Informe 3

Estudio sobre la relación espacial entre la infraestructura de iluminación pública y el crimen en las ciudades de Coquimbo, La Serena, Copiapó y Diego de Almagro

Fundación Paz Ciudadana
Oficina de Protección de la Calidad del Cielo del Norte de Chile (OPCC)



FUNDACIÓN PAZ CIUDADANA
Políticas públicas en seguridad y justicia

OPCC Oficina de Protección de la Calidad del Cielo del Norte de Chile
AURA - NOIRLab • ESO • LCO • GMT

Resumen ejecutivo

El presente informe corresponde a la tercera y última entrega del estudio sobre la relación espacial entre la infraestructura de iluminación pública y el crimen en las ciudades de Copiapó, Coquimbo, La Serena y Diego de Almagro, desarrollado por Fundación Paz Ciudadana para la Oficina de Protección de la Calidad del Cielo del Norte de Chile (OPCC). Antofagasta, considerada originalmente, fue reemplazada por Diego de Almagro al no existir un catastro georreferenciado de luminarias utilizable.

Su objetivo ha sido, en atención a lo solicitado por la OPCC, aportar evidencia empírica para decisiones de planificación del alumbrado público que compatibilicen la seguridad urbana con la protección de los cielos nocturnos.

El estudio integró la revisión de la evidencia científica respecto al vínculo entre iluminación y delitos, la revisión de la normativa a nivel nacional, el análisis espacial de casos policiales por delitos e incivilidades de la Subsecretaria de la Prevención del Delito (SPD), los catastros municipales de luminarias y covariables sociodemográficas y territoriales del Censo 2024 y la Matriz de Bienestar Humano Territorial, trabajando la información en una grilla regular de 150 x 150m. La actividad delictual se midió por su frecuencia y por su gravedad, esta última mediante el Índice de Daño del Delito de Fundación Paz Ciudadana, y cada caso se clasificó según la condición de luz natural al momento del hecho. La estrategia combinó análisis descriptivos, medidas de autocorrelación espacial, modelos de regresión por mínimos cuadrados ordinarios (OLS) y regresión geográficamente ponderada (GWR), además de un estudio de caso pre-post con estrategia de comparación en la comuna de Diego de Almagro.

En este marco, es importante tener presente qué permite concluir el estudio. En Copiapó, Coquimbo y La Serena los catastros no registran fecha de instalación, por lo que el análisis no es causal: se describe principalmente dónde coinciden luminarias y delitos, no qué efecto tiene la luz. Además, la variable disponible es la densidad de luminarias, no la luz efectivamente emitida. Solo en Diego de Almagro existe una intervención fechada, lo que habilitó un análisis temporal.

Los resultados muestran que el delito se concentra fuertemente en ciertos sectores de las cuatro ciudades, tanto en frecuencia como en daño delictual, con los mayores niveles de autocorrelación espacial en Copiapó. La infraestructura de iluminación también presenta diferencias importantes entre ciudades, con Coquimbo a la cabeza en número de luminarias, seguida por La Serena, Copiapó y Diego de Almagro, y su distribución responde en buena medida a la trama urbana, la red vial y la localización de actividades y equipamientos. Sobre esa base, el principal hallazgo es una asociación espacial positiva entre la densidad de luminarias y la actividad delictual en las cuatro ciudades, más intensa en La Serena y Coquimbo, intermedia en Diego de Almagro y menor en Copiapó. Esto no significa que una mayor iluminación produzca más delitos. La asociación persiste durante el día y en los períodos de crepúsculo, varía dentro de cada ciudad según los modelos GWR y se mantiene tras incorporar controles territoriales, lo que sugiere que luminarias y delito comparten factores comunes, como la centralidad, la intensidad de uso del espacio público, la actividad comercial y los flujos de personas. La densidad de luminarias refleja así, en parte, la intensidad de la actividad urbana, y tampoco puede descartarse que se haya iluminado más justamente donde ya había más delito.

El estudio de caso de Diego de Almagro examinó el recambio completo de las luminarias existentes por luminarias LED ámbar de menor potencia, dirigidas hacia el suelo, cuyas obras terminaron en diciembre de

2023. El análisis no mostró cambios estadísticamente detectables en el delito nocturno: ni reducción ni aumento. Con los datos disponibles, eso no prueba neutralidad, pero tampoco hay evidencia de que proteger el cielo haya deteriorado la seguridad.

Por último, es importante destacar que el "promedio" esconde realidades locales distintas. Los mapas bivariados muestran, junto a zonas de alta densidad de infraestructura de iluminación pública y alto delito, sectores con alta densidad y poco delito, así como otros con baja densidad y una cifra mayor de delito. Copiapó presenta un patrón fragmentado en corredores; Coquimbo y La Serena, áreas de coincidencia más extensas y continuas.

Los hallazgos encontrados son consistentes con la literatura revisada, que identifica efectos preventivos favorables en algunas intervenciones de alumbrado, pero con una considerable heterogeneidad según el contexto urbano, el tipo de delito y las características de la intervención. La evidencia no respalda una relación universal en que más cantidad o intensidad de luz implique necesariamente menos delito. La calidad de la iluminación depende también de su distribución, uniformidad, orientación, control del deslumbramiento, funcionamiento y adecuación a los usuarios y usos de cada espacio, aspectos que deben considerarse junto con las exigencias ambientales del Decreto Supremo N°1 de 2022, especialmente en territorios de alto valor astronómico. En ese marco, seguridad urbana y protección de los cielos no son objetivos necesariamente contrapuestos, y su compatibilización exige avanzar desde una lógica de mayor iluminación hacia una de iluminación localizada, eficiente y adecuada al espacio.

En términos operativos, se recomienda fortalecer y estandarizar los catastros de alumbrado público, incorporando tipo de luminaria, potencia, orientación, estado operativo y fechas de instalación o recambio, y complementarlos con mediciones luminotécnicas en terreno. Se recomienda, además, diseñar soluciones diferenciadas según el tipo de espacio, no utilizar la cantidad de luminarias como único criterio de seguridad, incorporar la experiencia de las personas mediante estudios localizados y, finalmente, planificar la evaluación desde el diseño de las futuras intervenciones, con líneas de base, registros precisos de implementación y unidades de comparación que permitan estimar sus efectos con mayor solidez.

Contenido

1. Introducción 6
2. Objetivos 8
2.1. Objetivo general 8
2.2. Objetivos específicos 8
3. Marco legal 8
3.1. Propósito y alcance del marco normativo 9
3.2. Exigencias aplicables y articulación regulatoria 9
3.2.1. Alumbrado vehicular. Decreto Supremo Nº2 de 2014 del Ministerio de Energía 9
3.2.2. Alumbrado peatonal. Decreto Supremo Nº51 de 2015 del Ministerio de Energía 10
3.2.3. Emisiones lumínicas. Decreto Supremo Nº1 de 2022 del Ministerio del Medio Ambiente 11
3.2.4. Articulación entre las regulaciones 12
3.3. Adecuación de la infraestructura e implementación 13
3.4. Tensiones del debate 14
4. Metodología 15
4.1. Fuentes de datos y unidad de análisis 16
4.2. Variables e indicadores 18
4.2.1. Indicadores delictuales 19
4.2.2. Clasificación según luz natural 19
4.2.3. Indicadores de iluminación 20
4.2.4. Covariables territoriales de control 21
4.2.5. Percepción de inseguridad 21
4.3. Análisis descriptivo 21
4.4. Análisis espacial 22
4.5. Modelos de asociación estadística 23
4.6. Análisis ciudad de Diego de Almagro 24
4.7. Limitaciones metodológicas 24
5. Resultados 25
5.1. Percepción de inseguridad y victimización comunal 25
5.1.1. Fuente y alcance de la ENUSC 2025 25
5.1.2. Indicadores utilizados 26
5.1.3. Resultados por ciudad 27
5.2. Caracterización de la relación entre iluminación y delitos 29
5.2.1. Caracterización de la infraestructura de iluminación 29
5.2.2. Distribución espacial y temporal de la actividad delictual 30
5.2.3. Autocorrelación y concentración espacial 40
5.2.4. Asociación entre iluminación y actividad delictual 42
5.2.5. Modelos de asociación entre iluminación y delito 44
5.2.6. Coincidencia espacial entre iluminación y concentración delictual 50
5.2.7. Síntesis comparativa entre ciudades 52
5.3. Estudio de caso: Diego de Almagro 54
5.3.1. Antecedentes de la intervención 54

5.3.2. Datos disponibles y construcción de la base 56
5.3.3. Situación previa a la intervención 60
5.3.4. Situación posterior a la intervención 61
5.3.5. Comparación pre-post 62
5.3.6. Síntesis del estudio de caso 68
6. Discusión 69
6.1. Principales patrones encontrados 70
6.2. Relación con la evidencia revisada 71
6.3. Diferencias entre ciudades 72
6.4. Lectura del caso de estudio en Diego de Almagro 72
6.5. Seguridad y protección de los cielos 73
7. Conclusiones y recomendaciones 74
8. Referencias bibliográficas 78
9. Anexos 82

1. Introducción

El presente documento corresponde al tercer y último entregable del "Estudio sobre la relación espacial entre la infraestructura de iluminación pública y el crimen en las ciudades de Copiapó, Coquimbo, La Serena y Diego de Almagro[1]", desarrollado por Fundación Paz Ciudadana para la Oficina de Protección de la Calidad del Cielo del Norte de Chile (OPCC). [2]

Este informe integra los insumos elaborados en las dos etapas previas del estudio. En el Entregable N°1 se sistematizó el marco normativo que regula el alumbrado público y la contaminación lumínica en Chile, y se realizó una revisión de la evidencia empírica sobre iluminación y delito, priorizando metaanálisis, revisiones sistemáticas y estudios experimentales o cuasiexperimentales. En el Entregable Nº2 se prepararon e integraron los datos para el análisis. Primero se consolidaron y depuraron los casos policiales disponibles para las ciudades estudiadas. Luego, se asignó a cada caso un valor de gravedad, mediante el Índice de Daño del Delito de Fundación Paz Ciudadana, y una condición de luz natural al momento del caso policial, según la clasificación de Xu et al. (2018). Finalmente, se integraron los casos, los catastros de luminarias y las covariables territoriales sobre una grilla regular común. Sobre esa base, el presente informe, esto es, el Entregable N°3, expone los resultados del análisis, con el objetivo de aportar evidencia que oriente las decisiones sobre alumbrado público, considerando tanto los objetivos de seguridad urbana como la protección de los cielos oscuros.

El estudio, según lo solicitado por la OPCC, aborda el desafío de compatibilizar los objetivos de seguridad urbana con la protección de los cielos oscuros en la planificación del alumbrado público. Por una parte, la iluminación pública se promueve como una herramienta de prevención situacional, porque podría reducir las oportunidades de cometer delitos mediantes cambios en las condiciones de los entornos (Subsecretaría de Prevención del Delito, 2022). Asimismo, el mejorar el alumbrado puede representar una señal de inversión en el barrio que fortalezca el orgullo comunitario, la cohesión y el control social informal (Welsh & Farrington, 2008). En el caso del norte de Chile, la protección de los cielos oscuros exige, a su vez, controlar la contaminación lumínica y atender a las exigencias ambientales aplicables a cada territorio, especialmente en áreas de valor astronómico (Ministerio del Medio Ambiente, 2024). En este contexto, las decisiones sobre alumbrado público requieren evidencia que permita comprender en qué condiciones la iluminación puede contribuir a la seguridad y cómo compatibilizar ese aporte con la protección del cielo nocturno. Este estudio busca contribuir a esa discusión a través de su objetivo general, el cual es "analizar la relación espacial entre iluminación pública y el delito" considerando las particularidades de los territorios examinados.

En términos operativos, esta etapa comprende cuatro líneas de análisis complementarias.

La primera caracteriza la percepción de inseguridad y la victimización a escala comunal a partir de la Encuesta Nacional Urbana de Seguridad Ciudadana, ENUSC, 2025 (Instituto Nacional de Estadísticas y

[1] Originalmente, la consultoría estuvo focalizada igualmente en la ciudad de Antofagasta, sin embargo, debido a la imposibilidad de contar con información de iluminación pública a nivel georreferenciado, se tomó la decisión en conjunto con la OPCC en trabajar con la ciudad de Diego de Almagro, para la cual sí fue posible disponer de información.

[2] Al respecto, es necesario destacar que destacar que el presente estudio se origina como una necesidad para la OPCC en base a un reporte exploratorio denominado "Reporte: Iluminación y Seguridad Ciudadana": Una primera aproximación", realizado durante abril de 2026 por José Plaza Hernández (Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile) para la Oficina de Protección de la Calidad del Cielo del Norte de Chile.

Subsecretaría de Prevención del Delito, 2026d), lo que proporciona un marco contextual para cada ciudad[3]. Esta dimensión se reporta por separado, porque la percepción de inseguridad no equivale a la ocurrencia de delitos. Además, sólo está disponible a escala comunal, por lo que no puede vincularse espacialmente con la iluminación a nivel de grilla[4].

La segunda corresponde a un análisis espacial descriptivo de la distribución de los delitos registrados y de la infraestructura de iluminación pública en cada ciudad de análisis. Su propósito es identificar patrones de concentración territorial de la frecuencia y el daño delictual, examinar sus diferencias según la condición de luz natural al momento de ocurrencia de los hechos y caracterizar la distribución de la densidad de luminarias. Este análisis permite reconocer similitudes y diferencias entre los territorios y contextualizar los resultados de los modelos de regresión.

La tercera contempla la estimación de modelos de regresión global (mínimos cuadrados ordinarios, OLS) y de regresión geográficamente ponderada (GWR). Estos modelos examinan la asociación entre la densidad de luminarias y la frecuencia y el daño de los delitos, controlando por características sociodemográficas y territoriales disponibles. Los análisis son transversales y describen asociaciones espaciales, sin permitir conclusiones causales.

La cuarta corresponde a un estudio de caso en Diego de Almagro, único territorio con una intervención de alumbrado identificable en el tiempo: el recambio del alumbrado público de la localidad, cuyas obras terminaron, según lo informado, en diciembre de 2023. Al respecto, es importante destacar que los catastros de iluminación disponibles para las ciudades de Copiapó, Coquimbo y La Serena no registran la fecha de instalación o activación de las luminarias, por lo que no fue posible realizar este ejercicio para dichas ciudades. En el caso de Diego de Almagro, se realizó un análisis pre-post y una estrategia de comparación que compara la evolución de los delitos nocturnos con la de los diurnos[5]. El alcance de sus conclusiones está restringido por la ausencia de fechas de recambio por sector / grilla[6], la inexistencia de zonas iluminadas no intervenidas dentro de la localidad y el bajo volumen de casos policiales, como se detalla en la respectiva sección.

[3] La ENUSC 2025 se aplicó en el área urbana de 136 comunas (INE & SPD, 2026). En la Región de Atacama, las comunas incluidas en la muestra fueron Copiapó, Chañaral y Vallenar (SPD, 2025). Diego de Almagro no forma parte del marco muestral, por lo que esta dimensión se describe sólo para Copiapó, Coquimbo y La Serena.

[4] Unidad de análisis abordada en el presente estudio para examinar el vínculo entre infraestructura de iluminación pública y delitos.

[5] La propuesta propuso una estrategia de evaluación que permitiera estimar el efecto causal de la instalación de luminarias públicas sobre la frecuencia de delitos nocturnos, superando las limitaciones descriptivas del análisis pre-post al controlar por la trayectoria contrafactual de las unidades no intervenidas. La estrategia se ancló en un diseño cuasiexperimental con grupos de tratamiento y control construidos mediante emparejamiento estadístico, y en estimadores de diferencias en diferencias robustos a la heterogeneidad del tratamiento en el tiempo. Así, las grillas que no recibieran luminarias en ningún periodo constituyen el universo de candidatos a grupo de control, donde, para garantizar la comparabilidad pretratamiento entre unidades tratadas y de control, se propuso estimar la probabilidad de recibir tratamiento (Propensity Score Matching, PSM). Sin embargo, debido a que la implementación de la estrategia de reposición del alumbrado público en Diego de Almagro fue en todos los sectores elegibles de la ciudad, no fue posible construir un contrafactual adecuado.

[6] Sólo se dispuso de la fecha de solicitud de las obras a nivel ciudad.

2. Objetivos

En respuesta al problema planteado, el estudio se orientó por los siguientes objetivos según lo solicitado por la Oficina de Protección de la Calidad del Cielo del Norte de Chile y lo propuesto por Fundación Paz Ciudadana:

2.1. Objetivo general

Analizar la relación espacial entre la infraestructura de iluminación pública y el crimen en las ciudades de Coquimbo, La Serena, Copiapó y Diego de Almagro.

2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar y analizar espacialmente la infraestructura de iluminación pública en las ciudades de estudio, considerando su localización y densidad territorial.
- Caracterizar y analizar la distribución espacial de los delitos registrados en las ciudades de estudio, identificando patrones territoriales de concentración y ocurrencia.
- Describir la percepción de inseguridad ciudadana en las ciudades de estudio, a partir de las fuentes de información disponibles.
- Examinar la relación espacial entre la infraestructura de iluminación pública y la distribución de delitos registrados, con el fin de identificar patrones de asociación territorial.
- Comparar los patrones espaciales observados en las ciudades de estudio, con el propósito de identificar similitudes y particularidades territoriales en la relación entre iluminación, delito y percepción.
- Cuantificar los cambios en la distribución espacial y la frecuencia / daño de los delitos antes y después de la puesta en funcionamiento de la infraestructura de iluminación pública en las ciudades de estudio, si la información disponible lo permite.[7]
- Cuantificar el efecto causal de la instalación de luminarias públicas sobre la frecuencia/daño de delitos nocturnos en las ciudades de estudio, si la información disponible lo permite.[8]

3. Marco legal

Para situar el análisis de la relación entre iluminación pública y delito, el presente apartado revisa las exigencias que regulan el alumbrado público en Chile. Se examinan sus objetivos, la articulación entre los requisitos técnicos y ambientales y las diferencias de aplicación en las ciudades estudiadas. Esta revisión permite delimitar el alcance de la normativa en materia de seguridad y establecer el contexto regulatorio de la investigación.

[7] La propuesta técnica estableció que para realizar este ejercicio se requería de ciertos campos / variables vinculadas a la información disponible sobre alumbrado público (fecha de inicio de ejecución y estado de la luminaria). Esta información fue solicitada vía ley de transparencia a cada municipalidad de la ciudad bajo estudio, así como también a la Superintendencia de Electricidad y Combustible (SEC), entidades que, si bien respondieron las solicitudes respectivas, no incluyeron estos campos necesarios para poder ejecutar la evaluación en las ciudades en estudio.

[8] Como se señaló previamente, no fue posible disponer de campos / variables necesarias para ejecutar la evaluación en las ciudades en estudio.

3.1. Propósito y alcance del marco normativo

El alumbrado público se encuentra sujeto a exigencias técnicas orientadas a proporcionar condiciones adecuadas de visibilidad y contribuir a la seguridad vial y peatonal, junto con exigencias ambientales destinadas a prevenir la contaminación lumínica. Su diseño y funcionamiento deben compatibilizar las necesidades de iluminación de calles y espacios públicos con la protección de los cielos nocturnos, la salud de las personas y la biodiversidad.

Este marco comprende los Decretos Supremos Nº2 de 2014 y Nº51 de 2015 del Ministerio de Energía, que regulan el alumbrado público vehicular y peatonal, respectivamente, y el Decreto Supremo Nº1 de 2022 del Ministerio del Medio Ambiente, que establece límites a las emisiones de luminosidad artificial. Su aplicación conjunta define las condiciones técnicas y de protección del medioambiente que deben considerar las instalaciones de alumbrado público.

Esta articulación resulta especialmente relevante para las ciudades estudiadas, atendida la confluencia de ambas regulaciones sectoriales y las diferencias en su clasificación territorial y en los plazos de adecuación de la infraestructura existente. Conforme al listado de comunas que integran las áreas astronómicas, establecido en el Decreto Supremo N°2 de 2023 del Ministerio de Ciencias, Tecnología, Conocimiento e Innovación, y a la subclasificación efectuada por la Resolución Exenta N°455 de 2024 del Ministerio del Medio Ambiente, Coquimbo y La Serena se encuentran clasificadas como comunas cercanas a sitios astronómicos, esto es, a una distancia inferior a 100 kilómetros, en tanto que Copiapó como comuna lejana y Diego de Almagro se encuentran fuera de dichas áreas por encontrarse a una distancia superior igual al mencionado.

La revisión normativa efectuada permite entender las exigencias técnicas que la regulación impone a los distintos tipos de luminaria según la finalidad que cada uno cumple y con ello identificar el alcance que dichas exigencias tienen respecto de la seguridad, aportando el contexto regulatorio para interpretar la relación entre infraestructura de iluminación pública y distribución territorial de los delitos que analiza el estudio.

3.2. Exigencias aplicables y articulación regulatoria

Como se exhibió en el Entregable N°1, son los Decretos Supremos N°2 de 2014 y N°51 de 2015, ambos del Ministerio de Energía, las normas que regulan las condiciones técnicas y luminotécnicas aplicables al alumbrado público vehicular y peatonal, respectivamente. Por su parte, el Decreto Supremo N°1 de 2022 del Ministerio del Medio Ambiente, establece límites a las emisiones de luminosidad artificial, que conjuntamente conforman un marco regulatorio que exige compatibilizar las condiciones necesarias para una adecuada iluminación de las vías y espacios públicos con las restricciones destinadas a prevenir la contaminación lumínica.

3.2.1. Alumbrado vehicular. Decreto Supremo Nº2 de 2014 del Ministerio de Energía

El Decreto Supremo Nº2 de 2014 establece las exigencias aplicables al alumbrado público de vías de tránsito vehicular. Sus artículos 17 y 18 regulan los niveles de iluminación y la clasificación de las vías, distinguiendo aquéllas con separación física entre usuarios de aquéllas donde vehículos y peatones comparten el espacio. Esta clasificación determina los parámetros luminotécnicos que debe cumplir cada instalación.

Para las vías con separación entre usuarios, se distinguen las clases de alumbrado M1 a M5. La Tabla II del artículo 18 establece exigencias sobre cinco parámetros complementarios:

- Luminancia media mantenida (Lm): expresa la luminosidad de la calzada percibida por el conductor, en cd/m². Su carácter mantenido exige considerar la disminución del rendimiento de la instalación durante su vida útil.
- Uniformidad global (U0): relaciona la luminancia mínima con la media de la calzada, permitiendo determinar si la iluminación se distribuye adecuadamente sobre la superficie, evitando diferencias excesivas entre zonas iluminadas y oscuras.
- Uniformidad longitudinal (4): mide la regularidad de la luminancia en el sentido de circulación, busca evitar variaciones significativas entre sectores sucesivamente iluminados y oscuros durante el desplazamiento. Se diferencia de la uniformidad global en que esta última considera la distribución general de la luminancia sobre la superficie, mientras que la longitudinal examina su continuidad a lo largo del recorrido.
- Incremento de umbral (TI): parámetro utilizado para limitar el deslumbramiento que dificulta la percepción visual del conductor.
- Razón de entorno (SR): relaciona la iluminación de la calzada con la de las superficies adyacentes. Se aplica cuando éstas no cuentan con requerimientos propios de iluminación.

En conjunto, estos parámetros exigen atender tanto al nivel de iluminación como a su distribución, al control del deslumbramiento y a la visibilidad del entorno. Por ello, alcanzar un promedio de luminancia no basta para acreditar condiciones adecuadas de iluminación.

