma total de la potencia de iluminación para cada una de las fases del proyecto (construcción, operación y cierre), y **las distancias a los sitios astronómicos más cercanos** al proyecto.

Dicho lo anterior, para cada fuente de luminosidad artificial identificada, se deberá presentar la siguiente información:

- Cantidad de luminarias.
- Tipo de luminaria: proyector de área, luminaria, entre otros.
- Tecnología: informar la tecnología de las luminarias, la que puede ser LED, SAP, SBP, HM, entre otras.
- Potencia nominal de las luminarias: expresadas en Watts (W).
- Eficacia: expresada en flujo luminoso por potencia de la luminaria (lm/W).
- Temperatura de color: expresada en kelvin (K).
- Suma total de la potencia eléctrica de la luminaria.
- Distancias a los sitios astronómicos más cercanos al proyecto¹⁴.

Dicha información se deberá presentar en una tabla como se señala en el siguiente ejemplo:

Tabla 4. Identificación de fuentes emisoras y caracterización de su emisión

CANTIDAD	TIPO DE LUMINARIA	TECNOLOGÍA	POTENCIA [W]	EFICACIA [LM/W]	TEMPERATURA DE COLOR [K]
100	Proyector de Área	LED	100	100	2.200
300	Luminarias	LED	100	119	2.200

Fuente: elaboración propia

Adicionalmente, se deberá presentar una cartografía georreferenciada que permita identificar la ubicación de las luminarias del proyecto, la representación cartográfica debe contener; escala, norte, leyenda, simbología, grilla en coordenadas UTM, fuente de información y datos geodésicos. Esta debe venir acompañada por su archivo de origen en formato *shapefile* y *kmz*. Estos archivos, en su tabla de atributos, deben indicar el nombre y la altura de las luminarias del proyecto en metros, así como también, venir en coordenadas UTM siendo requisito la utilización del Datum WGS84, indicando los husos correspondientes al territorio nacional.

¹⁴ Considerando la ubicación más desfavorable en términos de distancia luminaria-sitio astronómico. Para ello se deberá considerar la luminaria más próxima en dirección al sitio astronómico y desde ahí determinar la distancia.

BIBLIOGRAFÍA

- Comisión Asesora Ministerial de Áreas con Valor Científico y de Investigación para la Observación Astronómica. 2021. Propuesta de Áreas de Interés Científico para la Observación Astronómica.
- Decreto Supremo N°1, de 2022, del Ministerio del Medio Ambiente, el cual fue publicado el 18 de octubre de 2023 en el Diario Oficial.
- Decreto Supremo N°2, del 2023, del Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, suscrito también por el Ministerio del Medio Ambiente.
- Decreto Supremo N°16, del 7 de septiembre de 2020, que Crea la Comisión Asesora Ministerial para la Elaboración de la Propuesta de Áreas con Valor Científico y de Investigación para la Observación Astronómica.
- Falchi, F.; Cinzano, P.; Duriscoe, D.M.; Kyba, C. 2016. The new world atlas of artificial night sky brightness. Science advances. Vol 2, No.6.
- García, G. M. 2015. Predicción del Impacto Ambiental de la Contaminación Luminica, Propuesta de una metodología para proyectos luminotécnicos de ingeniería.
- Hänel, A.; Posch, T.; Ribas, S.; Aubé, M. 2017. Measuring night sky brightness: methods and challenges.
- Kocifaj, M. 2007. Light-pollution model for cloudy and cloudless night skies with ground-based light sources.
- Kocifaj, M. 2013. Night sky luminance under clear sky conditions: Theory vs. Experiment.
- Ministerio de Medio Ambiente. 2016. Cielos de Chile: Desde la tierra al universo.
- Oficina de Protección de la Calidad del Cielo [OPCC]. 2019. Justificación restricción espectral y zonal proceso revisión.
- Sánchez, G. 2022. Las consecuencias jurídicas de la susceptibilidad de afectación directa a pueblos indígenas en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental chileno. Revista de Derecho Ambiental, 2(18), 261-284. <https://doi.org/10.5354/0719-4633.2022.68558>
- United Nations Office for Outer Space Affairs, International Astronomical Union, Instituto de Astrofísica de Canarias, NOIRLab. 2020. Dark and Quiet Skies for Science and Society, Report and recommendations.

ANEXO

Sitios astronómicos ópticos considerados por la Comisión Asesora del Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

NOMBRE DEL SITIO ASTRONÓMICO (*)	LATITUD	LONGITUD
TAO	-22,986497	-67,742382
UA - Ckoirama	-24,0893	-69,9306
ELT	-24,589124	-70,191606
Paranal	-24,627639	-70,404366
Las Campanas	-29,018214	-70,690962
GMTO	-29,048181	-70,682795
La Silla	-29,256044	-70,737123
CTIO	-30,168839	-70,805721
SOAR	-30,237737	-70,733162
Gemini	-30,2404	-70,736234
LSST	-30,244721	-70,7477