Para las vías sin separación entre usuarios, el artículo 18, letra b), y la Tabla III distinguen las clases P1 a P6, principalmente según el flujo peatonal, con mayores exigencias para los flujos más elevados. La clase P5 contempla una condición particular para vías junto a inmuebles declarados de conservación histórica. La Tabla IV fija valores de iluminancia media máxima, media y mínima puntual, expresados en lux, considerando tanto el nivel general de iluminación como la existencia de puntos insuficientemente iluminados.

Por último, los artículos 21 y siguientes establecen exigencias particulares para áreas conflictivas, como intersecciones, rotondas, incorporaciones y sectores donde confluyen flujos vehiculares, peatonales o ciclísticos. Según el artículo 22, su iluminación debe permitir reconocer aceras, marcas viales, señalización, obstáculos y usuarios, atendiendo a la mayor complejidad de la circulación.

3.2.2. Alumbrado peatonal. Decreto Supremo Nº51 de 2015 del Ministerio de Energía

El Decreto Supremo Nº51 de 2015 regula el alumbrado de bienes nacionales de uso público destinados al tránsito peatonal. Sus exigencias comprenden la iluminación de las superficies de circulación y las condiciones necesarias para identificar personas, obstáculos y otros elementos relevantes para la circulación peatonal.

El reglamento distingue clases de alumbrado P1 a P6 mediante dos tablas: la Tabla I clasifica las vías para el tránsito peatonal, mientras que la Tabla II se aplica a las aceras adyacentes a vías vehiculares con

separación entre usuarios, reguladas por el Decreto Supremo Nº2 de 2014. Por tanto, una acera no necesariamente se clasifica con los mismos criterios que una vía exclusivamente peatonal.

Los artículos 20 y 21 regulan la iluminancia horizontal mantenida, expresada en lux, que permite evaluar la luz recibida por la superficie de circulación y la visibilidad de desniveles, obstáculos y otros elementos relevantes para la circulación peatonal. La Tabla III establece valores máximos, medios y mínimos según la clase de alumbrado. Además, se fijan exigencias específicas para los siguientes espacios:

- Pasarelas peatonales y accesos: iluminancia media de 30 lux y mínima de 12 lux.
- Pasos bajo calzada y accesos: media de 30 lux y mínima de 15 lux. Si superan los 100 metros o su trazado impide ver la salida, aumentan a 100 y 50 lux, respectivamente.
- Espacios públicos de reunión, como plazas, parques, jardines y zonas de juegos: media de 25 lux y mínima de 5 lux.

Por su parte, el artículo 22 incorpora requisitos adicionales de iluminación destinados a asegurar condiciones para el reconocimiento facial en vías peatonales y aceras clasificadas entre P1 y P3. Estos consideran la iluminancia vertical, que permite evaluar la luz recibida por superficies verticales, y la semicilíndrica, que complementa la evaluación de la iluminación del rostro desde distintas direcciones. Las Tablas IV y V establecen los mínimos correspondientes, con mediciones a 1,5 metros de altura.

El mismo artículo regula la intensidad luminosa máxima según el ángulo de emisión, conforme a la Tabla VI. Así, las exigencias del alumbrado peatonal consideran tanto la visibilidad de la superficie de desplazamiento como la identificación de otras personas y el control de la luz emitida hacia los usuarios.

3.2.3. Emisiones lumínicas. Decreto Supremo Nº1 de 2022 del Ministerio del Medio Ambiente

El Decreto Supremo Nº1 de 2022 establece la norma de emisión de luminosidad artificial generada por alumbrados de exteriores. Su finalidad es prevenir la contaminación lumínica y proteger la calidad astronómica de los cielos nocturnos, la salud de las personas y la biodiversidad. Tiene alcance nacional y contempla exigencias diferenciadas para las Áreas de Protección Especial vinculadas a la astronomía y la biodiversidad.

Respecto del alumbrado vehicular y peatonal, el artículo 5 establece tres grupos principales de exigencias:

- Intensidad y dirección de la emisión: limita la luz emitida en dirección horizontal y exige una intensidad de cero candelas para ángulos superiores a 90°, evitando la emisión directa hacia el hemisferio superior.
- Emisión por reflexión: fija máximos de luminancia e iluminancia promedio mantenidas para limitar la sobre iluminación y la luz reflejada por las superficies. Su Tabla 1 utiliza las clases de alumbrado definidas por los Decretos Supremos Nº2 de 2014 y Nº51 de 2015.
- Radiancia espectral: restringe la composición espectral de la luz, con exigencias más estrictas en las Áreas de Protección Especial. Para la componente azul, el límite es de 1% en dichas áreas y de 7% en el resto del territorio nacional.

El decreto también contempla disposiciones específicas para el alumbrado ornamental, deportivo y publicitario, incluyendo límites de emisión y restricciones horarias según el tipo de fuente.

3.2.4. Articulación entre las regulaciones

La normativa del Ministerio de Energía y la del Ministerio del Medio Ambiente establecen exigencias complementarias sobre las instalaciones de alumbrado. Los Decretos Supremos Nº2 de 2014 y Nº51 de 2015 determinan la clasificación de las vías y espacios, así como los niveles, la distribución y los demás parámetros de iluminación exigibles. El Decreto Supremo Nº1 de 2022 incorpora límites destinados a controlar las emisiones y sus efectos ambientales.

La articulación entre estos cuerpos normativos se expresa especialmente en la Tabla 1 de la norma ambiental, que utiliza las clases de alumbrado establecidas por los reglamentos del Ministerio de Energía para definir los máximos de luminancia e iluminancia aplicables. La articulación entre estos cuerpos normativos se expresa especialmente en la Tabla 1 del art. 5 de la norma ambiental, que utiliza las clases de alumbrado establecidas por los reglamentos del Ministerio de Energía para definir los máximos de luminancia e iluminancia aplicables. Dichas clases se encuentran definidas en el Decreto Supremo N°2 de 2014, para vías de tránsito vehicular y en el Decreto Supremo N°51 de 2015, para bienes nacionales de uso público destinados al tránsito peatonal, y la propia norma ambiental remite a ambos reglamentos "o aquellos que los reemplacen". De este modo, las exigencias ambientales se vinculan con las categorías y parámetros definidos previamente para el alumbrado vehicular y peatonal.

Esta articulación no implica, sin embargo, una coincidencia completa entre las disposiciones de los distintos cuerpos normativos, en principio porque ambas regulaciones tienen finalidades distintas: las de Energía tienen por finalidad la seguridad y eficiencia energética de alumbrado público y no regulan directamente la contaminación lumínica, refiriéndose a ella solo por remisión; la ambiental, por su parte, busca controlar las emisiones del alumbrado de exteriores para proteger la calidad astronómica de los cielos nocturnos y la biodiversidad.

Asimismo, existen aspectos en que las exigencias del Decreto Supremo N°1 de 2022 presentan diferencias respecto de las disposiciones contenidas en el Decreto Supremo N°2 de 2014 y N°51 de 2015, a modo de ejemplo, respecto de los niveles de luz exigidos para las clases de alumbrado, la regulación energética indica rangos con valores mínimos y en ciertos casos, con máximos orientados a la seguridad, mientras que la normativa ambiental fija únicamente límites máximos. El caso más evidente es respecto a la clase P1, para el cual ambos reglamentos de Energía establecen una luminancia media de 20 lux, mientras la regulación ambiental establece como máximo 18 rangos, lo que plantea, por una lectura conjunta de ambos textos, cumplir simultáneamente ambas exigencias. En las clases M1 y M3, y en P2 y P3, el límite superior fijado por Energía también excede levemente el máximo ambiental.

Asimismo, la normativa de Energía realiza distinciones según el tipo de vías y establece niveles específicos para espacios como plazas, parques, pasarelas etc., que la normativa Ambiental no contempla con topes específicos, requiriendo aclaración expresa.

Otro ejemplo, radica en que la normativa Ambiental, limita la luz que las luminarias del alumbrado peatonal, vehicular e industrial envían hacia el cielo y la radiancia espectral en las bandas ultravioleta, azul e infrarroja, con una exigencia más estricta en la banda azul (380-499 nm) dentro de las Áreas de Protección Especial: 1

% del rango visible, frente a 7 % en el resto del país. En cambio, los reglamentos de Energía regulan poco estos aspectos. El Decreto Supremo N°2 no limita la luz hacia el cielo y solo pide la tabla de distribución de intensidades y el Decreto Supremo N°51, si bien sí fija intensidades máximas, cuenta con valores más permisivos, sumado a ello que ninguno de los dos reglamentos establece límites de radiancia espectral.

Pese a esto, el Decreto Supremo N°2 de 2014 (art. 39) y N°51 de 2015 (art. 37) disponen que, en los casos en que existan normas de emisión lumínica, deberá estarse a ellas en lo que fueren incompatibles con el reglamento respectivo. En consecuencia, ante una contradicción, prevalece la norma ambiental en el aspecto específico en que exista la incompatibilidad, manteniéndose vigentes las demás disposiciones de los reglamentos. Sin embargo, dichas cláusulas no establecen cómo se armonizan los demás parámetros asociados a la clase afectada, ni coordinan las competencias de fiscalización de la SEC y la SMA, lo que refuerza la necesidad de revisar la normativa, a fin de actualizar estos últimos para adecuarlos al marco ambiental vigente. Pese a esto, ambos reglamentos contemplan que, en aquellos aspectos específicos en que se produzcan discrepancias, prevalecen las exigencias establecidas por la normativa ambiental.

De este modo, el diseño y operación de las instalaciones de alumbrado debe compatibilizar las condiciones de visibilidad y los parámetros luminotécnicos exigidos para cada tipo de vía o espacio con los límites ambientales aplicables, considerando tanto su clasificación como su localización y las demás condiciones de aplicación de la normativa.

3.3. Adecuación de la infraestructura e implementación

La aplicación de las exigencias ambientales debe considerar los plazos de cumplimiento establecidos para las fuentes nuevas y existentes, así como las diferencias territoriales. En materia de protección astronómica, la Resolución Exenta Nº455 de 2024 clasifica a Coquimbo y La Serena como comunas cercanas a los sitios astronómicos y a Copiapó como comuna lejana. Diego de Almagro, por su parte, se encuentra fuera de las áreas astronómicas. En consecuencia, las cuatro comunas no están sujetas al mismo régimen territorial de adecuación (MMA, 2024b).

Para las fuentes existentes de Coquimbo y La Serena, el régimen astronómico contempla, como regla general, un plazo máximo de cumplimiento hasta el 19 de octubre de 2029, sin perjuicio de las excepciones aplicables y de la obligación de cumplir si el recambio ocurre antes. En Copiapó, las fuentes existentes comprendidas en la excepción por distancia pueden adecuarse al momento del recambio, sin ese plazo máximo. Para Diego de Almagro, el régimen general contempla el cumplimiento de las fuentes existentes al momento del recambio, desde el 19 de octubre de 2026. Las fuentes nuevas deben cumplir desde el 19 de octubre de 2024 en las áreas astronómicas y desde el 19 de octubre de 2026 en el resto del territorio. Estas reglas deben aplicarse considerando, además, si la instalación se encuentra sujeta a exigencias especiales por protección de la biodiversidad (MMA, 2023; MMA, s. f.-b).

Los costos de adecuación fueron discutidos durante la consulta pública del anteproyecto, realizada en 2021. CORNELEC advirtió posibles aumentos en el precio de las luminarias y en el gasto eléctrico municipal para mantener los niveles de iluminación bajo las restricciones espectrales propuestas. El Ministerio del Medio Ambiente respondió que el Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) consideraba tanto los costos de recambio y las diferencias entre tecnologías como los ahorros asociados a la sustitución de equipos antiguos (MMA, s. f., observaciones 61–62, p. 13). Este antecedente permite identificar los costos

de transición como una dimensión relevante de la implementación, sin demostrar dificultades específicas en las ciudades estudiadas.

En este contexto, la adecuación de la infraestructura puede requerir inversiones, planificación del recambio y coordinación institucional para compatibilizar las exigencias ambientales con las necesidades de iluminación de los espacios públicos. Desde la perspectiva del presente estudio, resulta pertinente distinguir estas condiciones de implementación de los requisitos establecidos en la norma: conocer las exigencias aplicables no permite determinar, por sí solo, el estado de adecuación de las instalaciones ni la capacidad de los municipios para renovarlas y mantenerlas.

Finalmente, a la fecha de esta revisión existen dos procesos de actualización del Decreto Supremo N°1 de 2022 que deben considerarse por separado. El primero corresponde a la revisión del Decreto Supremo N°1 de 2022, cuyo expediente fue iniciado por el Ministerio del Medio Ambiente el 18 de agosto de 2026. El segundo corresponde a la modificación de los plazos del Decreto Supremo N°1 de 2022, iniciada el 20 de agosto de 2026. Ambos procesos se encuentran actualmente en elaboración (MMA, 2026). Sin embargo, el iniciado en 20 de agosto cuenta con un pronunciamiento mediante Decreto Supremo N° 55, de 15 de octubre de 2026, que modifica Decreto Supremo N°1, de 2022, extendiendo sus plazos.

Por tanto, es necesario distinguir entre la revisión general de la norma y el procedimiento específicamente orientado a modificar sus plazos de implementación. La existencia de estos procesos no implica que, por sí sola, las disposiciones actualmente vigentes hayan sido modificadas; sino que mientras no concluya su tramitación y se aprueben los cambios correspondientes, el régimen vigente continúa siendo el establecido por el Decreto Supremo N°1 de 2022.

3.4. Tensiones del debate

La revisión normativa muestra que la regulación del alumbrado público contempla distintas necesidades de seguridad según las características de las vías y los espacios. En el tránsito vehicular, las exigencias consideran la visibilidad de la calzada, la distribución de la iluminación y el control del deslumbramiento; en los espacios peatonales, incorporan condiciones para advertir obstáculos y reconocer personas. Asimismo, se establecen requisitos particulares para áreas conflictivas, pasarelas, pasos bajo calzada y espacios de reunión. Estas disposiciones permiten identificar una preocupación por las condiciones en que las personas circulan y utilizan el espacio público durante la noche.

Desde esta perspectiva, la pregunta por la seguridad tiene un primer nivel normativo: ¿qué condiciones busca resguardar la regulación mediante estas exigencias? Los parámetros revisados abordan principalmente condiciones de visibilidad y reconocimiento del entorno. Su relación con la seguridad es relevante, pero requiere distinguir entre facilitar un desplazamiento seguro, permitir la identificación de otras personas y contribuir a la prevención de delitos. Aunque estas dimensiones pueden relacionarse, no son equivalentes. Por ello, la existencia de requisitos luminotécnicos constituye un punto de partida para examinar la protección que ofrece el marco regulatorio, sin resolver por sí misma su suficiencia frente a los distintos problemas de seguridad.

La necesidad de compatibilizar estas condiciones con los límites ambientales estuvo presente en la consulta pública del anteproyecto de norma lumínica, realizada en 2021. SOFOFA solicitó revisar la compatibilidad de la propuesta con la iluminación necesaria para la operación de servicios y la prevención de delitos. El

Ministerio del Medio Ambiente respondió que la norma no proponía instalar menos luminarias de las necesarias para la seguridad y que los máximos de emisión se establecerían considerando los requisitos de las normas de referencia (MMA, s.f.). Este intercambio documenta una preocupación planteada durante la elaboración de la norma y una respuesta institucional basada en la compatibilidad entre estándares; no constituye, por sí mismo, evidencia sobre sus efectos en el crimen.

La articulación recogida en el texto aprobado, que vincula los límites ambientales con las clases de alumbrado sectoriales, permite situar el debate en el alcance de la protección normativa (MMA, 2023, art. 5). Desde esta perspectiva, interesa examinar cómo las exigencias conjuntas atienden las necesidades de iluminación de los distintos espacios y qué aspectos de la seguridad quedan sujetos a una evaluación adicional. Determinar si las condiciones técnicas exigidas contribuyen efectivamente a prevenir delitos requiere complementar la revisión normativa con evidencia sobre los resultados observados.

Por tanto, la pregunta sobre la suficiencia normativa requiere distinguir el alcance de las exigencias, su cumplimiento efectivo y su relación con los resultados en seguridad. En este último plano se sitúa el presente estudio, que busca aportar evidencia sobre la relación territorial entre infraestructura de iluminación pública y delitos, sin que este análisis constituya por sí solo una verificación del cumplimiento luminotécnico de las instalaciones ni de los efectos de restricciones ambientales específicas. Esta distinción permite conectar el marco regulatorio con las condiciones de seguridad observadas, manteniendo delimitado el aporte de la investigación.

4. Metodología

La consultoría corresponde a un estudio cuantitativo de carácter observacional y enfoque espacial, basado en datos administrativos georreferenciados.

Su objetivo es examinar la relación espacial entre la infraestructura de iluminación pública y la ocurrencia de delitos en las ciudades de Copiapó, Coquimbo, La Serena y Diego de Almagro. Como se mencionó previamente, si bien el diseño original contempló la ciudad de Antofagasta, durante el desarrollo del estudio se constató la falta de un catastro georreferenciado de luminarias con características comparables a las demás ciudades, en atención a información solicitada por ley de transparencia. Por esta razón, y previo acuerdo con la contraparte técnica de la Oficina para la Protección de la Calidad del Cielo del Norte de Chile, Antofagasta fue reemplazada en los análisis por Diego de Almagro.

Considerando la información disponible, el diseño combina dos aproximaciones con distinto alcance inferencial. Para las cuatro ciudades principales, el catastro de iluminación no cuenta con fecha de instalación o activación de las luminarias, por lo que el análisis es transversal y de tipo correlacional: sus resultados describen asociaciones espaciales entre la densidad de iluminación y la distribución de delitos, sin habilitar conclusiones causales. La comuna de Diego de Almagro, en cambio, dispone de una fecha de referencia, el término de las obras de reposición de alumbrado público, lo que habilitó la posibilidad de incorporar un componente cuasiexperimental, mediante un análisis pre-post y una estrategia de comparación.

Todos los análisis se sustentan en una grilla regular como unidad espacial común, sobre la cual se integran los casos policiales, la infraestructura de iluminación y las covariables territoriales, con el fin de asegurar la comparabilidad entre ciudades. La grilla está compuesta por celdas regulares de 150 × 150 metros y

constituye la unidad mínima de observación para los análisis descriptivos, de correlación, autocorrelación espacial y regresión.

4.1. Fuentes de datos y unidad de análisis

La información delictual proviene de la base de casos policiales de la Subsecretaría de Prevención del Delito (SPD), disponible por comuna para el período 2015–2026. Cada registro corresponde a un caso policial georreferenciado a nivel de eje vial e incluye la clasificación del delito, fecha, hora y comuna de ocurrencia. Sobre esta base, se aplican tres procesos de homologación: la clasificación de cada hecho según los dominios de agrupación de delitos de la SPD; la asignación de un valor de gravedad mediante el Índice de Daño del Delito (IDD, actualización 2026) de Fundación Paz Ciudadana; y la identificación de los casos vinculados a la tipología de iluminación peatonal según las Orientaciones Técnicas Situacionales de la SPD. Tras estos procesos, la base analítica queda conformada por 379.822 casos policiales en las cuatro ciudades de estudio. Cabe señalar que estos registros capturan únicamente los hechos denunciados o que derivaron en detención, por lo que la cifra negra del delito no queda representada, limitación inherente a toda estadística policial.

Para aumentar la pertinencia territorial de la exposición a iluminación pública, el universo analítico se restringe además a los casos cuyo lugar de ocurrencia corresponde a "vía pública". De este modo, se excluyen hechos registrados en domicilios particulares, establecimientos comerciales u otros espacios interiores cuya exposición directa al alumbrado público no resulta comparable.

Junto con la frecuencia total y el daño acumulado, la base conserva distintas desagregaciones de los casos policiales: grupo y subgrupo delictual, año, mes, combinación año-mes, día de la semana y condición de luz natural al momento del hecho. Estas variables permiten posteriormente caracterizar la asociación con la infraestructura de iluminación bajo distintas dimensiones del fenómeno delictual.

La infraestructura de iluminación pública proviene de catastros municipales obtenidos mediante ley de transparencia, así como también facilitados por la OPCC y la Fundación Cielos de Chile.[9] Es importante destacar que, según diseño original, la información solicitada por Fundación Paz Ciudadana incorporó los campos establecidos en la Tabla 1, de manera de no acceder solamente a la densidad de luminarias, sino que también a características de la infraestructura.

Tabla 1. Variables requeridas y solicitadas para análisis espacial y de impacto

Variable	Descripción
ID único	Identificador del poste o luminaria
Coordenadas	Ubicación geográfica (latitud/longitud o coordenadas proyectadas)
Fecha de activación[10]	Fecha de activación de la luminaria o del poste[11]
Tipo de luminaria	Tecnología utilizada (LED, sodio, haluro metálico u otra)

[9] Es importante destacar igualmente que se realizó una solicitud vía ley de transparencia a la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) para disponer de un catastro único a nivel nacional. Si bien la SEC compartió una base de datos a Fundación Paz Ciudadana, se consideró de manera conjunta con la OPCC que la información presentaría problemas de actualización que podrían afectar la validez de los resultados, toda vez que la variable APOYO_ALUMBRADO indicaba en la mayor parte de los registros que la instalación no poseía apoyo para alumbrados (de acuerdo con la información reportada por la empresa y disponible en los sistemas de la Superintendencia). Es así como se tomó la decisión con la OPCC de trabajar con los catastros municipales.

[10] Se mencionó que, si no era posible obtener esa fecha, se agradecía incorporar la que mejor se le aproxime, como la fecha de instalación.

[11] Se mencionó que el formato preferido era es día/mes/año, pero si no estaba disponible en ese nivel de detalle, se recibiría mes/año y, en último caso, solo el año.

Potencia instalada	Potencia nominal de la luminaria (W), si se dispone
Altura de montaje	Altura del poste o luminaria, si se dispone
Estado operativo	Operativa, fuera de servicio, en mantención, etc.
Coordenadas	Lat, Long

Fuente: Elaboración propia.

La información recibida sobre catastros municipales permitió construir indicadores de cantidad y densidad de luminarias por unidad espacial, pero no incorporaron de forma sistemática la fecha de instalación o activación de cada elemento[12], condición que restringió el análisis a su dimensión espacial en las ciudades en estudio. La comuna de Diego de Almagro constituye la excepción, al disponer de información sobre la fecha de término de las obras de reposición de alumbrado, lo que habilita para ese caso los análisis de carácter temporal.

Como variables de control se incorporaron covariables sociodemográficas y territoriales provenientes del Censo y de la Matriz de Bienestar Humano Territorial (MBHT), normalizadas hacia la misma unidad espacial de análisis. Entre las variables disponibles se encuentran la edad promedio de la población; índices territoriales asociados a áreas verdes, equipamiento cultural, deportivo, de salud y servicios, amplitud térmica y calidad de la vivienda; y variables censales de población, sexo, jefatura de hogar y vivienda.

La integración de estas fuentes, disponibles originalmente en geometrías y unidades heterogéneas, se realiza sobre una grilla regular de celdas de 150 metros, adoptada como unidad espacial común. Esta decisión estandariza la información sobre una misma geometría y reduce los problemas asociados al uso de unidades administrativas de tamaño y forma variable, mitigando el Problema del Área Modificable (MAUP). Cada celda posee un identificador único y constituye la unidad sobre la cual se construyen todas las variables analíticas.

Dado que los casos policiales se encuentran asociados a ejes viales, y que un mismo eje puede atravesar más de una celda, la asignación a la grilla se realiza de manera ponderada según la proporción de longitud del eje contenida en cada celda. Este procedimiento distribuye los casos y su valor de daño entre las celdas intersectadas, evitando la duplicación de registros y conservando los totales de origen. La infraestructura de iluminación se asigna por relación espacial directa cuando se dispone de su localización puntual, y las covariables territoriales se integran mediante procedimientos de agregación o transferencia espacial según la naturaleza de cada indicador.

Para operacionalizar la distribución de delitos se calcula, para cada fragmento de eje resultante de su intersección con la grilla, la variable PROP_EJE, definida como la razón entre la longitud del fragmento contenido en la celda (L_TRAMO_M) y la longitud original del eje (LARGO_M). Así, si un eje atraviesa más de una celda, los casos asociados a él se distribuyen proporcionalmente entre ellas, en lugar de replicarse íntegramente en cada celda.

La frecuencia ponderada asignada a cada fragmento corresponde a PROP_EJE, mientras que el daño ponderado se obtiene multiplicando el valor IDD del caso por dicha proporción. Posteriormente, estas contribuciones se suman por celda. El mismo procedimiento se aplica a las desagregaciones por grupo y subgrupo delictual, período de luz, día de la semana, año y combinación año-mes. De esta forma, la suma

[12] La información recibida tampoco contempló, en la mayoría de los casos, características asociadas a la luminaria (p. ej., tipo, potencia instalada, altura de montaje, estado operativo, entre otros).

de los valores ponderados mantiene los totales provenientes de los ejes originales y evita la sobreestimación producida por su segmentación espacial.

En el caso de las luminarias, se contabiliza el número de postes asociados a luminarias contenidos espacialmente en cada celda (N_LUMINARI) y, a partir de ese recuento y de la superficie de la celda, se construye el indicador de densidad de luminarias (DENS_LUM).

Las covariables provenientes de la MBHT y del Censo se transfieren a la grilla mediante procedimientos diferenciados según su naturaleza: los índices y variables continuas se agregan mediante promedio espacial, mientras que los indicadores de población y vivienda se incorporan mediante suma de las unidades asignadas a cada celda.

Tabla 2. Fuentes de datos e instrumentos de clasificación

Insumo	Fuente	Contenido	Cobertura	Función en el análisis
Casos policiales	Subsecretaría de Prevención del Delito (SPD)	Caso georreferenciado a eje vial: clasificación del delito, fecha, hora, comuna	4 comunas; 2015–2026	Variable dependiente (frecuencia y daño del delito)
Dominios de agrupación de delitos	Subsecretaría de prevención del delito	Diccionario de clasificación de tipologías delictuales	—	Homologación de los grupos de delito
Índice de Daño del Delito (IDD, act. 2026)	Fundación Paz Ciudadana	Ponderador de gravedad por tipo de delito	—	Métrica de severidad (daño ponderado)
Orientaciones Técnicas Situacionales	SPD	Tabla de intervenciones asociadas a delitos	—	Filtro de pertinencia: iluminación peatonal
Catastro de iluminación pública	Municipios, vía OPCC (solicitudes de transparencia)	Localización y cantidad de luminarias	Copiapó, Coquimbo, La Serena.	Variable de interés (densidad de luminarias)
Reposición de alumbrado – Diego de Almagro	OPCC	Fecha de término de obras	Diego de Almagro	Referencia temporal para pre-post y análisis con comparación
Covariables territoriales	Censo / Matriz de Bienestar Humano Territorial (MBHT)	Variables sociodemográficas y territoriales	4 comunas	Controles del análisis

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Variables e indicadores

Las variables del estudio se organizan según su función en el análisis. Los indicadores delictuales constituyen la variable dependiente; la densidad de iluminación pública es la variable de interés; las covariables territoriales operan como controles; y la percepción de inseguridad se incorpora como dimensión complementaria, a nivel agregado, distinta de la ocurrencia efectiva de delitos. La Tabla 3 sintetiza esta clasificación.

Tabla 3. Variables del estudio según su función

Función	Variable	Operacionalización
Dependiente	Frecuencia del delito	Conteo ponderado de casos por celda
Dependiente	Daño del delito	IDD ponderado por celda
De interés	Iluminación pública	Nº y densidad de luminarias por celda

Control	Covariables territoriales	Indicadores del Censo y la MBHT
Complementaria	Percepción de inseguridad	Indicadores ENUSC a nivel comunal

Fuente: Elaboración propia

4.2.1. Indicadores delictuales

La ocurrencia del delito se mide a través de dos indicadores complementarios. El primero es la frecuencia, definida como el conteo ponderado de casos policiales por celda. El segundo es el daño, que pondera cada delito según su gravedad mediante el Índice de Daño del Delito (IDD)[13], de modo de capturar el impacto diferenciado de cada tipología en lugar de tratar todos los hechos como equivalentes. El valor de daño se toma del diccionario IDD de Fundación Paz Ciudadana (2026) y, cuando un valor no se encuentra disponible, se completa con el valor asignado por el diccionario de la Subsecretaría de Prevención del Delito. En la etapa de modelamiento, ambos indicadores se transforman mediante Log(1+x), obteniéndose el logaritmo de la frecuencia delictual ponderada y el logaritmo del daño ponderado. Esta transformación permite reducir la fuerte asimetría positiva de las distribuciones y conservar en el análisis las celdas con valor cero.

El análisis se realiza de forma independiente para distintos grupos de delito, definidos en concordancia con las Orientaciones Técnicas Situacionales de Iluminación Peatonal de la Subsecretaría de Prevención del Delito.

Tabla 4. Grupos de delitos analizados

Nº	Grupo de delito
i	Robos con violencia o intimidación
ii	Robos por sorpresa
Iii	Hurtos
iv	Lesiones
v	Robo de vehículos motorizados o de sus accesorios
Vi	Daños
vii	Incivilidades (ebriedad y consumo/tráfico de drogas en la vía pública)

Fuente: Elaboración propia

Además del análisis por grupos específicos, para determinados análisis descriptivos y de correlación los casos se agrupan en dos grandes categorías: delitos e incivilidades. Esta agrupación permite comparar si la asociación observada entre densidad de luminarias y actividad delictual presenta diferencias según la naturaleza general de los hechos.

La dimensión temporal se operacionaliza mediante variables independientes para los siete días de la semana, para cada año del período disponible y para cada combinación año-mes. Estas variables permiten examinar la estabilidad o variación de la asociación entre luminarias y delito en distintas escalas temporales.

4.2.2. Clasificación según luz natural

Cada caso policial se clasifica según la condición de luz natural al momento del hecho, mediante imputación astronómica a partir de las tablas de salida y puesta de sol correspondientes a cada fecha, considerando las características del norte de Chile. Siguiendo a Xu et al., 2018, se distinguen cinco categorías: luz diurna, crepúsculo civil, crepúsculo náutico, crepúsculo astronómico y noche, siendo esta última la categoría de referencia (Tabla 5).

[13] Para más detalles, véase https://pazciudadana.cl/wp-content/uploads/dlm_uploads/2022/01/indice_delito2022.pdf

Tabla 5. Clasificación periodo luz de acuerdo con estación operativa y hora del caso policial

Estación operativa	Inicio	Fin	Periodo luz
Verano	00:00	05:17	night
	05:17	05:48	astronomical twilight
	05:48	06:18	nautical twilight
	06:18	06:45	civil twilight
	06:45	20:31	daylight
	20:31	20:58	civil twilight
	20:58	21:28	nautical twilight
	21:28	21:59	astronomical twilight
	21:59	24:00	night
Otoño	00:00	06:29	night
	06:29	06:56	astronomical twilight
	06:56	07:23	nautical twilight
	07:23	07:47	civil twilight
	07:47	19:56	daylight
	19:56	20:20	civil twilight
	20:20	20:47	nautical twilight
	20:47	21:14	astronomical twilight
	21:14	24:00	night
Invierno	00:00	06:10	night
	06:10	06:38	astronomical twilight
	06:38	07:08	nautical twilight
	07:08	07:33	civil twilight
	07:33	17:56	daylight
	17:56	18:22	civil twilight
	18:22	18:51	nautical twilight
	18:51	19:20	astronomical twilight
	19:20	24:00	night
Primavera	00:00	06:16	night
	06:16	06:43	astronomical twilight
	06:43	07:10	nautical twilight
	07:10	07:34	civil twilight
	07:34	19:38	daylight
	19:38	20:02	civil twilight
	20:02	20:29	nautical twilight
	20:29	20:56	astronomical twilight
	20:56	24:00	night

Fuente: Elaboración propia en base a reclasificación astronómica de Xu et al. (2018).

La clasificación se utiliza para comparar la distribución de los casos y la intensidad de su asociación con la densidad de luminarias bajo cinco condiciones distintas de luz natural. De esta manera, es posible evaluar si la asociación observada se concentra específicamente durante la noche o si también se reproduce durante períodos con presencia parcial o total de luz natural.

4.2.3. Indicadores de iluminación

La infraestructura de iluminación pública se operacionaliza a nivel de celda mediante el número de luminarias registradas y su densidad territorial. Estos indicadores describen la configuración existente del alumbrado, no su evolución en el tiempo, dado que los catastros disponibles para tres de las cuatro

ciudades principales no incorporan la fecha de instalación o activación de cada elemento. En consecuencia, en estas ciudades la iluminación se emplea como variable de interés en un análisis de asociación espacial y no como intervención con un momento de inicio definido.

Debe señalarse que esta variable representa la existencia y concentración territorial de infraestructura de iluminación, pero no mide directamente iluminancia, potencia efectiva, uniformidad, funcionamiento ni calidad lumínica. Por tanto, DENS_LUM se interpreta como un indicador de infraestructura instalada y no como una medición directa de las condiciones de iluminación experimentadas en cada celda.

4.2.4. Covariables territoriales de control

Con el fin de reducir el riesgo de atribuir a la iluminación diferencias que podrían obedecer a características estructurales del territorio, se incorpora un conjunto de covariables sociodemográficas y territoriales provenientes del Censo y de la Matriz de Bienestar Humano Territorial (MBHT). Estas capturan dimensiones como la desventaja socioeconómica concentrada, la inestabilidad residencial, la heterogeneidad poblacional, la accesibilidad y uso del suelo. Su inclusión reduce, sin eliminar por completo, el sesgo por variables omitidas, dado que factores como la circulación de personas, la presencia de comercio o el equipamiento urbano pueden asociarse simultáneamente a mayores niveles de iluminación y de oportunidad delictiva.

En los modelos finales, las covariables no se reducen mediante componentes principales, sino que se evalúan directamente a partir de los indicadores disponibles en la MBHT y el Censo. Para cada ciudad, se exploran combinaciones de hasta cinco covariables, manteniendo obligatoriamente DENS_LUM como variable principal de interés. La selección considera significancia estadística, ausencia de multicolinealidad elevada y ajuste global del modelo.

4.2.5. Percepción de inseguridad

De manera complementaria, se caracteriza la percepción de inseguridad a nivel comunal a partir de indicadores de la Encuesta Nacional Urbana de Seguridad Ciudadana (ENUSC). Esta dimensión responde a una pregunta distinta de la ocurrencia efectiva de delitos y no es intercambiable con ella: una zona puede concentrar temor al delito sin registrar una alta tasa de delitos, o a la inversa. Por ello, se reporta de forma separada y no se integra a los modelos de asociación delictual.

4.3. Análisis descriptivo

El análisis descriptivo caracteriza las variables del estudio en cuanto a magnitud, composición y comportamiento temporal, como paso previo al análisis espacial. Tiene carácter exploratorio y no establece asociaciones ni relaciones causales.

Los indicadores delictuales se describen según su volumen y composición: distribución de casos y daño entre las cuatro ciudades, desagregación por los grupos de delito y por condición de luz natural, y distribución temporal a lo largo del período 2015–2026 y por día de la semana. Las variables de iluminación y las covariables territoriales se resumen mediante medidas de tendencia central y dispersión.

Complementariamente, se calculan correlaciones de Pearson entre la densidad de luminarias y los principales indicadores delictuales. Estas correlaciones se estiman para la frecuencia y daño total, sus transformaciones logarítmicas y los delitos nocturnos, y posteriormente se desagregan según tipo de caso,

período de luz natural, año y día de la semana. Este análisis permite explorar la consistencia temporal y temática de la asociación antes de incorporar variables de control.

Para la dimensión mensual se construyen matrices año-mes y representaciones gráficas tipo mapa de calor (*heatmap*), con el objeto de identificar patrones de estacionalidad y variaciones interanuales.

4.4. Análisis espacial

El análisis espacial identifica los patrones geográficos de concentración delictual y evalúa en qué medida se asocian territorialmente con la distribución de la infraestructura de iluminación. Su alcance es de co-localización espacial: describe dónde se concentran los delitos y si esas zonas coinciden con la presencia o ausencia de luminarias, sin estimar un efecto causal.

El procedimiento se estructura en dos pasos. Primero, se identifica la concentración del delito mediante estadísticos de autocorrelación espacial, aplicados tanto a la frecuencia como al daño: el I de Moran global (Moran, 1950) para determinar si existe estructura espacial no aleatoria, el estadístico Getis-Ord Gi* (Getis & Ord, 1992) para localizar concentraciones significativas (*hotspots*), y los indicadores locales de asociación espacial o LISA (Anselin, 1995) para detectar clústeres y valores atípicos. Luego, se verifica que la concentración observada no responda al azar mediante la función de Ripley's K (Ripley, 1976), que evalúa el agrupamiento a múltiples escalas de distancia. Las técnicas se resumen en la Tabla 6.

Tabla 6. Técnicas de análisis espacial

Técnica	Qué mide	Función en el análisis
I de Moran global (Moran, 1950)	Autocorrelación espacial general de la distribución delictual	Determinar si existe estructura espacial no aleatoria
Getis-Ord Gi* (Getis & Ord, 1992)	Concentraciones locales estadísticamente significativas (*hotspots*)	Localizar sectores de alta concentración de frecuencia y daño
LISA – I de Moran local (Anselin, 1995)	Clústeres locales y valores atípicos espaciales	Detectar agrupaciones de densidad lumínica y tasas delictuales
Función de Ripley's K (Ripley, 1976)	Agrupamiento a múltiples escalas de distancia	Confirmar que la concentración no es producto del azar e identificar su escala

Fuente: Elaboración propia

Los resultados se presentan cartográficamente para cada ciudad y grupo de delito, superponiendo la localización de las luminarias a los indicadores de concentración. Esta superposición permite describir coincidencias territoriales entre iluminación y delito, pero no aislar el papel de la iluminación frente a otras características del entorno, cuestión que se aborda en los modelos del apartado siguiente.

A su vez, para evaluar la dependencia espacial asociada a los modelos estadísticos OLS y GWR, se calcula adicionalmente el I de Moran global utilizando una matriz de pesos común basada en los ocho vecinos más cercanos (k = 8), estandarizada por fila. Esta misma especificación se mantiene para las cuatro ciudades y para todas las etapas del diagnóstico, permitiendo comparar directamente la autocorrelación de la variable dependiente y la autocorrelación remanente en los residuos.

La significancia se evalúa mediante el contraste analítico y mediante 999 permutaciones Monte Carlo. El procedimiento se aplica independientemente al logaritmo de la frecuencia delictual y al logaritmo del daño.

4.5. Modelos de asociación estadística

Con el fin de estimar la asociación entre la densidad de iluminación pública y la distribución delictual, controlando por características sociodemográficas y territoriales, se desarrolló una estrategia de modelamiento en dos etapas. Los modelos se estimaron de forma independiente para cada ciudad y para dos variables dependientes: el logaritmo de la frecuencia delictual ponderada y el logaritmo del daño delictual ponderado.

La estrategia de modelamiento se estructuró de manera secuencial. En una primera etapa se realizó una regresión exploratoria, evaluando distintas combinaciones de covariables sociodemográficas y territoriales, manteniendo en todos los casos la densidad de luminarias (DENS_LUM) como variable principal de interés. A partir de criterios de significancia estadística, multicolinealidad y ajuste mediante AICc, se seleccionó para cada ciudad la especificación que presentó el mejor desempeño para el logaritmo de la frecuencia delictual y el logaritmo del daño delictual.

Las especificaciones seleccionadas se estimaron posteriormente mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS), que funcionan como modelo global de referencia al asumir que la relación entre las variables es constante en todo el territorio. Sobre sus residuos se aplicó el I de Moran, con el propósito de evaluar si, una vez consideradas la densidad de luminarias y las covariables territoriales, permanecía dependencia espacial no explicada. La presencia de autocorrelación espacial significativa en los residuos indica que el modelo global no captura completamente la estructura territorial de los datos y justifica avanzar hacia una especificación capaz de representar variaciones espaciales en las relaciones estimadas (Anselin, 1995; Vadlamani & Hashemi, 2020).

En una tercera etapa se estimaron modelos de Regresión Geográficamente Ponderada (GWR) utilizando las mismas variables seleccionadas en los OLS. A diferencia del modelo global, el GWR estima un coeficiente específico para cada localización mediante una función kernel que asigna mayor peso a las observaciones espacialmente próximas. Se utilizó un kernel bi-square y un ancho de banda adaptativo, seleccionado mediante la minimización del AICc. De esta manera, fue posible examinar si la magnitud de la asociación entre densidad de luminarias y frecuencia o daño delictual variaba al interior de cada ciudad (Fotheringham et al., 1998; Lee, Leitner, & Paulus, 2024).

Finalmente, el I de Moran se aplicó nuevamente sobre los residuos de los modelos GWR, utilizando la misma estructura de pesos espaciales empleada en el diagnóstico de los OLS. Esto permitió comparar de manera consistente la autocorrelación espacial de la variable original, de los residuos OLS y de los residuos GWR, evaluando en qué medida cada etapa del modelamiento lograba capturar la estructura espacial presente en los datos.

Cuando la estimación local presentó problemas de singularidad que impidieron obtener una solución numéricamente estable, el modelo GWR no fue forzado ni interpretado. Este fue el caso de Diego de Almagro, donde las especificaciones GWR para frecuencia y daño no pudieron estimarse de manera estable.

Tabla 7. Modelos de asociación estadística

Modelo	Qué estima	Referencia
Regresión exploratoria	Evalúa combinaciones de variables explicativas y selecciona especificaciones considerando significancia, multicolinealidad y ajuste mediante AICc.	Burnham y Anderson (2004)

OLS global	Relación promedio entre densidad de luminarias y tasa de delitos; sirve como línea base diagnóstica	Anselin (1995)
GWR (regresión geográficamente ponderada)	Coeficiente local por celda, para captar la heterogeneidad espacial de la relación	Lee et al. (2024); Fotheringham et al. (1998)

Fuente: Elaboración propia

4.6. Análisis ciudad de Diego de Almagro

A diferencia de las tres ciudades principales, la comuna de Diego de Almagro dispone de una referencia temporal, la fecha de término de las obras de reposición del alumbrado licitadas por la Ilustre Municipalidad de Diego de Almagro durante 2022, que tuvo como lugar el 20 de diciembre de 2023.

Esto permite incorporar dos análisis de naturaleza distinta: un análisis pre-post y un análisis de comparación de carácter cuasiexperimental, siendo este último el que habilita afirmaciones causales, y siempre condicionadas al cumplimiento de sus supuestos.

Cabe destacar que las obras incluyeron tanto la reposición de la totalidad de las luminarias existentes (1.575) como la extensión del alumbrado hacia áreas que no contaban con él (121 luminarias). De esta manera, es posible distinguir dos tipos de zonas: las zonas de reposición, que ya contaban con luminarias y fueron objeto de recambio, y las zonas de extensión, que reciben alumbrado público por primera vez. Dado que no existen zonas sin intervención dentro de la ciudad, el efecto de la reposición en sí requiere una comparación con otras comunas o con la secuencia temporal de instalación.

4.7. Limitaciones metodológicas

El presente estudio presenta limitaciones que condicionan el alcance de sus conclusiones y deben tenerse presentes al interpretar los resultados.

La limitación central es la ausencia de fecha de instalación o activación de las luminarias en las cuatro ciudades principales. Sin una referencia temporal, el análisis es transversal e identifica asociaciones espaciales, no efectos causales. En consecuencia, no permite descartar la causalidad inversa, que las autoridades instalen o refuercen la iluminación precisamente en las zonas de mayor criminalidad, lo que generaría una asociación espuria entre luminarias y delito, ni el sesgo por variables omitidas, dado que factores no observados como el flujo peatonal, la actividad comercial o la presencia de nodos de transporte pueden elevar simultáneamente la densidad de iluminación y la oportunidad delictiva, como documentan Lee et al. (2024) en Viena, Austria. Los controles socioeconómicos del Censo y la MBHT reducen este riesgo, pero no lo eliminan.

Los datos delictuales provienen de registros policiales, que capturan únicamente los hechos denunciados o que derivaron en detención. La cifra negra del delito no queda representada, y el subregistro varía según el tipo de delito y la zona, lo que puede distorsionar los patrones espaciales. Además, los casos se georreferencian a nivel de eje vial y no de punto exacto, y su distribución ponderada entre celdas introduce una aproximación espacial, más sensible a la resolución de 150 metros.

Los catastros de iluminación, obtenidos mediante solicitudes vía ley de transparencia como fue descrito previamente, presentan calidad heterogénea entre comunas y, al momento de la sistematización, no estaban disponibles en formato georreferenciado utilizable para Antofagasta, razón por la cual esta ciudad fue reemplazada por Diego De Almagro en los análisis espaciales, previo acuerdo con la contraparte técnica.

Tampoco incorporan información sobre el tipo de luminaria, su potencia ni su estado operativo, de modo que un elemento registrado no necesariamente se encuentra en funcionamiento; el indicador de densidad refleja infraestructura instalada, no iluminación efectiva.

La agregación sobre una grilla regular está sujeta al Problema del Área Modificable (MAUP): los resultados pueden variar según el tamaño y la definición de la celda. La resolución de 150 metros aumenta el detalle espacial, pero también la proporción de celdas con cero o pocos casos, lo que condiciona la estimación de los modelos y la estabilidad de los coeficientes. Asimismo, los resultados corresponden a relaciones observadas a nivel de celda y no deben interpretarse como relaciones individuales entre exposición a iluminación y riesgo de victimización.

La clasificación según luz natural se apoya en una imputación astronómica a partir de la hora registrada; asume que esa hora es correcta y no captura las condiciones locales reales (nubosidad, sombras, estado efectivo del alumbrado). La categoría "noche" es, por tanto, una aproximación astronómica de la exposición, no una medida directa de ella.

El horizonte 2015–2026 incluye otras políticas de seguridad, transformaciones urbanas y la pandemia de COVID-19, cuyos efectos sobre el delito son difíciles de separar de cualquier cambio asociado a la iluminación; esto es especialmente relevante para el análisis pre-post descriptivo, que no aísla el aporte del alumbrado. El análisis tampoco captura plenamente el desplazamiento territorial del delito hacia áreas contiguas, por lo que una reducción local observada no implica necesariamente una reducción neta.

El componente temporal de evaluación se concentra en una sola comuna, Diego de Almagro, con un número limitado de unidades espaciales y un contexto urbano distinto al de Copiapó, Coquimbo y La Serena, lo que restringe su validez externa. Los resultados obtenidos para esta comuna, por tanto, no deben extrapolarse directamente a las demás ciudades analizadas. Además, el emparejamiento equilibra únicamente las diferencias observables entre unidades tratadas y de comparación, por lo que pueden persistir diferencias preexistentes asociadas a factores no observados. La intervención corresponde, además, a una reposición de alumbrado existente, de modo que el "tratamiento" representa principalmente un cambio en las condiciones de infraestructura lumínica y no necesariamente la introducción de iluminación en sectores previamente carentes de ella.

Finalmente, la percepción de inseguridad está disponible únicamente a escala comunal (ENUSC), por lo que no puede vincularse espacialmente a la iluminación a nivel de celda y se reporta por separado. El análisis estadístico principal se concentra en la frecuencia y el daño de los hechos seleccionados por su pertinencia para iluminación peatonal y ocurridos en vía pública. La condición de luz natural, incluidos los hechos nocturnos, se incorpora como una dimensión complementaria de análisis, por lo que los resultados principales no deben interpretarse como exclusivos de la dinámica nocturna.

5. Resultados

5.1. Percepción de inseguridad y victimización comunal

5.1.1. Fuente y alcance de la ENUSC 2025

Los resultados de la presente sección provienen de la Encuesta Nacional Urbana de Seguridad Ciudadana (ENUSC). Desde 2003, el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) realiza esta encuesta en conjunto con la

Subsecretaría de Prevención del Delito. Su propósito es conocer cuántos hogares han sido víctimas de delitos y la percepción de inseguridad de la población (INE, s.f.).

Se presentan los resultados de la versión 2025, que es la última versión con estimaciones representativas a nivel comunal. La ENUSC entrega estimaciones regionales todos los años y estimaciones comunales cada dos años. Los resultados comunales de 2025 son la segunda medición de esa serie y permiten comparaciones con 2023 (Instituto Nacional de Estadísticas y Subsecretaría de Prevención del Delito, 2026d).[14]

5.1.2. Indicadores utilizados

La percepción de inseguridad es un constructo multidimensional que engloba al menos tres dimensiones conceptualmente distinguibles: el temor afectivo al crimen (respuesta emocional ante la posibilidad de ser víctima), la evaluación cognitiva del riesgo (estimación de la probabilidad de ser víctima) y las conductas de evitación o restricción derivadas del temor (Ferraro & LaGrange, 1987; Lorenc, y otros, 2013). Para su operacionalización, se sigue el marco institucional establecido por el INE y la Subsecretaría de Prevención del Delito en el Informe Metodológico ENUSC 2025 (Instituto Nacional de Estadísticas, 2026). Dicho informe define la percepción de inseguridad a partir de la dimensión de seguridad personal, desagregada en cuatro subdimensiones:

Tabla 8. Indicadores y variables percepción de inseguridad y victimización

Subdimensión	Indicador	Variable(s)	Categorías utilizadas	Fórmula de cálculo comunal
Tendencia del delito	Porcentaje de personas que perciben un aumento de la delincuencia en su comuna.	P_AUMENTO_COM	1 = Aumentó	Personas que responden «Aumentó» / población de referencia de cada pregunta × 100. Se calcula por separado para cada variable.
Sensación de seguridad	Porcentaje de personas que se sienten inseguras o muy inseguras al caminar solas por su barrio cuando está oscuro	P_INSEG_OSCURO_1	1 = Muy inseguro/a 2 = Inseguro/a	Personas que responden «Muy inseguro/a» o «Inseguro/a» / población de referencia del indicador × 100.
Problema del delito	Porcentaje de personas que perciben que determinados desórdenes ocurren siempre en su barrio.	P_DESORDENES_1 P_DESORDENES_4 P_DESORDENES_6	5 = Siempre	Personas que responden «Siempre» / población de referencia de cada pregunta × 100. Se calcula por separado para cada variable.
	Porcentaje de personas que perciben que determinadas situaciones delictivas ocurren siempre en su barrio.	P_INCIVILIDADES_6 P_INCIVILIDADES_7	5 = Siempre	Personas que responden «Siempre» / población de referencia de cada pregunta × 100. Se calcula por separado para cada variable.
Cambios en el comportamiento	Porcentaje de personas que han dejado de	P_MOD_ACTIVIDADES_1 P_MOD_ACTIVIDADES_3	1 = Sí	Personas que declaran haber abandonado la

[14] Por esta razón no se usó la ENUSC 2024. Para ese año, el INE publicó resultados comunales solo mediante estimación de áreas pequeñas, que clasifica como estadísticas experimentales (INE, s.f.-b)

	realizar determinadas actividades por temor a ser víctimas de algún delito	P_MOD_ACTIVIDADES_7 P_MOD_ACTIVIDADES_8		actividad por temor / población a la que aplica la pregunta × 100. Se calcula por separado para cada actividad.
Victimización *(contraste)*	Porcentaje de hogares victimizados por delitos violentos.	VH_DV	1 = Sí	Hogares victimizados por delitos violentos / total de hogares del universo de estimación comunal × 100.
	Indicador de contraste— Porcentaje de hogares victimizados por delitos consultados.	VH_DC	1 = Sí	Hogares victimizados por delitos consultados / total de hogares del universo de estimación comunal × 100.

Fuente: Elaboración propia a partir del Informe metodológico de la ENUSC 2025 (Instituto Nacional de Estadísticas, 2026).

5.1.3. Resultados por ciudad

La Tabla 9 presenta los indicadores de percepción de inseguridad definidos en la propuesta metodológica para las comunas de Copiapó, Coquimbo y La Serena, según la ENUSC 2025. Los indicadores se organizan en cuatro subdimensiones: tendencia del delito, sensación de seguridad, problema del delito en el barrio y cambios en el comportamiento por temor. Como contraste, se agregan dos indicadores de victimización de hogares. Para dar contexto, se incluyen los valores de la región a la que pertenece cada comuna y el total nacional. Todas las estimaciones corresponden al área urbana de cada comuna y se refieren a personas de 15 años o más, salvo la victimización, que se mide en hogares.

Tabla 9. Indicadores de percepción de inseguridad y victimización, ENUSC 2025 (%)

Subdimensión	Indicador	Copiapó	Coquimbo	La Serena	Región Atacama	Región Coquimbo	Nacional
Tendencia del delito	Percibe aumento de la delincuencia en su comuna	77,5	75,7	75,2	78,6	75,7	70,5
Sensación de seguridad	Se siente inseguro/a caminando solo/a por su barrio cuando está oscuro	64,3	60,0	59,8	62,1	60,6	65,5
Problema del delito: desórdenes[1]	Rayados sin autorización	12,2	9,1	11,3	10,7	10,6	17,5
	Consumo de alcohol o drogas en la vía pública	36,8	21,5	29,2	36,4	28,9	38,5
	Sitios eriazos o acumulación de basura	31,3	23,7	31,8	28,9	29,3	30,2
Problema del delito: situaciones delictivas[1]	Robos o asaltos en la vía pública	14,3	5,6	7,6	12,8	6,9	16,5
	Balaceras o disparos	15,3	7,1	6,1	14,2	7,2	15,2
Cambios en el comportamiento[2]	Dejó de caminar solo/a	42,3	39,3	39,4	41,3	39,6	40,1
	Dejó de usar celular o artículos electrónicos en público	61,6	61,3	62,3	58,4	61,3	66,6

	Dejó de caminar por ciertas áreas o lugares	64,8	49,2	64,6	62,8	58,3	63,0
	Dejó de salir de noche	59,0	49,9	55,2	57,0	53,5	57,3
Victimización (contraste)[3]	Hogares víctimas de delitos violentos	6,7	5,2	3,6	6,2	4,6	7,9
	Hogares víctimas de delitos consultados	35,2	34,0	36,7	32,9	34,4	37,7

Fuente: Elaboración propia a partir de INE y SPD (2026a; 2026b; 2026c) para las comunas, INE y SPD (2026e; 2026f) para las regiones, e INE y SPD (2026d) para el total nacional.

Nota. Porcentaje de personas de 15 años o más del área urbana, salvo victimización, que es porcentaje de hogares. Ninguna de las estimaciones comunales aparece clasificada como poco fiable o no fiable. El INE no informa pruebas de diferencia entre comunas, ni entre comuna y región o país, por lo que la tabla es descriptiva. [1] Personas que perciben que la situación ocurre "siempre o casi siempre" en su barrio; [2] Solo personas que realizaban la actividad; [3] Últimos 12 meses.

Los resultados de la Tabla 9 muestran que la percepción de aumento de la delincuencia en la comuna es alta y similar en las tres comunas estudiadas. En 2025, un 77,5% de las personas en Copiapó, un 75,7% en Coquimbo y un 75,2% en La Serena consideraron que la delincuencia había aumentado en su comuna durante los últimos doce meses (INE y SPD, 2026a, 2026b, 2026c). Estos valores superan el promedio nacional (70,5%) y se asemejan a los de sus respectivas regiones, que alcanzan 78,6% en Atacama y 75,7% en Coquimbo (INE y SPD, 2026d, 2026e, 2026f). La distancia entre la comuna con el valor más alto y la del valor más bajo es de apenas 2,3 puntos porcentuales, por lo que en este indicador no se observa una diferencia relevante entre comunas.

Un patrón similar se aprecia en la sensación de inseguridad al caminar solo o sola por el barrio cuando está oscuro, el indicador más directamente vinculado al uso nocturno del espacio público. Copiapó registra el valor más alto (64,3%), seguido de Coquimbo (60,0%) y La Serena (59,8%). Las tres comunas se ubican por debajo del promedio nacional (65,5%) o muy cerca de él, y la diferencia entre Copiapó y las otras dos comunas ronda los cuatro puntos porcentuales. Por lo tanto, aunque cerca de seis de cada diez personas declaran sentirse inseguras al caminar de noche por su barrio, este nivel no distingue a estas comunas del resto del país.

Las diferencias más marcadas entre comunas aparecen en la percepción de problemas delictivos y desórdenes en el barrio. Copiapó presenta las proporciones más altas de personas que perciben "siempre o casi siempre" robos o asaltos en la vía pública (14,3%), balaceras o disparos (15,3%) y consumo de alcohol o drogas en la vía pública (36,8%). En robos y balaceras, los valores de Copiapó duplican aproximadamente los de Coquimbo (5,6% y 7,1%) y La Serena (7,6% y 6,1%), y se acercan al promedio nacional (16,5% y 15,2%). Coquimbo, en cambio, registra los valores más bajos en la mayoría de estos indicadores. Destaca el consumo de alcohol o drogas en la vía pública (21,5%), que se sitúa 15,3 puntos porcentuales por debajo de Copiapó. La Serena ocupa una posición intermedia en los desórdenes, aunque presenta la mayor percepción de sitios eriazos o acumulación de basura (31,8%), en un nivel similar al de Copiapó (31,3%). Cabe señalar que Coquimbo y La Serena conforman una misma conurbación y, sin embargo, muestran perfiles distintos en la percepción de desórdenes, lo que indica que las condiciones de los barrios no son homogéneas dentro de un mismo sistema urbano.

En cuanto a los cambios de comportamiento por temor a ser víctima de un delito, las tres comunas comparten las mismas actividades más frecuentemente abandonadas: usar el celular o artículos electrónicos en público, caminar por ciertas áreas o lugares y salir de noche. En la primera, los valores son prácticamente

iguales entre comunas (entre 61,3% y 62,3%) e inferiores al nacional (66,6%). Las diferencias se concentran en las otras dos actividades. En Coquimbo, el 49,2% de las personas dejó de caminar por ciertas áreas o lugares, frente a 64,8% en Copiapó y 64,6% en La Serena. Del mismo modo, el 49,9% dejó de salir de noche en Coquimbo, en comparación con 55,2% en La Serena y 59,0% en Copiapó. Así, Coquimbo muestra el menor grado de restricción de actividades, mientras que Copiapó supera levemente el promedio nacional tanto en caminar por ciertas áreas (63,0%) como en salir de noche (57,3%).

Los indicadores de victimización permiten contrastar estas percepciones con la ocurrencia declarada de delitos. En las tres comunas, la proporción de hogares víctimas de delitos violentos es inferior al promedio nacional (7,9%): 6,7% en Copiapó, 5,2% en Coquimbo y 3,6% en La Serena. La victimización por el conjunto de delitos consultados, en cambio, es similar entre comunas (entre 34,0% y 36,7%) y cercana al valor nacional (37,7%). Este contraste es especialmente visible en La Serena, que presenta la menor victimización por delitos violentos de las tres comunas, pero una percepción de aumento de la delincuencia prácticamente igual a la de Copiapó y Coquimbo. Esto confirma que la percepción de inseguridad y la ocurrencia efectiva de delitos no necesariamente se mueven en la misma dirección.

En síntesis, Copiapó concentra los valores más altos en la mayoría de los indicadores: percepción de situaciones delictivas y desórdenes en el barrio, inseguridad nocturna, restricción de actividades por temor y victimización por delitos violentos. Coquimbo presenta los niveles más bajos de percepción de desórdenes y situaciones delictivas, así como de restricción de actividades. La Serena se ubica en una posición intermedia en percepción, pero con la menor victimización violenta. En las tres comunas, la percepción de aumento de la delincuencia supera el promedio nacional, mientras que la victimización violenta se mantiene por debajo de él. Además, los resultados describen la situación en 2025 y no permiten establecer una relación con la infraestructura de iluminación pública ni atribuir las diferencias entre comunas a factores específicos. Esas relaciones se abordarán en los análisis espaciales del estudio.

5.2. Caracterización de la relación entre iluminación y delitos

Este apartado presenta los resultados del componente espacial y estadístico orientado a caracterizar la relación entre la infraestructura de iluminación pública y la actividad delictual en Copiapó, Coquimbo, La Serena y Diego de Almagro. La exposición se organiza desde la caracterización de la infraestructura y de los patrones delictuales hasta los análisis de asociación, autocorrelación espacial y modelamiento OLS y GWR. La interpretación se concentra en asociaciones espaciales y no en efectos causales de la iluminación.

5.2.1. Caracterización de la infraestructura de iluminación

La infraestructura de iluminación presenta una distribución espacial marcadamente heterogénea entre las cuatro áreas de estudio (Tabla 10). Coquimbo registra la mayor cobertura territorial, con luminarias en el 15,1% de las celdas, seguida por La Serena (12,5%), Copiapó (3,4%) y Diego de Almagro (0,8%). En términos absolutos, Coquimbo concentra también el mayor número de luminarias registradas (28.080), seguida por La Serena (20.751), Copiapó (14.142) y Diego de Almagro (2.464).

Tabla 10. Distribución de la infraestructura de iluminación en la grilla de análisis

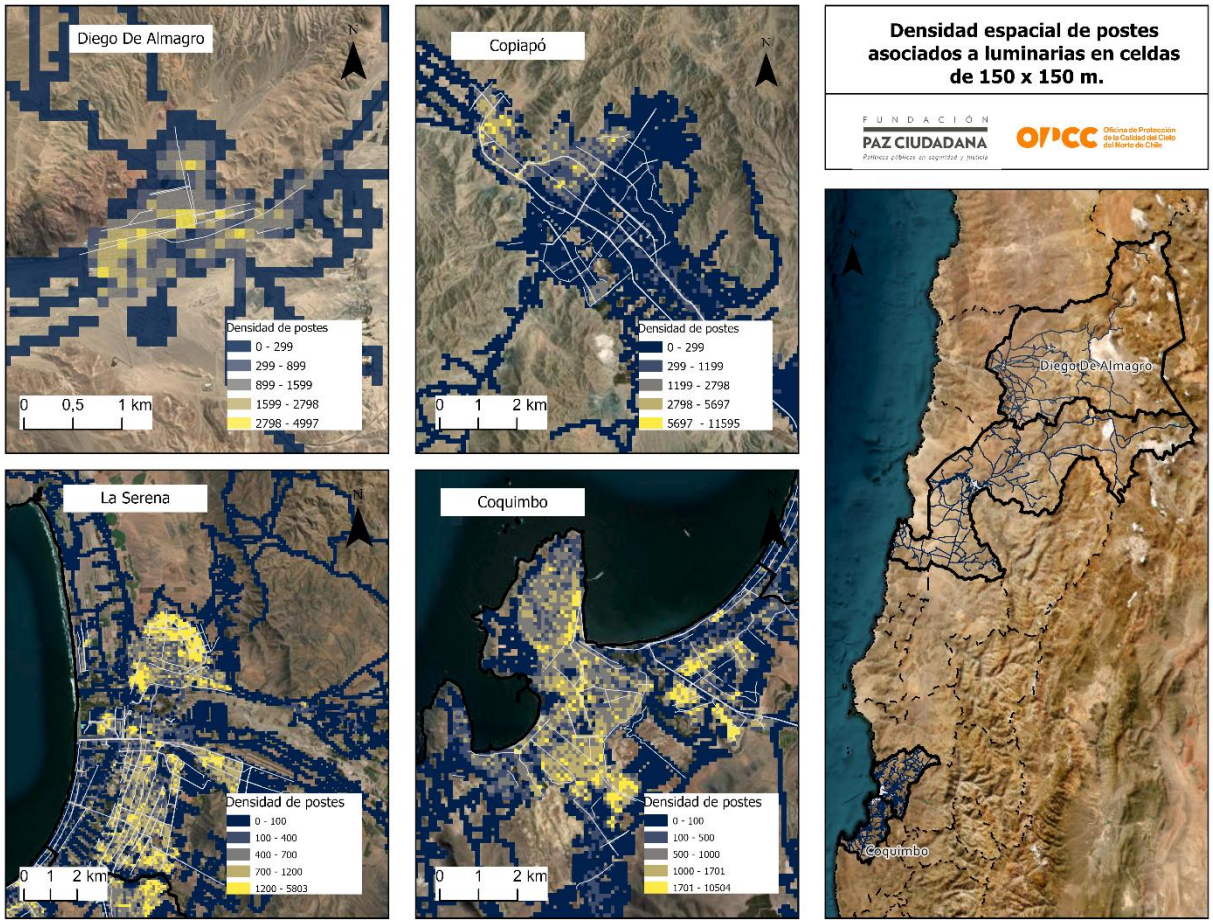
Ciudad	N celdas	% con luminarias	Total, luminarias	Media total	Media celdas > 0	Máx. por celda	CV
Copiapó	38.648	3,4%	14.142	0,37	10,75	116	8,53
Coquimbo	23.107	15,1%	28.080	1,22	8,06	105	3,13

La Serena	25.289	12,5%	20.751	0,82	6,55	58	3,29
Diego de Almagro	23.945	0,8%	2.464	0,10	12,57	50	13,40

Fuente: Elaboración propia a partir de registros SPD, catastros comunales de infraestructura de iluminación, Censo y BHT.
Nota: La media en celdas > 0 se calcula exclusivamente sobre celdas con al menos una luminaria registrada. CV: coeficiente de variación

La cobertura territorial no equivale, sin embargo, a una mayor concentración dentro de las celdas que sí presentan infraestructura. Al considerar únicamente las celdas con luminarias, Diego de Almagro presenta el mayor promedio de elementos por celda (12,57), seguido por Copiapó (10,75), Coquimbo (8,06) y La Serena (6,55). Los coeficientes de variación son especialmente altos en Diego de Almagro (13,40) y Copiapó (8,53), lo que evidencia una distribución más concentrada y desigual de la infraestructura en comparación con Coquimbo (3,13) y La Serena (3,29). La distribución espacial de la infraestructura lumínica por ciudad se puede encontrar en la Figura 1.

Figura 1. Distribución de la concentración espacial de infraestructura lumínica.



Fuente: Elaboración propia a partir de registros obtenidos vía ley de transparencia, OPCC y Fundación Cielos de Chile.

5.2.2. Distribución espacial y temporal de la actividad delictual

La actividad delictual presenta una distribución espacial fuertemente concentrada. Coquimbo registra la mayor proporción de celdas con presencia de delitos (23,3%), seguida por La Serena (18,0%), Copiapó (12,9%) y Diego de Almagro (5,1%). Por tanto, en todas las ciudades predomina un elevado número de

celdas sin registros delictuales, situación que explica la fuerte asimetría de las distribuciones de frecuencia y daño.

Distribución espacial de la frecuencia y el daño delictual

En términos de frecuencia ponderada, Coquimbo concentra el mayor volumen del período (2015 – marzo 2026), con 50.976 casos ponderados, seguida por La Serena (39.102), Copiapó (30.044) y Diego de Almagro (1.485), aunque se debe considerar que este último solo presenta datos entre 2020 y 2025. El daño acumulado reproduce en términos generales este orden: Coquimbo alcanza aproximadamente 19,0 millones de puntos IDD ponderados, La Serena 17,4 millones, Copiapó 13,7 millones y Diego de Almagro 0,18 millones. La mediana de ambas variables es igual a cero en las cuatro ciudades, reflejando que la mayor parte de las celdas no registra actividad delictual durante el período analizado. En la Tabla 11 se pueden observar otros valores estadísticos para frecuencia y daño.

Tabla 11. Distribución de la frecuencia y el daño delictual en la grilla de análisis

Ciudad	N celdas	% con delito	Frecuencia total	Media frecuencia	Daño total	Media daño	CV frecuencia	CV daño
Copiapó	38.648	12,9%	30.044,4	0,78	13.692.889,7	354,30	10,21	9,22
Coquimbo	23.107	23,3%	50.976,0	2,21	19.004.023,0	822,44	6,51	5,68
La Serena	25.289	18,0%	39.101,8	1,55	17.414.731,1	688,63	8,22	6,81
Diego de Almagro	23.945	5,1%	1.485,5	0,06	177.622,2	7,42	13,09	13,65

Fuente: Elaboración propia a partir de registros SPD, catastros comunales de infraestructura de iluminación, Censo y MBHT.
Nota: Frecuencia y daño corresponden a valores ponderados por la proporción del eje vial contenida en cada celda. CV: coeficiente de variación.

Al restringir el análisis a las celdas con valores positivos, las distribuciones continúan siendo marcadamente asimétricas (Tabla 12). La media supera ampliamente a la mediana en las cuatro ciudades, lo que evidencia que un conjunto reducido de celdas concentra valores muy superiores al comportamiento típico. En frecuencia, La Serena presenta la mayor mediana (2,20), aunque Coquimbo alcanza los percentiles superiores más altos (P90 = 22,15; P95 = 38,14). En daño, La Serena registra la mayor mediana entre celdas activas (1.085 puntos IDD ponderados), mientras Coquimbo y La Serena presentan valores muy similares en el extremo superior de la distribución.

Tabla 12. Intensidad de la frecuencia y el daño delictual en celdas con valores positivos

Ciudad	Mediana frecuencia	P90 frecuencia	P95 frecuencia	Mediana daño	P90 daño	P95 daño
Copiapó	0,29	16,30	27,77	142,27	7.332,91	13.661,79
Coquimbo	1,91	22,15	38,14	749,47	8.886,44	14.346,06
La Serena	2,20	18,06	30,33	1.085,43	8.610,79	14.258,74
Diego de Almagro	0,02	3,79	7,45	2,64	454,91	1.012,14

Fuente: Elaboración propia a partir de registros SPD, catastros comunales de infraestructura de iluminación, Censo y MBHT.
Nota: Estadísticos calculados únicamente sobre celdas con valores mayores que cero para cada indicador.

En conjunto, los resultados muestran que la actividad delictual no se distribuye homogéneamente sobre la grilla. Coquimbo presenta la mayor extensión territorial y volumen de actividad delictual, mientras La Serena destaca por una mayor intensidad mediana del daño en las celdas activas. Copiapó y, especialmente, Diego

de Almagro presentan distribuciones más concentradas, con una proporción elevada de celdas sin registros y valores altos localizados en una fracción reducida del territorio. Esta estructura sustenta el uso posterior de transformaciones logarítmicas y análisis de dependencia espacial.

En términos espaciales, los mapas incorporados en el Anexo permiten observar cómo esta concentración se organiza dentro de cada ciudad. Si bien frecuencia y daño presentan patrones generales semejantes, su distribución no es completamente coincidente: el daño tiende a concentrarse en focos más definidos, mientras la frecuencia presenta una extensión espacial algo mayor sobre la red vial urbana.

En Copiapó, ambos indicadores se concentran principalmente en el área urbana central y en corredores longitudinales de la ciudad. En Coquimbo, la distribución es más extendida y se articula en torno a sectores centrales, costeros y principales ejes de conexión. En La Serena, la concentración se localiza de manera marcada en el área central y sus corredores asociados, con focos de daño más definidos que los de frecuencia. En Diego de Almagro, debido a la menor escala urbana, ambos indicadores presentan un patrón más compacto y concentrado sobre el eje central de la localidad.

En conjunto, estas diferencias muestran que frecuencia y daño describen dimensiones territoriales complementarias: la primera da cuenta de dónde se acumula un mayor número de hechos, mientras que el daño permite identificar los sectores donde, además, se concentran delitos de mayor gravedad relativa.

Distribución según condición de los periodos de luz natural

La distribución de la actividad delictual según condición de luz natural muestra diferencias claras entre los períodos analizados (Tabla 13). En Copiapó, Coquimbo y La Serena, la luz diurna concentra el mayor volumen de casos ponderados y, al mismo tiempo, la mayor proporción de celdas con presencia delictual. La noche ocupa sistemáticamente el segundo lugar, mientras que los períodos de crepúsculo presentan niveles considerablemente menores tanto en volumen como en cobertura espacial.

En Copiapó se registran 16.806 casos ponderados durante la luz diurna y 10.057 durante la noche; en Coquimbo, 26.986 y 19.231, respectivamente; y en La Serena, 21.767 y 13.233. La proporción de celdas con delitos sigue el mismo patrón: 11,1 % durante el día y 9,0 % durante la noche en Copiapó; 20,8 % y 17,1 % en Coquimbo; y 15,7 % y 14,0 % en La Serena. En Diego de Almagro se observa un patrón distinto, con un volumen nocturno superior al diurno (772 frente a 553 casos ponderados) y una cobertura espacial levemente mayor durante la noche.

Los tres períodos de crepúsculo presentan una participación menor y relativamente similar entre sí. En conjunto, estos resultados muestran que la actividad delictual no se concentra exclusivamente durante la noche y que su distribución responde a una estructura temporal más amplia que la sola ausencia de luz natural. Este patrón es consistente con la asociación positiva entre densidad de luminarias y actividad delictual observada también durante el período diurno.

Tabla 13. Distribución de la frecuencia delictual ponderada según condición de luz natural

Ciudad	Período	Total ponderado	% del total de delitos comunales	% celdas con delitos	Mediana (>0)	P90	P95
Copiapó	Noche	10.057	33,5%	9,0%	0,61	7,57	11,80
Copiapó	Crepúsculo astronómico	1.059	3,5%	3,6%	0,39	1,98	2,64

Copiapó	Crepúsculo náutico	1.108	3,7%	3,4%	0,47	1,97	2,71
Copiapó	Crepúsculo civil	1.014	3,4%	3,7%	0,34	1,70	2,42
Copiapó	Luz diurna	16.806	55,9%	11,1%	0,27	9,94	17,00
Coquimbo	Noche	19.231	37,7%	17,1%	1,64	10,20	17,00
Coquimbo	Crepúsculo astronómico	1.675	3,3%	7,6%	0,58	2,09	3,08
Coquimbo	Crepúsculo náutico	1.634	3,2%	7,9%	0,55	1,95	2,82
Coquimbo	Crepúsculo civil	1.450	2,8%	7,0%	0,58	1,98	2,99
Coquimbo	Luz diurna	26.986	52,9%	20,8%	1,31	13,40	22,20
La Serena	Noche	13.233	33,8%	14,0%	1,31	7,54	12,80
La Serena	Crepúsculo astronómico	1.460	3,7%	5,9%	0,57	2,11	3,31
La Serena	Crepúsculo náutico	1.368	3,5%	5,7%	0,55	1,93	3,09
La Serena	Crepúsculo civil	1.273	3,3%	5,5%	0,56	1,97	2,81
La Serena	Luz diurna	21.767	55,7%	15,7%	1,46	11,10	18,80
Diego de Almagro	Noche	772	52,0%	3,1%	0,02	3,26	5,60
Diego de Almagro	Crepúsculo astronómico	72,1	4,9%	0,4%	0,66	1,56	1,85
Diego de Almagro	Crepúsculo náutico	53,6	3,6%	0,4%	0,39	1,06	1,47
Diego de Almagro	Crepúsculo civil	34,6	2,3%	0,2%	0,51	1,00	1,36
Diego de Almagro	Luz diurna	553	37,2%	2,8%	0,04	2,66	4,36

Fuente: Elaboración propia a partir de registros SPD, catastros comunales de infraestructura de iluminación, Censo y MBHT.
Nota: Los valores corresponden a frecuencia ponderada por celda. La mediana, P90 y P95 se calculan únicamente entre celdas con valores positivos.

Para complementar la caracterización temporal, se examinó la distribución espacial conjunta de la frecuencia delictual correspondiente a cada período de luz natural y la densidad de postes asociados a luminarias. Los mapas bivariados permiten identificar simultáneamente las celdas con mayores y menores niveles de ambas variables, distinguiendo aquéllas donde una alta concentración de actividad delictual coincide con una mayor densidad de infraestructura de iluminación de aquéllas donde predomina solo una de las dos dimensiones.

Esta representación permite evaluar si la coincidencia territorial entre iluminación y actividad delictual se concentra principalmente durante la noche o si se mantiene bajo distintas condiciones de luz natural. En términos generales, los patrones cartográficos muestran que las áreas de coincidencia entre valores elevados de ambas variables no se restringen al período nocturno, sino que también aparecen durante la luz diurna y los distintos períodos de crepúsculo.

Copiapó

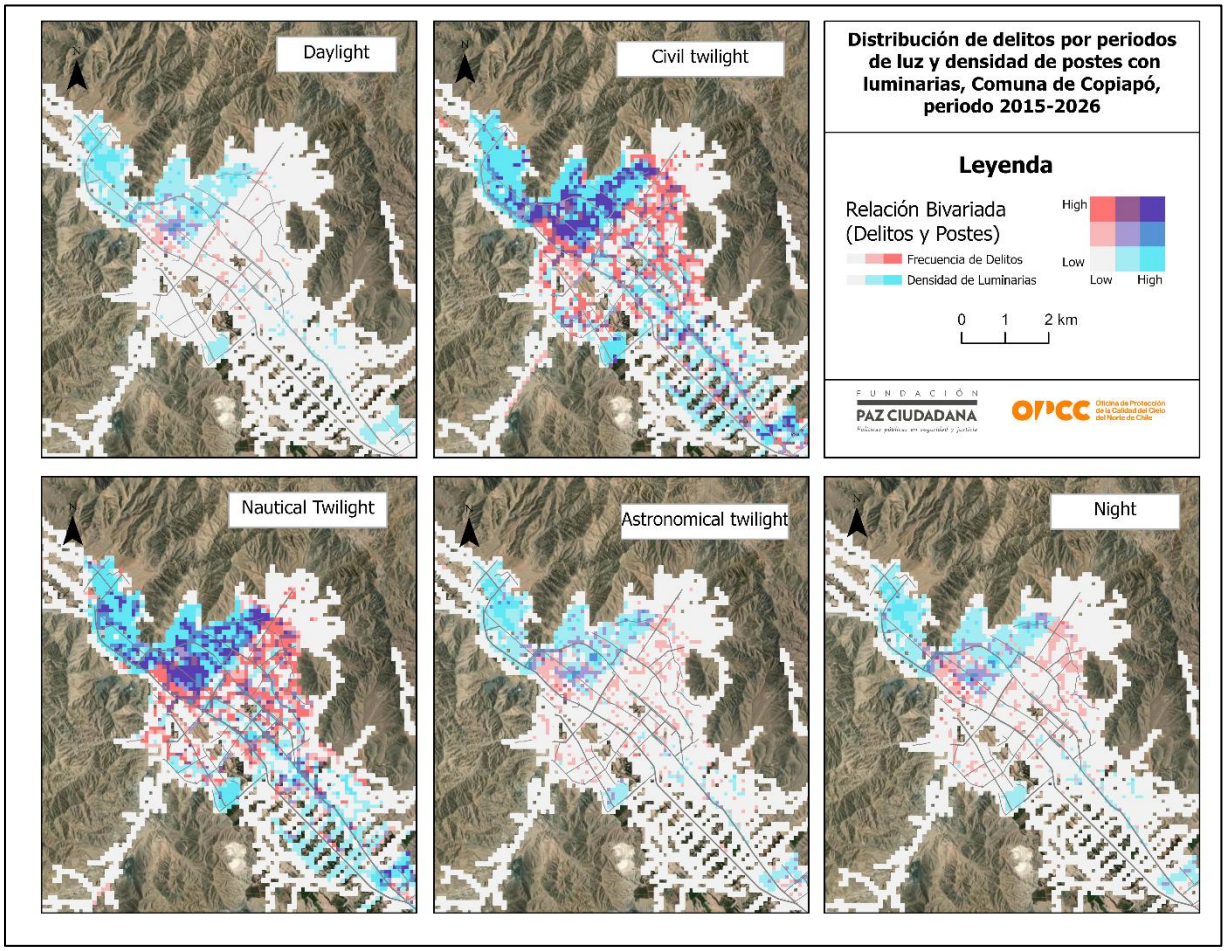
En Copiapó se observa una distribución relativamente fragmentada de la relación entre actividad delictual e infraestructura de iluminación. Las áreas de coincidencia entre valores altos de ambas variables se

concentran principalmente en sectores centrales y a lo largo de algunos ejes de la trama urbana. Sin embargo, también son visibles extensiones importantes en que predominan valores altos de densidad de luminarias acompañados de niveles relativamente menores de delito, así como sectores donde ocurre la situación inversa.

Este patrón resulta particularmente visible al comparar los distintos períodos de luz. Durante los crepúsculos civil y náutico aparecen concentraciones más extensas de clases asociadas a valores altos de ambas variables en el sector central de la ciudad, mientras que durante la noche la distribución del delito es más restringida y se observan numerosos sectores con infraestructura de iluminación relativamente elevada pero menor frecuencia delictual. Durante el día, en cambio, aparecen también celdas con mayor actividad delictual y menor densidad de iluminación.

La configuración de Copiapó, fuertemente condicionada por una trama urbana longitudinal dentro del valle, puede contribuir a que la infraestructura y la actividad se concentren en determinados corredores. Por ello, más que una correspondencia uniforme entre ambas variables, el mapa muestra una relación espacial heterogénea organizada en torno a ejes y sectores específicos.

Figura 2. Distribución bivariada de la frecuencia delictual y la densidad de postes asociados a luminarias según período de luz natural. Copiapó, 2015–2026.



Fuente: Elaboración propia a partir de registros SPD, catastros comunales de infraestructura de iluminación, Censo y MBHT.

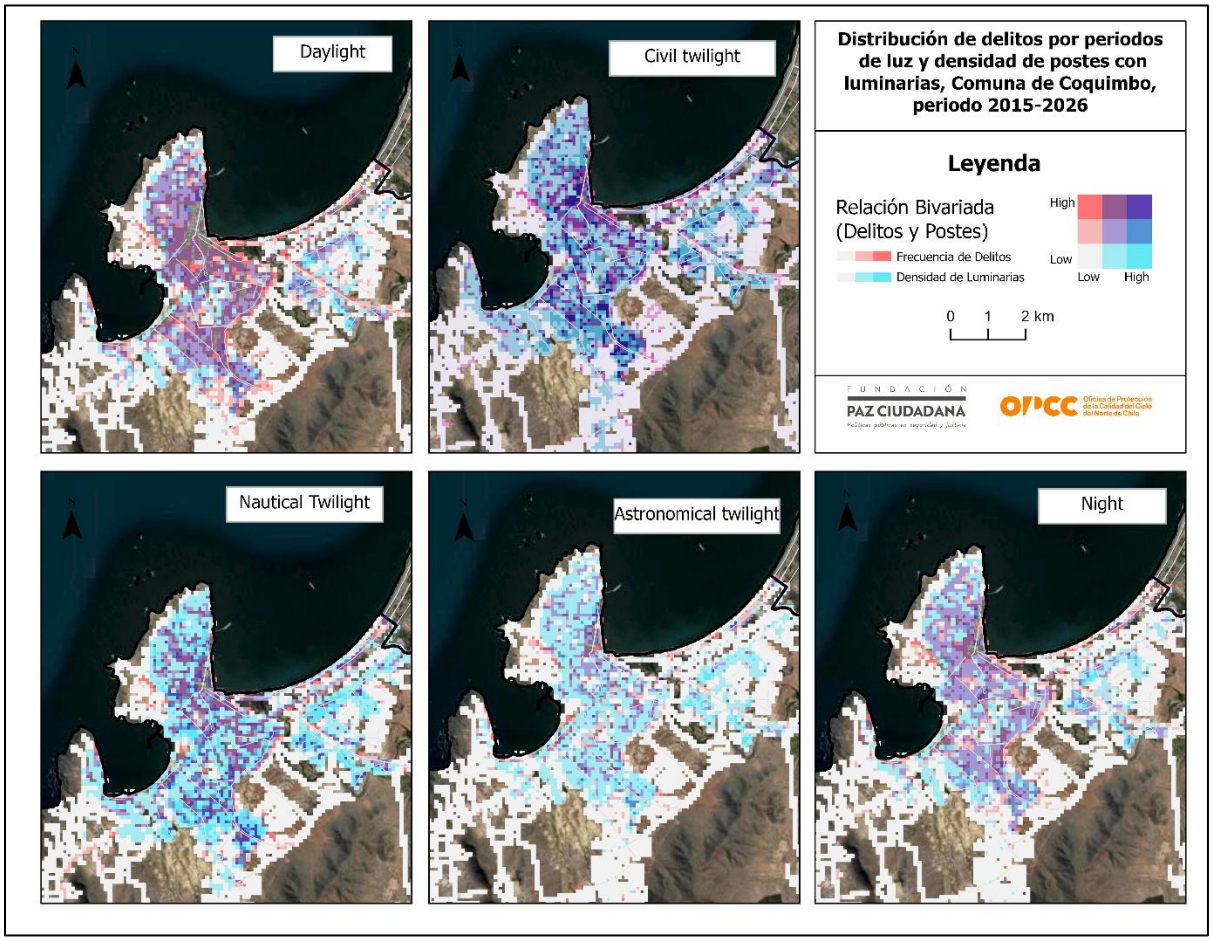
Coquimbo

Coquimbo presenta una coincidencia espacial comparativamente más extensa entre densidad de luminarias y actividad delictual. Las clases moradas se distribuyen de forma relativamente continua en sectores centrales y a lo largo de ejes que articulan la trama urbana, especialmente durante la luz diurna, los crepúsculos civil y náutico y la noche.

Al mismo tiempo, el mapa evidencia zonas con alta infraestructura de iluminación, pero menor actividad delictual, particularmente hacia sectores más periféricos o de prolongación de los principales corredores. También existen celdas con mayor frecuencia y menor densidad lumínica, aunque visualmente parecen tener una presencia menor respecto de las áreas donde ambas variables presentan valores medios o altos.

Esto sugiere que en Coquimbo existe una relación territorial relativamente fuerte, pero no uniforme. Su estructura urbana más extendida y articulada en torno a la costa, sectores centrales y corredores de conexión genera espacios con intensidades de uso muy diferentes, lo que puede explicar que algunas zonas concentren simultáneamente infraestructura y actividad delictual mientras otras concentren principalmente una de las dos dimensiones.

Figura 3. Distribución bivariada de la frecuencia delictual y la densidad de postes asociados a luminarias según período de luz natural. Coquimbo, 2015–2026.



Fuente: Elaboración propia a partir de registros SPD, catastros comunales de infraestructura de iluminación, Censo y MBHT.

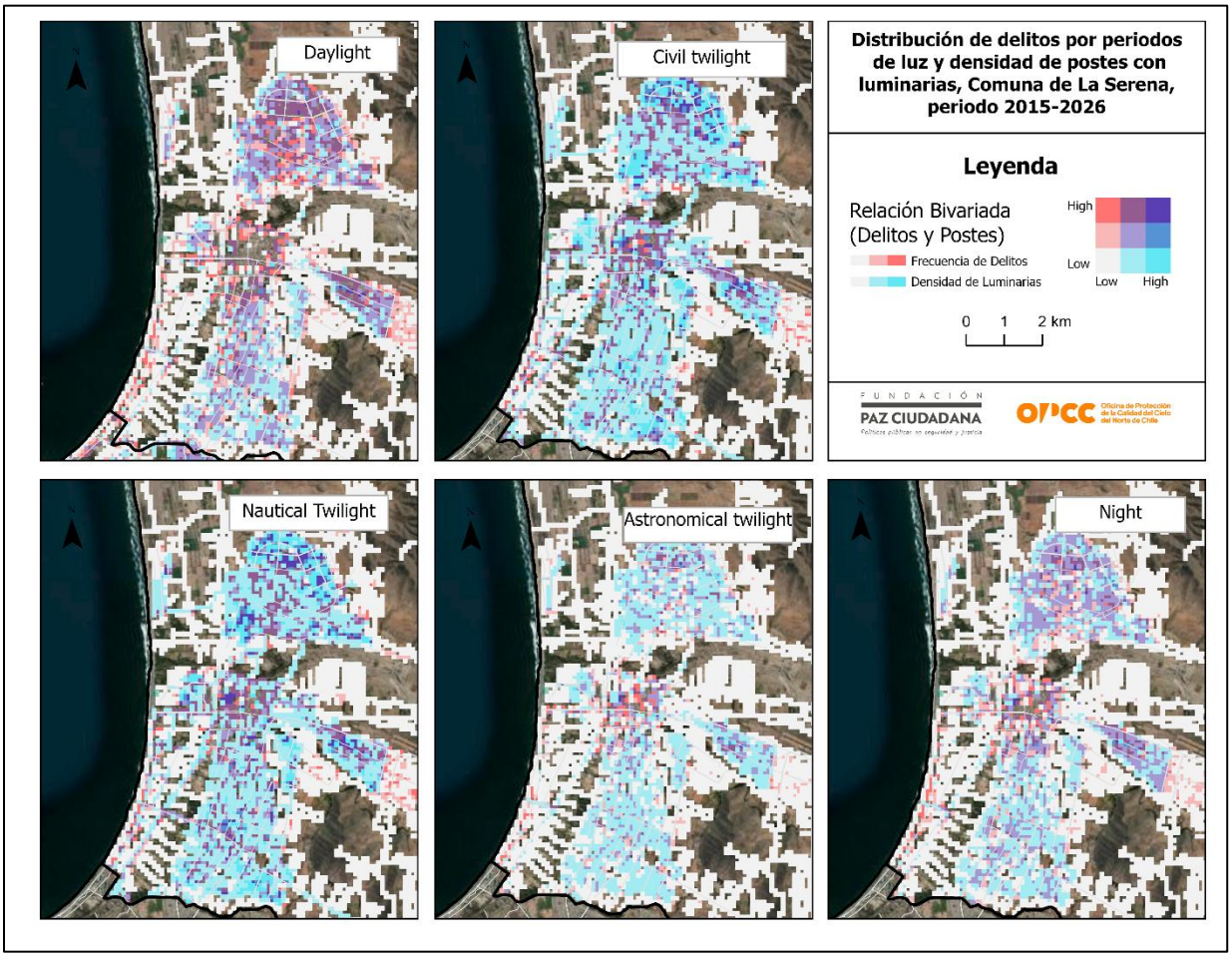
La Serena

La Serena muestra uno de los patrones de coincidencia más evidentes entre valores elevados de ambas variables. Las clases moradas aparecen recurrentemente en sectores específicos de la trama urbana y se mantienen bajo diferentes condiciones de luz natural, particularmente en los sectores centrales y en algunos corredores de conexión.

Sin embargo, tampoco se observa una superposición completa. Existen extensiones, especialmente hacia sectores periféricos y algunos corredores, donde predominan tonos celestes, correspondientes a mayores niveles relativos de infraestructura de iluminación con menor actividad delictual. También aparecen celdas rojizas, asociadas a niveles relativamente elevados de delito con menor densidad de luminarias.

La presencia simultánea de estos patrones es relevante: La Serena registra la correlación global más alta entre densidad de luminarias y log de delitos (r = 0,678), pero el mapa muestra que este valor global está compuesto por configuraciones locales diferentes. En consecuencia, la asociación positiva no significa que todas las zonas con alta densidad de luminarias presenten alta actividad delictual.

Figura 4. Distribución bivariada de la frecuencia delictual y la densidad de postes asociados a luminarias según período de luz natural. La Serena, 2015–2026.



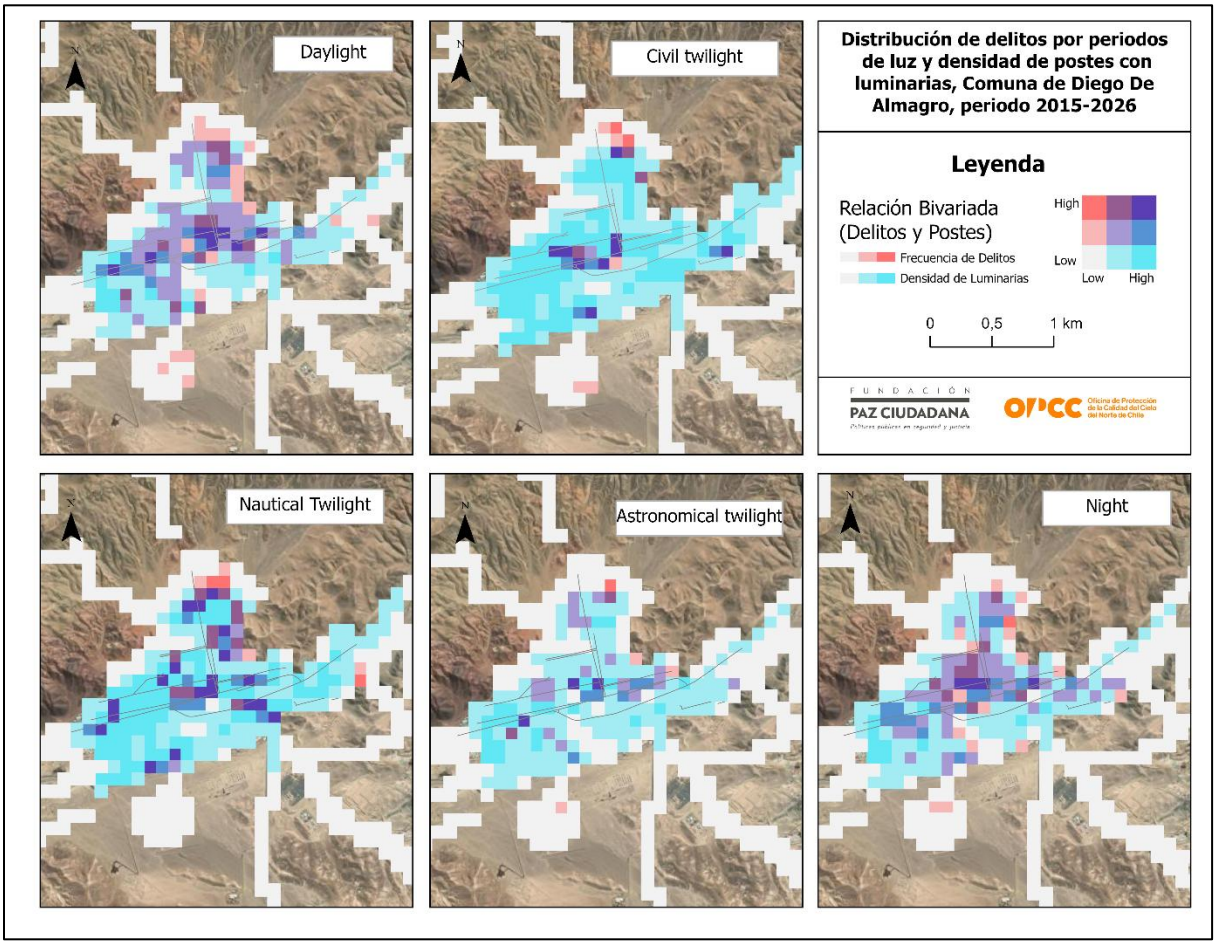
Fuente: Elaboración propia a partir de registros SPD, catastros comunales de infraestructura de iluminación, Censo y MBHT.

Diego de Almagro

Diego de Almagro presenta un patrón distinto debido a su escala urbana considerablemente menor y a la fuerte concentración de la infraestructura y de la actividad delictual en una porción reducida de la grilla. Las clases bivariadas se organizan principalmente sobre el eje urbano central y sus inmediaciones, con una extensión espacial mucho más acotada que en las otras ciudades.

Durante la noche se aprecia una presencia relativamente importante de celdas donde coinciden valores mayores de delito y densidad de luminarias, mientras que en los períodos de crepúsculo aparecen con claridad celdas con alta densidad de infraestructura y niveles más bajos de actividad delictual. Durante el día también se observa una combinación de sectores de coincidencia y otros con comportamientos divergentes.

Figura 5. Distribución bivariada de la frecuencia delictual y la densidad de postes asociados a luminarias según período de luz natural. Diego de Almagro, 2020 - 2025.



Fuente: Elaboración propia a partir de registros SPD, catastros comunales de infraestructura de iluminación, Censo y MBHT.

En esta comuna hay que ser especialmente cuidadosos con la interpretación visual, porque solo una fracción muy pequeña de las celdas contiene luminarias y también son pocas las celdas con actividad delictual. Por ello, unas pocas celdas pueden tener una influencia proporcionalmente mucho mayor sobre el patrón cartográfico que en las ciudades de mayor tamaño.

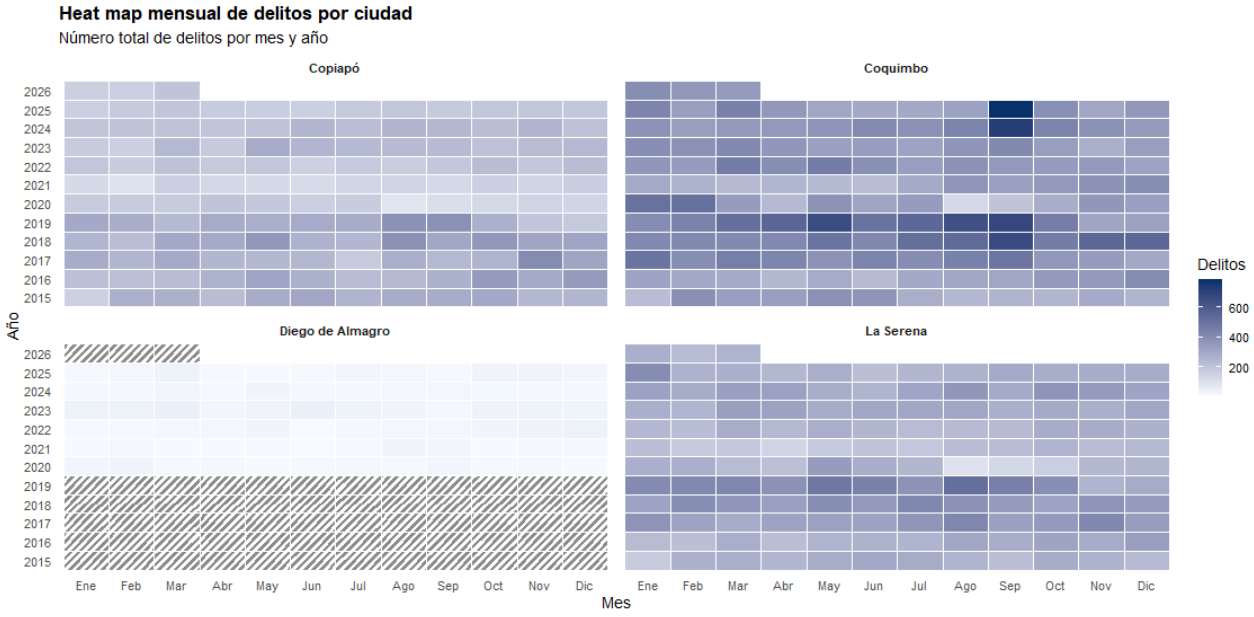
Esto puede ayudar a entender por qué, pese a observarse visualmente situaciones muy distintas dentro del territorio, la correlación global sigue siendo positiva (r = 0,597). A su vez, la escala reducida y la concentración de los datos probablemente contribuyen a la inestabilidad que posteriormente impide obtener una solución GWR robusta (como se observará más adelante).

Distribución temporal de la frecuencia y el daño delictual por ciudad

La evolución anual de la frecuencia delictual presenta patrones similares en Copiapó, Coquimbo y La Serena. Entre 2015 y 2019 se observan niveles relativamente elevados, con máximos en 2018 para Copiapó (3.529 casos ponderados) y en 2019 para Coquimbo (6.024) y La Serena (4.822). A partir de 2020 se registra una disminución marcada de la frecuencia, que se prolonga durante 2021 y coincide temporalmente con el período de mayores restricciones asociadas a la pandemia de COVID-19.

En comparación con 2019, el volumen ponderado disminuye aproximadamente 47,8 % en Copiapó, 36,2 % en Coquimbo y 45,4 % en La Serena durante 2020. Desde 2022 se observa una recuperación parcial de la actividad delictual, aunque los niveles posteriores no superan de manera sostenida los máximos registrados antes de 2020. Coquimbo alcanza nuevamente valores cercanos a 4.500-4.800 casos ponderados en 2024-2025, mientras que Copiapó y La Serena permanecen por debajo de sus máximos previos. En la Figura 6, es posible observar la variación descrita a través de un *heat map* para las cuatro ciudades analizadas.

Figura 6. Heat map mensual sobre la frecuencia de delitos por ciudad



Fuente: Elaboración propia a partir de datos SPD.
Nota. Diego De Almagro presenta datos desde 2020.

La distribución territorial de los valores positivos también varía entre años. En 2019 y 2023 aumenta la proporción de celdas con presencia delictual en las tres ciudades principales, aunque este aumento se acompaña de menores medianas entre las celdas positivas. Esto sugiere una mayor dispersión de valores de baja magnitud en la grilla, más que un aumento homogéneo de la intensidad delictual. Diego de Almagro

dispone de información desde 2020 y presenta una magnitud considerablemente menor que las demás ciudades; su mayor volumen se registra en 2023, con aproximadamente 270 casos ponderados.

Tabla 14. Variación anual de la frecuencia delictual ponderada

Ciudad	Año	Total	% celdas positivas	Media (>0)	Mediana (>0)	P90	P95
Copiapó	2015	3.031	2,75%	2,85	2	6	9
Copiapó	2016	3.148	2,65%	3,08	2	6	9
Copiapó	2017	3.122	2,60%	3,11	2	6	9
Copiapó	2018	3.529	2,84%	3,22	2	6	10
Copiapó	2019	3.351,83	5,77%	1,50	0,42	3,51	5,45
Copiapó	2020	1.751	2,24%	2,02	1	4	5
Copiapó	2021	1.538	2,07%	1,92	1	3	4
Copiapó	2022	2.148	2,61%	2,13	1	4	6
Copiapó	2023	2.635,67	5,76%	1,18	0,48	2,93	4,51
Copiapó	2024	2.517	2,75%	2,37	1	5	7
Copiapó	2025	2.029	2,47%	2,13	1	4	6
Copiapó	2026	472	0,89%	1,37	1	2	3
Coquimbo	2015	3.548	5,78%	2,66	1	5	7
Coquimbo	2016	3.601	5,53%	2,82	1	6	8
Coquimbo	2017	4.835	7,36%	2,84	2	5	8
Coquimbo	2018	5.783	7,26%	3,45	2	7	11
Coquimbo	2019	6.024,11	11,23%	2,32	0,97	5,05	8,81
Coquimbo	2020	3.845	6,87%	2,42	1	5	7
Coquimbo	2021	3.505	6,44%	2,36	1	4	7
Coquimbo	2022	4.370	7,40%	2,56	1	5	7
Coquimbo	2023	4.259,96	12,38%	1,49	0,71	3,32	5,11
Coquimbo	2024	4.789	7,49%	2,77	1	5	9
Coquimbo	2025	4.502	6,87%	2,84	1	5	8,65
Coquimbo	2026	1.046	2,85%	1,59	1	3	4
La Serena	2015	3.011	4,54%	2,62	1	5	8
La Serena	2016	3.168	4,71%	2,66	1	5	8
La Serena	2017	4.093	5,75%	2,82	1	5	8,40
La Serena	2018	4.259	5,41%	3,11	1	6	10,65
La Serena	2019	4.822,36	9,31%	2,05	0,74	4,13	6,89
La Serena	2020	2.634	4,84%	2,15	1	4	6
La Serena	2021	2.364	4,56%	2,05	1	3	6
La Serena	2022	2.928	5,15%	2,25	1	4	6,90
La Serena	2023	3.514,90	9,04%	1,54	0,68	2,84	4,79
La Serena	2024	3.711	5,79%	2,53	1	4,60	7
La Serena	2025	3.223	5,40%	2,36	1	4	7,80
La Serena	2026	699	1,82%	1,52	1	3	4

Diego de Almagro	2020	125	0,36%	1,44	1	2,40	4
Diego de Almagro	2021	99	0,31%	1,34	1	2	2,35
Diego de Almagro	2022	156	0,39%	1,68	1	3	4
Diego de Almagro	2023	269,93	1,69%	0,67	0,03	1,95	2,86
Diego de Almagro	2024	131	0,33%	1,68	1	3,30	4
Diego de Almagro	2025	161	0,40%	1,69	1	3,60	4,30

Fuente: Elaboración propia a partir de registros SPD, catastros comunales de infraestructura de iluminación, Censo y MBHT.
Nota: 2026 corresponde a información parcial y no es directamente comparable con los años completos. Para Diego de Almagro, la serie disponible comienza en 2020.

5.2.3. Autocorrelación y concentración espacial

El Índice Global de Moran confirma una elevada autocorrelación espacial positiva tanto para el logaritmo de la frecuencia como para el logaritmo del daño (Tabla 15). En las cuatro áreas de estudio los valores son significativamente superiores a los esperados bajo aleatoriedad espacial (p = 0,001), lo que indica que las celdas con valores similares tienden a localizarse próximas entre sí.

Tabla 15. I de Moran global de frecuencia y daño

Ciudad	Moran I - log delitos	Moran I - log daño
Copiapó	0,8431	0,7955
Coquimbo	0,7970	0,7613
La Serena	0,7936	0,7826
Diego de Almagro	0,7520	0,7070

Fuente: Elaboración propia a partir de registros SPD, catastros comunales de infraestructura de iluminación, Censo y MBHT.
Nota: Matriz de pesos espaciales basada en k = 8 vecinos más cercanos, estandarización por fila y 999 permutaciones. p = 0,001 en todos los casos.

La autocorrelación es elevada en las cuatro ciudades, aunque alcanza su mayor magnitud en Copiapó, tanto para frecuencia (I = 0,8431) como para daño (I = 0,7955). Coquimbo y La Serena presentan valores similares entre sí, mientras que Diego de Almagro registra valores relativamente menores, aunque igualmente altos y significativos. En todas las ciudades, además, la autocorrelación es ligeramente mayor para la frecuencia que para el daño. Estos resultados confirman que la distribución delictual presenta una estructura espacial definida y justifican profundizar en su configuración mediante indicadores locales.

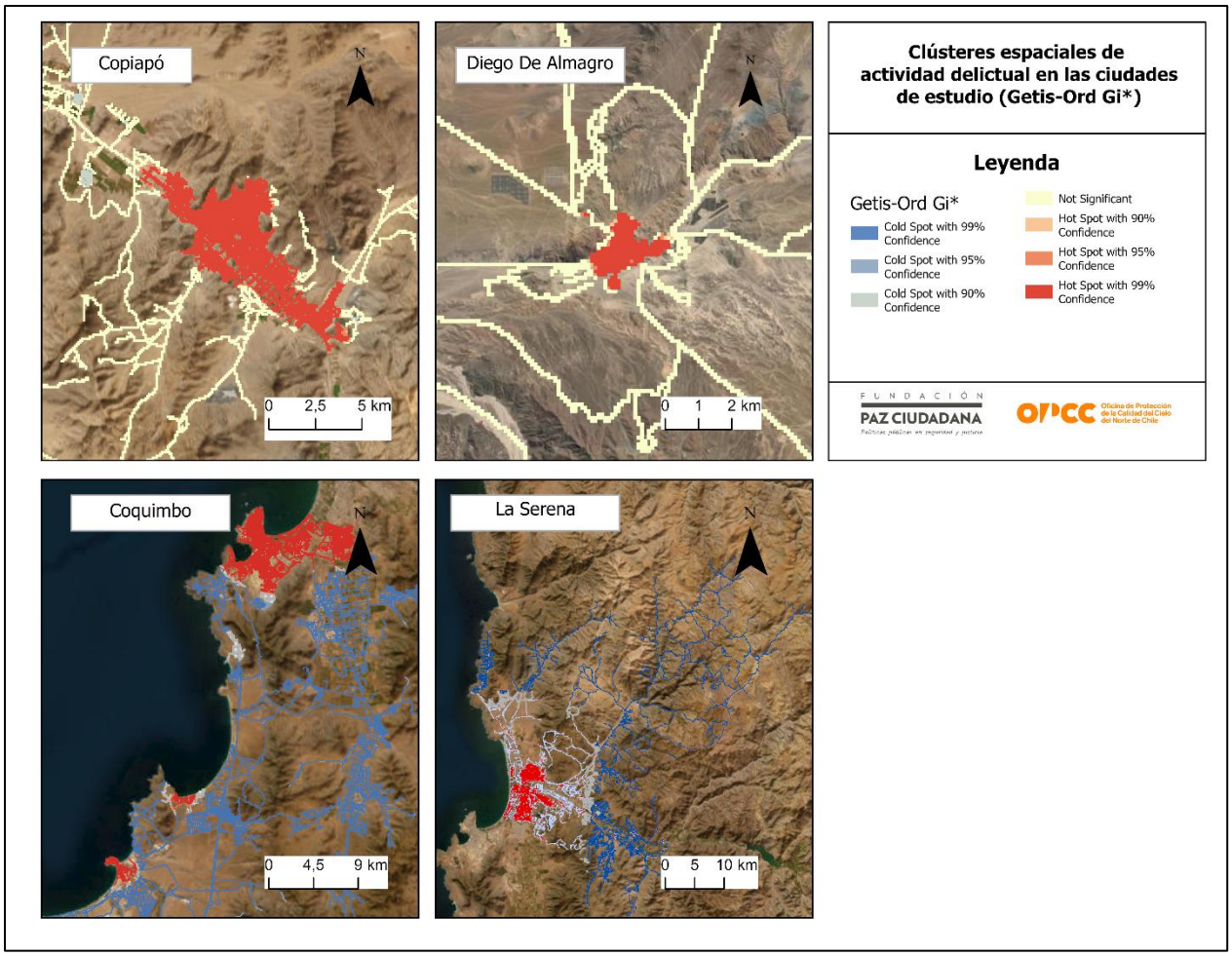
Concentración y asociación espacial de la frecuencia delictual

Para identificar dónde se localizan estas agrupaciones, se aplicaron los estadísticos locales Getis-Ord Gi* y Local Moran's I (LISA). El primero identifica concentraciones estadísticamente significativas de valores altos (hot spots) y bajos (cold spots), mientras que LISA permite reconocer clústeres de valores similares y valores espacialmente atípicos respecto de su entorno. En particular, los clústeres Alto–Alto corresponden a celdas con valores elevados de actividad delictual rodeadas de otras celdas que también presentan valores altos, mientras que los clústeres Bajo–Bajo identifican celdas con valores reducidos cuyos vecinos presentan igualmente una baja actividad delictual. Cuando estas asociaciones son estadísticamente significativas,

indican que la agrupación local observada difícilmente se explica por una distribución espacial aleatoria, bajo la hipótesis nula y el criterio de significancia utilizados.

Los resultados de Getis-Ord Gi* (Figura 7) muestran patrones diferenciados entre las ciudades. En Copiapó se identifica un hot spot amplio y continuo, principalmente significativo al 99%, que abarca el área urbana central y se prolonga hacia el sur siguiendo la estructura vial. En Diego de Almagro, el patrón es más compacto y se concentra en el núcleo urbano. La Serena presenta hot spots principalmente en el área urbana consolidada y sus corredores asociados, junto con cold spots hacia sectores periféricos. En Coquimbo, las concentraciones significativas presentan una configuración más localizada dentro de una trama extensa de áreas no significativas.

Figura 7. Clústeres espaciales de actividad delictual en las ciudades de estudio (Getis-Ord Gi*)

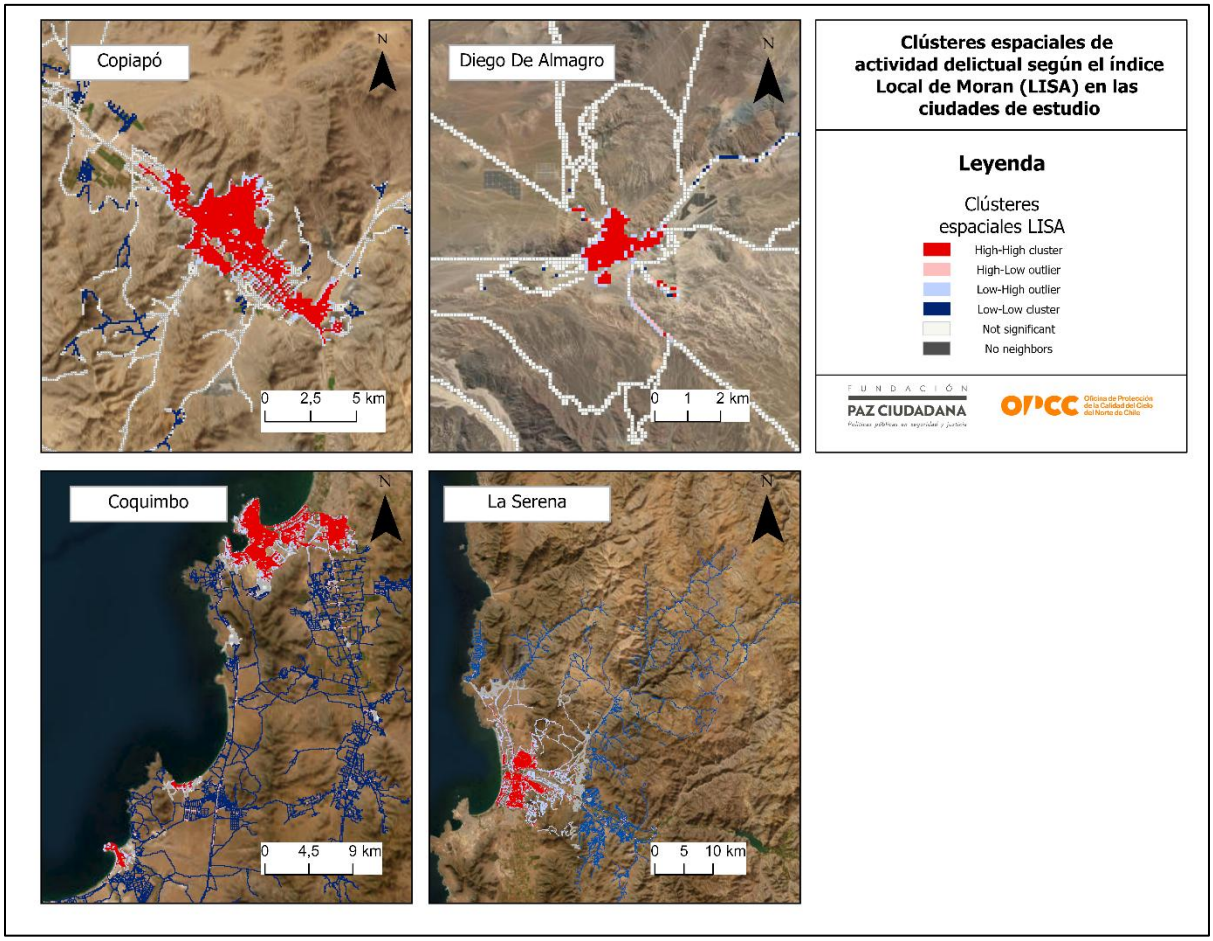


Fuente: Elaboración propia a partir de registros SPD.

El análisis LISA (Figura 8) complementa estos resultados al identificar clústeres Alto–Alto en las cuatro ciudades, coincidentes en términos generales con las principales áreas de concentración detectadas mediante Getis-Ord Gi*. En Copiapó, estos conforman un núcleo amplio y continuo en el área urbana central y su prolongación hacia el sur, mientras que en Diego de Almagro presentan una configuración más compacta en torno al núcleo urbano. En Coquimbo, los clústeres Alto–Alto se concentran principalmente en el sector norte de la ciudad, mientras que en La Serena se localizan en el área urbana consolidada y

sectores próximos a la costa. En estas dos últimas ciudades se observa, además, una presencia más extensa de clústeres Bajo–Bajo hacia sectores periféricos, lo que permite distinguir agrupaciones espaciales estadísticamente significativas de baja actividad delictual, en contraste con los sectores donde se concentran valores elevados.

Figura 8. Clústeres espaciales de actividad delictual según el Índice Local de Moran (LISA) en las ciudades de estudio



Fuente: Elaboración propia a partir de registros SPD.

En conjunto, los análisis globales y locales muestran que la actividad delictual presenta una estructura espacial significativa y diferenciada entre las ciudades, con núcleos de alta concentración y asociación espacial que se organizan principalmente en torno a las áreas urbanas consolidadas y sus principales corredores.

5.2.4. Asociación entre iluminación y actividad delictual

Las correlaciones de Pearson muestran una asociación positiva y estadísticamente significativa entre densidad de luminarias y los principales indicadores de actividad delictual en las cuatro ciudades. La asociación aumenta al utilizar las transformaciones logarítmicas de frecuencia y daño, especialmente en Coquimbo y La Serena (Tabla 16). Este resultado indica una relación espacial positiva entre la infraestructura de iluminación y la actividad delictual registrada, pero no permite establecer que una mayor densidad de luminarias produzca un aumento del delito.

Tabla 16. Correlación entre densidad de luminarias e indicadores delictuales

Ciudad	Delitos ponderados	IDD (daño) ponderado	Log delitos	Log IDD (daño)	Log delitos nocturnos (Periodo Night)
Copiapó	0,221***	0,241***	0,408***	0,392***	0,380***
Coquimbo	0,325***	0,387***	0,674***	0,631***	0,638***
La Serena	0,256***	0,305***	0,678***	0,669***	0,622***
Diego de Almagro	0,509***	0,573***	0,597***	0,532***	0,543***

Fuente: elaboración propia a partir de registros SPD, catastros comunales de infraestructura de iluminación, Censo y MBHT.
Nota: Correlaciones de Pearson. *** p < 0,001.

Al separar los hechos entre delitos e incivilidades, la relación positiva se mantiene en todos los territorios, pero es sistemáticamente más intensa para los delitos. La diferencia es especialmente marcada en Diego de Almagro, donde la correlación alcanza 0,673 para delitos y 0,410 para incivilidades (Tabla 17).

Tabla 17. Correlación según grandes tipos de casos

Ciudad	Delitos	Incivilidades
Copiapó	0,256***	0,167***
Coquimbo	0,371***	0,251***
La Serena	0,305***	0,183***
Diego de Almagro	0,673***	0,410***

Fuente: elaboración propia a partir de registros SPD, catastros comunales de infraestructura de iluminación, Censo Y MBHT.
Nota: *** p < 0,001.

La asociación se mantiene positiva en todos los períodos de luz natural, pero no alcanza sistemáticamente su valor máximo durante la noche. En Copiapó el valor nocturno es el mayor de los cinco períodos; en Coquimbo y La Serena la mayor asociación se observa en el crepúsculo náutico; y en Diego de Almagro la correlación más alta corresponde al período diurno. Este resultado refuerza la idea de que DENS_LUM también puede capturar características de centralidad, intensidad de uso y consolidación urbana.

Tabla 18. Correlación entre densidad de luminarias y delitos según período de luz

Ciudad	Noche	Astronómico	Náutico	Civil	Día
Copiapó	0,234***	0,210***	0,211***	0,174***	0,204***
Coquimbo	0,298***	0,324***	0,339***	0,329***	0,306***
La Serena	0,248***	0,267***	0,277***	0,267***	0,225***
Diego de Almagro	0,430***	0,280***	0,328***	0,158***	0,541***

Fuente: Elaboración propia a partir de registros SPD, catastros comunales de infraestructura de iluminación, Censo y MBHT.
Nota: *** p < 0,001.

Las correlaciones anuales permanecen positivas en todos los años con información disponible. Copiapó muestra una trayectoria relativamente estable; Coquimbo mantiene valores moderados y alcanza su máximo en 2020; La Serena presenta variaciones acotadas; y Diego de Almagro exhibe una mayor variabilidad interanual. Los valores de 2026 corresponden a información parcial.

Tabla 19. Correlación entre densidad de luminarias y delitos por año

Año	Copiapó	Coquimbo	La Serena	Diego de Almagro
2015	0,228	0,294	0,251	–
2016	0,212	0,288	0,236	–
2017	0,201	0,312	0,260	–

2018	0,161	0,280	0,235	–
2019	0,186	0,288	0,220	–
2020	0,193	0,339	0,282	0,442
2021	0,185	0,282	0,235	0,466
2022	0,219	0,305	0,253	0,313
2023	0,215	0,301	0,191	0,311
2024	0,226	0,278	0,208	0,392
2025	0,212	0,264	0,242	0,276
2026	0,160	0,226	0,209	–

Fuente: Elaboración propia a partir de registros SPD, catastros comunales de infraestructura de iluminación, Censo y MBHT.
Nota: Todas las correlaciones reportadas son significativas con $p < 0,001$. 2026 corresponde a un período parcial.

Por día de la semana, las diferencias son menores que las observadas entre ciudades. El sábado presenta la correlación más alta en Copiapó, Coquimbo y Diego de Almagro, mientras que en La Serena el valor máximo corresponde al domingo.

Tabla 20. Correlación entre densidad de luminarias y delitos por día de la semana

Día	Copiapó	Coquimbo	La Serena	Diego de Almagro
Lunes	0,205	0,310	0,248	0,333
Martes	0,211	0,304	0,232	0,370
Miércoles	0,209	0,312	0,249	0,314
Jueves	0,208	0,310	0,243	0,271
Viernes	0,206	0,318	0,234	0,387
Sábado	0,234	0,320	0,257	0,393
Domingo	0,214	0,309	0,274	0,385

Fuente: elaboración propia a partir de registros SPD, catastros comunales de infraestructura de iluminación, Censo y MBHT.
Nota: $p < 0,001$ en todas las correlaciones.

5.2.5. Modelos de asociación entre iluminación y delito

Como paso previo a la estimación de los modelos, se examinaron las características sociodemográficas y territoriales incorporadas como variables de control, considerando las celdas con población residente de cada ciudad. Los resultados muestran una edad promedio por celda relativamente similar entre los territorios, con valores que fluctúan entre 37,4 años en Copiapó y 38,5 en La Serena. En contraste, la población media por celda presenta diferencias más marcadas, alcanzando 283 habitantes en La Serena, 252 en Copiapó, 168 en Coquimbo y 30,8 en Diego de Almagro. En cuanto a los indicadores territoriales, La Serena presenta el mayor valor medio del índice de áreas verdes (6,17), mientras que Diego de Almagro registra los valores más elevados en los índices cultural (0,32), deportivo (4,08) y de servicios (4,94). Estas diferencias evidencian la heterogeneidad de las características territoriales consideradas en el análisis y permiten contextualizar su incorporación en los modelos de asociación estadística.

A partir de la regresión exploratoria, se seleccionó para cada ciudad una combinación de controles sociodemográficos y territoriales, manteniendo la densidad de luminarias (DENS_LUM) como variable principal de interés. La selección consideró la significancia estadística de las variables, la ausencia de problemas relevantes de multicolinealidad, utilizando como referencia un factor de inflación de la varianza (VIF) máximo de 5, y el ajuste comparativo mediante el criterio de información de Akaike corregido (AICc).

De este proceso se obtuvo una especificación diferenciada para cada ciudad y variable dependiente. Para el logaritmo de la frecuencia delictual, los modelos seleccionados incorporaron edad promedio, índice de salud, calidad de la vivienda y número de viviendas particulares en Copiapó; edad promedio, índice de áreas verdes, índice cultural, calidad de la vivienda y número de mujeres en Coquimbo; edad promedio, índice cultural, índice de salud, calidad de la vivienda y número de mujeres en La Serena; y edad promedio, índice cultural, calidad de la vivienda, número de jefaturas de hogar y viviendas particulares en Diego de Almagro.

Para el logaritmo del daño delictual, la especificación seleccionada incluyó edad promedio, índice de salud, calidad de la vivienda y número de mujeres en Copiapó; edad promedio, índice de áreas verdes, índice cultural, índice de servicios y calidad de la vivienda en Coquimbo; edad promedio, índice de amplitud térmica, calidad de la vivienda y número de viviendas particulares en La Serena; y edad promedio, índice de amplitud térmica, calidad de la vivienda y número de mujeres en Diego de Almagro.

Estas especificaciones fueron estimadas mediante modelos de mínimos cuadrados ordinarios (OLS) y, cuando fue posible obtener una solución numéricamente estable, mediante regresión geográficamente ponderada (GWR).

Modelos OLS: frecuencia delictual

En los cuatro modelos OLS de frecuencia, DENS_LUM presenta un coeficiente positivo y estadísticamente significativo. Los R^2 ajustados varían entre 0,558 y 0,639 y los VIF máximos permanecen por debajo de 5, sin evidenciar multicolinealidad global elevada en las especificaciones finales.

Tabla 21. Modelos OLS finales para log de frecuencia delictual

Ciudad	Controles seleccionados	β DENS_LUM	R^2 ajustado	VIF máx.
Copiapó	prom_edad + isal + icv + n_vp	0,000155***	0,639	3,20
Coquimbo	prom_edad + iav + icul + icv + n_mujeres	0,000770***	0,609	2,30
La Serena	prom_edad + icul + isal + icv + n_mujeres	0,001037***	0,574	4,06
Diego de Almagro	prom_edad + icul + icv + n_jefatura + n_vp	0,000383***	0,558	4,52

Fuente: elaboración propia a partir de registros SPD, catastros comunales de infraestructura de iluminación, Censo y MBHT.
Nota: *** p < 0,001.

En términos prácticos, los resultados indican que, manteniendo constantes las características sociodemográficas y territoriales incluidas en cada modelo, las celdas con mayor densidad de luminarias tienden también a presentar mayores niveles de frecuencia delictual. Esta asociación es estadísticamente significativa en las cuatro ciudades, aunque su magnitud varía entre territorios. La Serena y Coquimbo presentan los coeficientes más altos, seguidas por Diego de Almagro y Copiapó.

En ningún caso estos resultados implican causalidad. La asociación positiva puede reflejar que las luminarias se concentran en sectores con mayor intensidad urbana, actividad comercial, conectividad vial o circulación de personas, características que también pueden asociarse a una mayor concentración de actividad delictual.

Modelos OLS: daño delictual

Los modelos de daño reproducen el patrón general de la frecuencia. El coeficiente de DENS_LUM permanece positivo y significativo en las cuatro ciudades. El ajuste es mayor en La Serena y Copiapó, mientras Diego de Almagro presenta el R^2 ajustado más bajo del conjunto.

Tabla 22. Modelos OLS finales para log de daño delictual

Ciudad	Controles seleccionados	β DENS_LUM	R^2 ajustado	VIF máx.
Copiapó	prom_edad + isal + icv + n_mujeres	0,000503***	0,596	3,27
Coquimbo	prom_edad + iav + icul + iser + icv	0,002104***	0,585	2,34
La Serena	prom_edad + iata + icv + n_vp	0,003160***	0,615	2,87
Diego de Almagro	prom_edad + iata + icv + n_mujeres	0,001295***	0,460	4,55

Fuente: elaboración propia a partir de registros SPD, catastros comunales de infraestructura de iluminación, Censo y MBHT.
Nota: *** p < 0,001.

Los resultados indican que, manteniendo constantes las características sociodemográficas y territoriales incluidas en cada modelo, las celdas con mayor densidad de luminarias tienden también a presentar mayores niveles de daño delictual. Esta asociación es positiva y estadísticamente significativa en las cuatro ciudades, aunque su magnitud varía territorialmente. La Serena presenta el coeficiente más alto, seguida por Coquimbo, Diego de Almagro y Copiapó.

La persistencia de una relación positiva tanto para frecuencia como para daño sugiere que los sectores con mayor concentración de infraestructura de iluminación tienden también a concentrar no solo más actividad delictual, sino también mayores niveles de gravedad acumulada. No obstante, esta relación no debe interpretarse causalmente. La densidad de luminarias puede estar capturando características más amplias de intensidad urbana, actividad comercial, conectividad, equipamiento y circulación de personas, entre otras, que también pueden relacionarse con la concentración espacial del daño delictual.

Dependencia espacial de los residuos OLS

Los OLS reducen de manera importante la autocorrelación espacial inicial, pero no la eliminan. Para frecuencia, la reducción relativa del Moran I fluctúa entre 44,3% y 54,8%; para daño, entre 45,4% y 55,9%. En todos los casos los residuos conservan autocorrelación espacial positiva y significativa.

Tabla 23. Moran original y de residuos OLS - frecuencia

Ciudad	Moran original	Moran residuos OLS	Reducción %
Copiapó	0,8431	0,4696	44,3%
Coquimbo	0,7970	0,3599	54,8%
La Serena	0,7936	0,4270	46,2%
Diego de Almagro	0,7520	0,3430	54,4%

Fuente: Elaboración propia a partir de registros SPD, catastros comunales de infraestructura de iluminación, Censo y MBHT.

Tabla 24. Moran original y de residuos OLS - daño

Ciudad	Moran original	Moran residuos OLS	Reducción %
Copiapó	0,7955	0,4212	47,1%

Coquimbo	0,7613	0,3355	55,9%
La Serena	0,7826	0,3542	54,7%
Diego de Almagro	0,7070	0,3860	45,4%

Fuente: Elaboración propia a partir de registros SPD, catastros comunales de infraestructura de iluminación, Censo y MBHT.
Nota: p = 0,001 en todos los Moran originales y residuales.

El análisis de los residuos OLS muestra que los modelos globales logran reducir de manera importante la autocorrelación espacial presente originalmente en la frecuencia y el daño delictual, aunque no la eliminan por completo. En las cuatro ciudades, el I de Moran de los residuos permanece positivo y estadísticamente significativo, lo que indica que, aun después de controlar por densidad de luminarias y por las covariables sociodemográficas y territoriales seleccionadas, persisten patrones espaciales de agrupamiento no explicados por el modelo.

Para la frecuencia delictual, la reducción del I de Moran respecto de la distribución original fluctúa aproximadamente entre 44 % y 55 %, mientras que para el daño la disminución se sitúa entre 45 % y 56 %. Esto muestra que los modelos OLS capturan una parte relevante de la estructura espacial del fenómeno, pero dejan una proporción importante de dependencia territorial en los residuos.

En términos prácticos, estos resultados sugieren que existen procesos espaciales adicionales que no están completamente representados por las variables incluidas en los modelos globales. La persistencia de autocorrelación residual puede responder a características del entorno urbano, dinámicas de movilidad, usos del suelo, conectividad, actividad comercial u otros factores espacialmente estructurados que no fueron observados directamente.

La presencia de dependencia espacial residual también indica que la relación entre iluminación, controles territoriales y actividad delictual puede no ser constante en todo el territorio. Por esta razón, se avanzó posteriormente hacia modelos GWR, que permiten estimar coeficientes locales y examinar si la intensidad de estas asociaciones varía espacialmente entre celdas.

Modelos GWR: frecuencia delictual

Los modelos GWR de frecuencia pudieron estimarse de manera estable en Copiapó, Coquimbo y La Serena. En las tres ciudades el AICc disminuye respecto del OLS y el R^2 ajustado aumenta, con mejoras especialmente visibles en Coquimbo y La Serena. El coeficiente local de DENS_LUM mantiene signo positivo en el 100% de las celdas estimadas.

Tabla 25. Comparación OLS-GWR para log de frecuencia

Indicador	Copiapó	Coquimbo	La Serena
N° celdas	38.648	23.107	25.289
Bandwidth adaptativo	18.548	7.446	13.471
R^2 ajustado OLS	0,639	0,609	0,574
R^2 ajustado GWR	0,640	0,622	0,595
AICc OLS	21.514,67	35.556,39	33.152,36
AICc GWR	21.404,90	34.792,10	31.869,59
Δ AICc	-109,77	-764,29	-1.282,77
β dens_lum mínimo	0,000117	0,000034	0,000153

β dens_lum mediano	0,000175	0,000726	0,000990
β dens_lum máximo	0,000695	0,001072	0,001089
β positivos	100%	100%	100%
|t| > 1,96	100%	97,74%	86,22%
R^2 local (mín.-máx.)	0,510-0,979	0,448-0,940	0,530-0,988

Fuente: Elaboración propia a partir de registros SPD, catastros comunales de infraestructura de iluminación, Censo y MBHT.
Nota: GWR con kernel bi-square y bandwidth adaptativo seleccionado por AICc. Diego de Almagro no produjo una solución GWR estable.

El GWR mejora el ajuste, pero la reducción adicional de la autocorrelación residual frente al OLS es limitada. En Copiapó, el Moran residual prácticamente no cambia; en Coquimbo disminuye 1,8% adicional y en La Serena 5,6%.

Tabla 26. Moran residual de frecuencia: OLS versus GWR

Ciudad	Moran original	Residuos OLS	Residuos GWR	Reducción adicional GWR
Copiapó	0,8431	0,4696	0,4694	0,0%
Coquimbo	0,7970	0,3599	0,3533	1,8%
La Serena	0,7936	0,4270	0,4033	5,6%

Fuente: elaboración propia a partir de registros SPD, catastros comunales de infraestructura de iluminación, Censo y MBHT.
Nota: p = 0,001 para los residuos GWR.

En términos sustantivos, los resultados muestran que la asociación positiva entre densidad de luminarias y frecuencia delictual no corresponde únicamente a un efecto promedio para cada ciudad, sino que se reproduce espacialmente en la mayor parte del territorio analizado. Sin embargo, la magnitud de esta relación varía entre sectores, evidenciando heterogeneidad espacial en la intensidad de la asociación.

Esta variación es especialmente relevante en Coquimbo y La Serena, donde el GWR mejora con mayor claridad el ajuste respecto del modelo global. En Copiapó, en cambio, las diferencias entre OLS y GWR son menores, lo que sugiere que la relación entre densidad de luminarias y frecuencia delictual presenta un comportamiento relativamente más homogéneo a escala territorial.

No obstante, la mejora en ajuste no se traduce en una eliminación de la dependencia espacial de los residuos. La reducción adicional del Moran respecto del OLS es prácticamente nula en Copiapó y acotada en Coquimbo y La Serena, lo que indica que persisten procesos espaciales no capturados completamente por las covariables incorporadas ni por la variación local de los coeficientes.[15]

Modelos GWR: daño delictual

Para el logaritmo del daño, los modelos GWR también pudieron estimarse en Copiapó, Coquimbo y La Serena. En las tres ciudades el GWR mejora el ajuste frente al OLS, con disminuciones del AICc de 753,40 puntos en Copiapó, 1.055,24 en Coquimbo y 1.201,34 en La Serena. El coeficiente de DENS_LUM se mantiene positivo en todo el rango de estimaciones locales reportadas.

[15] Para Diego de Almagro no se obtuvo una solución GWR estable, por lo que no se presentan resultados locales para esta comuna.

Tabla 27. Comparación OLS-GWR para log de daño

Indicador	Copiapó	Coquimbo	La Serena
N° celdas	38.648	23.107	25.289
Bandwidth adaptativo	18.548	7.469	13.471
R^2 ajustado OLS	0,596	0,585	0,615
R^2 ajustado GWR	0,603	0,603	0,633
AICc OLS	127.526,00	94.370,14	97.686,16
AICc GWR	126.772,60	93.314,90	96.484,82
Δ AICc	-753,40	-1.055,24	-1.201,34
β dens_lum mínimo	0,000380	0,000837	0,000824
β dens_lum mediano	0,000539	0,002144	0,002994
β dens_lum máximo	0,0025	0,0041	0,0032

Fuente: Elaboración propia a partir de registros SPD, catastros comunales de infraestructura de iluminación, Censo y MBHT.
Nota: No se reportan porcentajes de significancia local ni rangos de R^2 local de daño porque esos resúmenes no fueron incorporados en la salida consolidada utilizada para este documento.

La comparación del Moran residual muestra que el GWR reduce adicionalmente la dependencia espacial respecto del OLS, aunque la mejora sigue siendo acotada. La mayor disminución adicional se observa en La Serena (6,5%), seguida de Coquimbo (4,3%) y Copiapó (2,1%).

Tabla 28. Moran residual de daño: OLS versus GWR

Ciudad	Moran original	Residuos OLS	Residuos GWR	Reducción OLS	Reducción total GWR	Mejora adicional
Copiapó	0,7955	0,4212	0,4123	47,1%	48,2%	2,1%
Coquimbo	0,7613	0,3355	0,3209	55,9%	57,9%	4,3%
La Serena	0,7826	0,3542	0,3311	54,7%	57,7%	6,5%

Fuente: Elaboración propia a partir de registros SPD, catastros comunales de infraestructura de iluminación, Censo y MBHT.
Nota: p = 0,001 para los residuos GWR. Diego de Almagro no se incluye porque el modelo GWR no pudo estimarse de forma estable.

Los resultados indican que la asociación positiva entre densidad de luminarias y daño delictual también presenta variación espacial al interior de las ciudades. El GWR mejora el ajuste respecto del OLS en Copiapó, Coquimbo y La Serena, lo que indica que una especificación con coeficientes locales representa mejor la heterogeneidad territorial del daño que un único coeficiente global.

La mejora es especialmente clara en Coquimbo y La Serena, donde la disminución del AICc es mayor, mientras que en Copiapó también existe una ganancia de ajuste, aunque de menor magnitud. En las tres ciudades, los coeficientes locales de DENS_LUM se mantienen positivos, lo que muestra que el sentido de la asociación observada en los modelos OLS se conserva espacialmente, aunque con distinta intensidad entre sectores.

Al igual que en los modelos de frecuencia, la mejora del ajuste no elimina completamente la estructura espacial de los residuos. El GWR reduce adicionalmente el Moran residual frente al OLS, con una mejora mayor en La Serena, seguida por Coquimbo y Copiapó, pero en los tres casos persiste una autocorrelación espacial positiva y significativa. Esto indica que parte de la distribución territorial del daño continúa asociada a procesos espaciales no capturados plenamente por las variables incluidas ni por la variación local de los coeficientes.

En conjunto, los resultados de frecuencia y daño muestran un patrón consistente: la relación entre densidad de luminarias y actividad delictual presenta heterogeneidad espacial, y los modelos locales mejoran el ajuste, especialmente en Coquimbo y La Serena, aunque sin absorber por completo la dependencia espacial remanente. En Diego de Almagro, tanto para frecuencia como para daño, la estimación GWR presentó matrices locales singulares durante la búsqueda del ancho de banda. En consecuencia, no se obtuvieron modelos locales suficientemente estables para su interpretación y se mantienen únicamente los resultados OLS para esta comuna.

5.2.6. Coincidencia espacial entre iluminación y concentración delictual

En conjunto, los resultados muestran una coincidencia territorial persistente entre sectores con mayor densidad de infraestructura de iluminación y sectores con mayor actividad delictual registrada. Esta relación se observa tanto en la frecuencia como en el daño delictual y aparece de manera consistente en las distintas etapas del análisis: en la distribución espacial de las variables, en las correlaciones bivariadas y en los modelos estadísticos que incorporan controles sociodemográficos y territoriales.

La asociación positiva no se limita a los hechos ocurridos durante la noche. Al desagregar los delitos según condición de luz natural, la relación entre densidad de luminarias y actividad delictual se mantiene también durante la luz diurna y los períodos de crepúsculo. De hecho, en varias ciudades las asociaciones de mayor magnitud no corresponden exclusivamente al período nocturno. Este resultado es relevante, porque sugiere que la coincidencia espacial observada no puede explicarse únicamente por el papel funcional de la iluminación artificial durante la ausencia de luz natural.

La misma regularidad se mantiene al distinguir entre frecuencia y daño. Los sectores con mayor densidad de luminarias tienden a concentrar no solo un mayor número de hechos, sino también mayores niveles de daño acumulado. Asimismo, la relación es más intensa para el conjunto de delitos que para las incivilidades, aunque conserva signo positivo en ambas categorías. En este sentido, la coincidencia territorial parece corresponder a una característica relativamente estable de la organización espacial de las ciudades analizadas y no a un único tipo de hecho o período horario.

Los modelos OLS permiten observar que esta asociación persiste aun después de incorporar características sociodemográficas y territoriales como variables de control. Por su parte, los modelos GWR muestran que la intensidad de la asociación varía al interior de las ciudades, pero que el coeficiente local de densidad de luminarias mantiene signo positivo en todas las celdas estimadas de Copiapó, Coquimbo y La Serena. Esto indica que la relación no se encuentra restringida a unos pocos sectores aislados, aunque su magnitud sí presenta heterogeneidad territorial.

Los mapas bivariados permiten observar con mayor detalle esta heterogeneidad espacial. En las cuatro ciudades coexisten celdas donde se registran valores elevados tanto de actividad delictual como de densidad de luminarias, junto con otras donde una de las variables presenta valores altos y los otros niveles relativamente bajos. Estas configuraciones no contradicen la asociación positiva observada en los análisis globales, sino que muestran que dicha relación corresponde a una tendencia general que se expresa de manera diferenciada al interior de cada territorio.

La intensidad y continuidad espacial de esta coincidencia varía entre ciudades. En Copiapó el patrón aparece más fragmentado y vinculado a determinados corredores y sectores de la trama urbana, mientras que en

Coquimbo y La Serena se observan áreas de coincidencia más extensas y continuas. Diego de Almagro presenta una configuración más acotada, consistente con su menor extensión urbana y con la concentración de luminarias y actividad delictual en un número reducido de celdas. Estas diferencias son coherentes con las variaciones observadas en las correlaciones y en el desempeño de los modelos locales.

Asimismo, los mapas según períodos de luz natural muestran que las configuraciones de alta coincidencia no permanecen idénticas entre día, noche y crepúsculos. Existen sectores que mantienen niveles elevados de ambas variables en varios períodos, mientras que otros presentan cambios en la predominancia relativa de delitos o infraestructura de iluminación. Esto refuerza la idea de que la relación entre ambas dimensiones está mediada por características territoriales y patrones de uso del espacio que cambian a lo largo del día.

Cabe señalar que, sin embargo, las clases bivariadas permiten identificar combinaciones locales de valores altos y bajos, pero no equivalen por sí mismas a una estimación de correlación local. Por ello, la presencia de celdas con alta densidad de luminarias y baja actividad delictual, o viceversa, debe interpretarse como una configuración espacial divergente a nivel descriptivo, y no como evidencia estadística de una relación negativa.

A su vez, la coincidencia espacial entre iluminación y delito no debe interpretarse como evidencia de que una mayor densidad de luminarias produzca un aumento de la actividad delictual. Los resultados corresponden fundamentalmente a asociaciones espaciales y no permiten establecer la dirección causal de la relación. En particular, pueden existir procesos de causalidad inversa, mediante los cuales los sectores de mayor actividad, centralidad o conflictividad reciben también una mayor provisión de infraestructura urbana, incluida la iluminación pública.

Los patrones observados son consistentes con la posibilidad de que DENS_LUM capture, además de la presencia de luminarias, características más amplias de la estructura urbana. Los corredores viales principales, centros comerciales y de servicios, sectores con mayor concentración de equipamientos y espacios con alta circulación peatonal o vehicular suelen requerir una mayor dotación de infraestructura de iluminación y, simultáneamente, generar mayores niveles de exposición, interacción y oportunidad para la ocurrencia de delitos. En este sentido, la densidad de luminarias puede operar parcialmente como un indicador de intensidad, conectividad y centralidad urbana.

Esta interpretación resulta coherente con el comportamiento observado según condición de luz natural. Si la asociación respondiera exclusivamente a las condiciones de iluminación nocturna, sería esperable una relación considerablemente más marcada durante la noche y una reducción sustantiva durante el día. Sin embargo, la persistencia de asociaciones positivas en todos los períodos analizados apunta a la existencia de factores territoriales compartidos que organizan simultáneamente la localización de la infraestructura y la concentración de la actividad delictual.

Al mismo tiempo, los diagnósticos espaciales muestran que ni los modelos globales ni los modelos locales eliminan completamente la dependencia espacial presente en los datos. Esto indica que la concentración de frecuencia y daño responde a una estructura territorial más compleja que la representada por la densidad de luminarias y las covariables incorporadas. Persisten, por tanto, factores espaciales no observados que podrían estar relacionados con usos de suelo, flujos de movilidad, actividad comercial, configuración de la red vial, transporte público, equipamientos y otras características del entorno urbano.

En consecuencia, la principal lectura de estos resultados no es que la iluminación pública constituya un factor de aumento del delito, sino que la infraestructura de iluminación y la actividad delictual comparten patrones de localización asociados a la intensidad de uso del espacio urbano. Esta coincidencia territorial constituye un hallazgo relevante para la interpretación del estudio, ya que muestra la necesidad de considerar el contexto urbano y las dinámicas de actividad de cada sector antes de atribuir a la iluminación un efecto independiente sobre la frecuencia o el daño delictual.

5.2.7. Síntesis comparativa entre ciudades

La comparación entre los cuatro territorios permite identificar un patrón general común, aunque con diferencias relevantes en la intensidad de las asociaciones, la estructura espacial del delito y el desempeño de los modelos. En todas las ciudades, la densidad de luminarias presenta una asociación positiva con la frecuencia y el daño delictual, mientras que ambos indicadores muestran una fuerte autocorrelación espacial inicial. Los modelos OLS explican una proporción relevante de su variabilidad y reducen sustantivamente esta dependencia espacial, aunque los residuos mantienen patrones de agrupamiento estadísticamente significativos.

La intensidad de la asociación entre iluminación y actividad delictual no es equivalente entre territorios. Las correlaciones entre DENS_LUM y los indicadores logarítmicos de frecuencia y daño son más elevadas en Coquimbo y La Serena, particularmente en esta última, mientras Copiapó presenta asociaciones de menor magnitud y Diego de Almagro se sitúa en una posición intermedia. Estas diferencias muestran que la relación entre infraestructura de iluminación y delito se manifiesta con distinta intensidad según el contexto territorial.

También se observan diferencias en la estructura espacial del fenómeno. Copiapó presenta los mayores niveles de autocorrelación espacial inicial, con valores de Moran de 0,843 para el logaritmo de la frecuencia y 0,796 para el logaritmo del daño. Coquimbo y La Serena muestran igualmente una estructura espacial marcada, mientras que Diego de Almagro registra valores algo menores, aunque todavía elevados. En términos generales, estos resultados indican que la actividad delictual no se distribuye de manera aleatoria, sino que tiende a concentrarse territorialmente en las cuatro ciudades.

Los modelos OLS reducen de manera importante esta estructura espacial inicial. Para frecuencia, los R^2 ajustados fluctúan entre 0,558 y 0,639, mientras que para daño se sitúan entre 0,460 y 0,615. A pesar de esta capacidad explicativa, los valores de Moran de los residuos permanecen positivos y significativos, lo que muestra que parte de la estructura espacial del fenómeno continúa sin ser capturada por las variables incluidas en los modelos globales.

En Copiapó, Coquimbo y La Serena, la incorporación de modelos GWR permite evaluar si la intensidad de las asociaciones varía dentro de cada ciudad. En las tres, el ajuste mejora respecto del OLS, aunque con diferencias importantes de magnitud. Coquimbo y La Serena presentan las mejoras más claras, mientras que en Copiapó el incremento en R^2 ajustado es comparativamente menor. El coeficiente local de dens_lum mantiene signo positivo en todas las celdas estimadas, indicando que el sentido general de la asociación se conserva espacialmente, aunque su intensidad varía entre sectores.

La comparación de los residuos muestra, sin embargo, que el GWR no elimina completamente la dependencia espacial. En frecuencia, la reducción adicional del Moran respecto del OLS es prácticamente

nula en Copiapó, moderada en Coquimbo y mayor en La Serena. Para daño se observa un patrón similar, con una reducción adicional más clara en La Serena, seguida por Coquimbo y Copiapó. Esto indica que la especificación local mejora el ajuste y permite representar heterogeneidad territorial, pero persisten procesos espaciales no explicados por las variables incorporadas.

Tabla 29. Síntesis de resultados principales por ciudad

Indicador	Copiapó	Coquimbo	La Serena	Diego de Almagro
r dens_lum - log delitos	0,408	0,674	0,678	0,597
r dens_lum - log daño	0,392	0,631	0,669	0,532
Moran original log delitos	0,843	0,797	0,794	0,752
R^2 ajustado OLS delitos	0,639	0,609	0,574	0,558
R^2 ajustado OLS daño	0,596	0,585	0,615	0,460
Moran residual OLS delitos	0,470	0,360	0,427	0,343
Moran residual OLS daño	0,421	0,336	0,354	0,386
R^2 ajustado GWR delitos	0,640	0,622	0,595	No estimable
R^2 ajustado GWR daño	0,603	0,603	0,633	No estimable
Moran residual GWR delitos	0,469	0,353	0,403	No estimable
Moran residual GWR daño	0,412	0,321	0,331	No estimable

Fuente: Elaboración propia a partir de registros SPD, catastros comunales de infraestructura de iluminación, Censo y MBHT.
Nota: p = 0,001 para los residuos GWR. Diego de Almagro no se incluye porque el modelo GWR no pudo estimarse de forma estable.

Copiapó presenta la autocorrelación espacial inicial más alta y el mejor ajuste OLS para frecuencia. Sin embargo, el GWR mejora solo marginalmente el ajuste de este indicador y prácticamente no modifica la autocorrelación residual. Para daño, la mejora del GWR es algo mayor, aunque continúa existiendo dependencia espacial significativa en los residuos. En este territorio, por tanto, el modelo global captura una parte importante de la estructura observada, pero la incorporación de coeficientes locales aporta una mejora comparativamente limitada.

Coquimbo presenta asociaciones bivariadas elevadas entre densidad de luminarias y los indicadores delictuales, junto con mejoras claras del GWR respecto del OLS tanto para frecuencia como para daño. La disminución del AICc y el aumento del R^2 ajustado muestran una mayor capacidad del modelo local para representar la heterogeneidad territorial. No obstante, la reducción adicional del Moran residual es moderada, lo que indica que persiste una estructura espacial no capturada completamente por las variables incorporadas.

La Serena registra las asociaciones bivariadas más altas entre densidad de luminarias y los indicadores logarítmicos de frecuencia y daño. Asimismo, presenta las mayores mejoras relativas del GWR respecto del OLS, tanto en ajuste como en reducción adicional de la autocorrelación residual, especialmente para daño. Esto sugiere una mayor heterogeneidad espacial en la relación entre iluminación, características territoriales y actividad delictual al interior de la ciudad.

Diego de Almagro muestra asociaciones bivariadas positivas y modelos OLS con capacidad explicativa relevante, aunque menor para daño. La imposibilidad de obtener estimaciones GWR numéricamente estables limita la comparación local con las otras ciudades, por lo que su interpretación se concentra en los resultados descriptivos, correlacionales y globales. Aun así, la reducción del Moran entre la variable original y los residuos OLS muestra que las covariables incorporadas permiten explicar una parte importante de la estructura espacial inicialmente observada.

En términos generales, la evidencia estadística y cartográfica muestra una asociación espacial positiva y persistente entre densidad de luminarias y actividad delictual registrada. Esta coincidencia se observa tanto para frecuencia como para daño, se reproduce en las cuatro ciudades y se mantiene al distinguir diferentes condiciones de luz natural. Los mapas bivariados muestran además que los sectores en que coinciden niveles elevados de actividad delictual y mayor densidad de infraestructura no se restringen al período nocturno, sino que aparecen también durante la luz diurna y los períodos de transición lumínica.

La persistencia de este patrón en distintas condiciones de luz y después de incorporar controles sociodemográficos y territoriales refuerza la interpretación de que la distribución de luminarias forma parte de una estructura urbana más amplia. Sectores centrales, corredores viales, áreas comerciales, equipamientos y espacios de mayor circulación tienden a concentrar simultáneamente infraestructura y actividad delictual. Por esta razón, la asociación observada debe interpretarse como una relación espacial contextual y no como evidencia de un efecto causal directo de la iluminación sobre la ocurrencia o el daño delictual.

5.3. Estudio de caso: Diego de Almagro

5.3.1. Antecedentes de la intervención

A diferencia de Coquimbo, La Serena y Copiapó, cuyos catastros de alumbrado no registran la fecha de instalación, recambio u operación de las luminarias, la comuna de Diego de Almagro cuenta con una intervención de alumbrado público identificable en el tiempo. Por esta razón, y en acuerdo con la Oficina de Protección de la Calidad del Cielo del Norte de Chile, se incorporó como el único caso del estudio en que era posible intentar los análisis temporales comprometidos en la propuesta técnica.

La intervención corresponde al proyecto "Reposición alumbrado público comuna de Diego de Almagro" (licitación pública ID 1638-225-LR22, código BIP 40000983). El contrato (ID 2634-11-CL23) registra un período de vigencia entre el 13 de diciembre de 2022 y el 25 de julio de 2023. La prensa regional informó en marzo de 2023 que los trabajos en terreno comenzarían ese mes, y el equipo de la OPCC informó como fecha de término de las obras el 20 de diciembre de 2023. Esta última fecha es la referencia temporal del caso, aunque no fue posible encontrar el documento público que la respalda (acta de recepción u otro); tampoco se dispone de los decretos de modificación de plazo que explicarían la diferencia entre el término del contrato registrado (julio de 2023) y el término de obras informado (diciembre de 2023).

Según bases de licitación, el objetivo del proyecto fue reponer un parque de alumbrado que había sobrepasado su vida útil y convertir a Diego de Almagro en la primera comuna del país en adoptar, en toda su extensión, un sistema de alumbrado libre de contaminación lumínica. Diego de Almagro no forma parte de las áreas astronómicas según Decreto Supremo N°1 de 2022 del Ministerio del Medio Ambiente, por lo que el recambio fue una decisión voluntaria del municipio y no una adecuación obligatoria a la norma de

emisión. Las nuevas luminarias corresponden al modelo "Ámbar Plus" de i3Led, de luz ultra cálida; las bases exigían una temperatura de color entre 2.000 y 3.000 K y una eficacia mínima de 90 lm/W, y otorgaban mayor puntaje a las ofertas de menor potencia ponderada.

El proyecto consideró dos componentes. El primero de ellos es de reposición y reemplazó la totalidad de las luminarias existentes en la localidad de Diego de Almagro, lo que son 1.575 luminarias de sodio de alta presión de 70, 250 y 250 W y de halogenuro metálico de 400 W que fueron sustituidas por luminarias LED ámbar de 60, 90 y 120 W de potencia de referencia, instaladas en los mismos postes. El segundo, de extensión, agregó 121 luminarias nuevas en 13 zonas que no contaban con alumbrado, cada una con poste, conductor y empalme nuevos. El mismo proyecto incluyó además 225 luminarias en la localidad de Inca de Oro (150 de replicación y 75 de extensión), que no forman parte de este análisis. La Tabla 30 resume las cantidades por caso de diseño según las láminas y especificaciones técnicas de la licitación.

Tabla 30. Luminarias existentes y proyectadas en la localidad de Diego de Almagro según caso de diseño, tecnología y potencia

Caso	Luminaria existente	Luminaria LED ámbar	Reemplazo	Extensión	Total
1 (vía local)	Sodio 70 W	60 W	1.101	93	1.194
2 (vía media)	Sodio 150 W	90 W	216	27	243
3 (vía principal)	Sodio 250 W y halogenuro 400 W	120 W	258	1	259
Total			1.575	121	1.696

Fuente: Elaboración propia a partir de las Láminas 3-A y 5-A y de las Especificaciones Técnicas de la licitación 1638-225-LR22. Potencias LED de referencia.

Existen tres elementos de esta intervención que condicionan el análisis posterior y conviene mencionarlas desde el inicio. Por una parte, se trata de un intercambio completo y no de la introducción de luz donde no había. Todas las calles que ya estaban iluminadas siguieron iluminadas, y las bases exigían que ninguna calle quedara sin alumbrado durante la ejecución. Sobre esto, el cambio de color es bastante acotado, pues tanto las tonalidades existentes como las de recambio son cálidas. Es decir, este recambio no se asemeja a otros casos mencionados en donde se cambia de luz cálida a luz fría. Lo que cambió realmente fue la direccionalidad de la luz (ahora dirigida hacia el suelo y sin emisión hacia el cielo), la potencia nominal (en todos los casos, menor) y el estado del equipamiento, ya que el recambio implica la instalación de productos nuevos. La potencia mide consumo de energía y no cantidad de luz y no se dispone de mediciones de iluminancia antes y después del recambio, por lo que no es posible saber cómo varió el nivel de luz en cada caso.

Por otra parte, no existe fecha de activación por luminarias, por circuito ni por sector. Solo se conoce una ventana de ejecución para toda la ciudad, que se extiende aproximadamente desde marzo hasta diciembre de 2023. Las bases exigían informes mensuales de avance con plano y planilla de las luminarias instaladas, y se trabajó por circuito con cambio de tarifa ante la distribuidora al terminar cada uno, esos documentos permitirían fechar el recambio por zona, pero lamentablemente no se pudo disponer de ellos.

El tercer elemento es que, al haberse reemplazado todas las luminarias de la localidad, no existen dentro de la ciudad calles o celdas iluminadas que hayan quedado sin intervenir y que pudieran servir como grupo de comparación.

Por último, la evidencia revisada en el Entregable 1 permite anticipar el orden de magnitud del efecto que cabría esperar para este caso. Los metaanálisis y revisiones sistemáticas estiman reducciones promedio del delito de 14% en las áreas intervenidas (Welsh, Farrington y Douglas, 2022), pero cuando el análisis se restringe a los delitos nocturnos la reducción promedio cae a 3%, un valor compatible con la ausencia de cambios. Los recambios masivos de alumbrado muestran resultados mixtos, en el caso de Leeds, el recambio se asoció con una variación positiva sobre los delitos en 2% en los delitos ocurridos en horas de oscuridad, con intervalos de confianza entre –3% y +7% (Marchant y Norman, 2025). Mientras tanto, en Filadelfia, la renovación de más de 34.000 luminarias se asoció a una reducción cercana a 15% en los delitos exteriores nocturnos (MacDonald et al., 2026), y en Chicago las fallas del alumbrado se asociaron a aumentos de 1% a 2% no significativos (Chalfin, Kaplan , & LaForest, 2021). Los efectos grandes, como la reducción de 36% en delitos graves exteriores nocturnos del experimento de Nueva York (Chalfin, Hansen, Lerner, & Parker, 2022) corresponden a intervenciones focalizadas que agregaron iluminación adicional mediante torres de iluminación, poco comparables con los programas convencionales de alumbrado y muy distintas de un recambio de tecnología cálida por tecnología cálida. En consecuencia, lo razonable es esperar en Diego de Almagro un efecto pequeño, del orden de 0% a 15%, y, posiblemente, nulo.

5.3.2. Datos disponibles y construcción de la base

La base de trabajo corresponde a la tabla larga de casos policiales de Diego de Almagro, construida con el mismo procedimiento documentado en el Entregable N°2 y descrito previamente en el apartado metodológico para las ciudades bajo estudio, esto es, casos policiales de la Subsecretaría de Prevención del Delito, clasificados según los dominios de agrupación de delitos de la SPD, con un valor de gravedad asignado según el Índice de Daño del Delito (IDD) de Fundación Paz Ciudadana, con un período de luz natural asignado según la reclasificación astronómica de Xu et al. (2018) y filtrados por los subgrupos de delito vinculados a la iluminación peatonal según las Orientaciones Técnicas Situacionales de la SPD.

La base contiene 1.540 casos policiales ocurridos en la comuna entre el 1 de enero de 2020 y el 21 de diciembre de 2025, todos registrados en la vía pública, de los cuales 1.355 corresponden a denuncias y 185 a detenciones. Cada caso está asociado a un eje vial, y como un eje puede atravesar más de una celda de la grilla, la base tiene una fila por cada combinación de caso y celda, con un ponderador que reparte el caso entre las celdas según la proporción del eje contenida en cada una según fue descrito previamente en el apartado metodológico.

La grilla final de la comuna identifica las celdas que tenían luminarias, a partir del levantamiento del alumbrado existente de la localidad. Esta información no tiene fecha, no distingue reposición de extensión y no informa potencia, flujo luminoso ni temperatura de color, por lo que no puede usarse como variable de tratamiento en un análisis temporal. En este estudio, se utilizó para delimitar el área intervenida, que corresponde a las celdas que ya contaban con alumbrado y en las que, por tanto, se reemplazaron las luminarias.

Antes del análisis, se verificó la consistencia interna de la base y su coherencia con las demás salidas (Tabla 31). Los ponderadores suman uno en cada caso, el daño ponderado es igual al IDD del caso multiplicado por su ponderador, y los totales de casos (1.540) y de daño (183.341) coinciden exactamente con la grilla de delitos en formato CSV. La clasificación de luz natural de la base, que usa la tabla fija de horarios por estación del Entregable N°2, se contrastó con la altura del sol calculada para la ubicación del pueblo en el

momento exacto de cada hecho, ambas coinciden en 95,6% de los casos en la distinción entre noche y no noche, por lo que la clasificación se consideró adecuada para esta latitud. De acuerdo con el Entregable N°2, se asume que el horario de verano cambia el primer sábado de abril y de septiembre de cada año; en el período 2020–2025 esa regla solo difiere del calendario oficial en una semana de septiembre de 2022, en que el cambio de hora se aplicó una semana más tarde.

Tabla 31. Controles de consistencia de la base de casos policiales de Diego de Almagro

Control	Resultado
Filas caso × celda	5.034
Casos únicos	1.540
Período	01-01-2020 a 21-12-2025
Lugar de ocurrencia	100% vía pública
Denuncias / detenciones	1.355 / 185
Tamaño de celda	100 × 100 m
Celdas con casos	1.950
Pesos suman 1 por caso	Sí (desvío máximo 0,000006)
delito_pond = peso_celda	Sí
idd_pond = valor_idd × peso	Sí
Casos: grilla CSV / tabla larga	1.540 / 1.540
IDD: grilla CSV / tabla larga	183.341 / 183.341
Celdas sin geometría en shapefile	736 (54,5 casos ponderados)
Luminarias en shapefile	2.464 en 196 celdas
Casos con celda principal con luminarias	858
Noche según base vs. posición solar	95,6% coincide

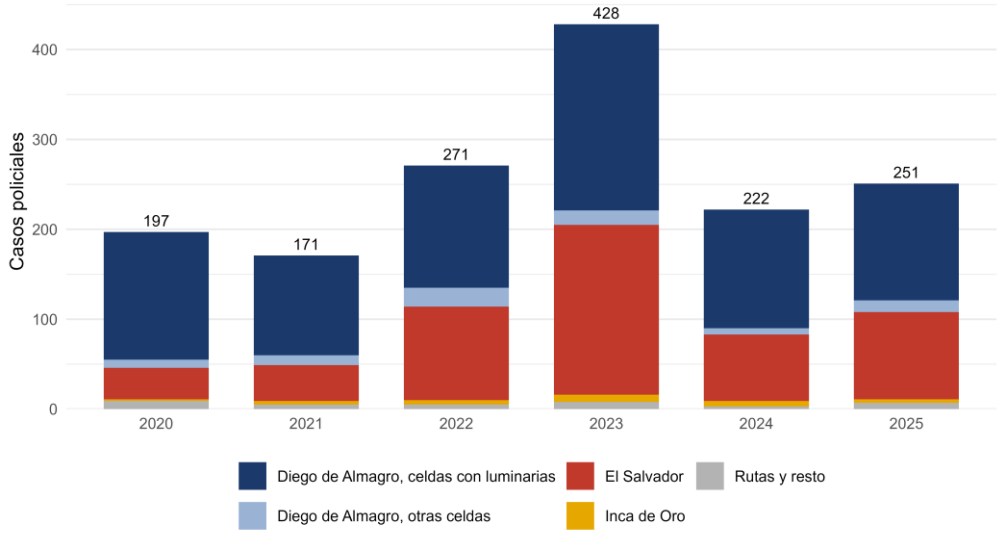
Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla larga de casos, la grilla de delitos en CSV y la grilla final en shapefile de Diego de Almagro (versión V2).

La comuna de Diego de Almagro no es una sola ciudad. Además de la localidad homónima, incluye El Salvador, campamento minero asociado a la División Salvador de Codelco y ubicado unos 45 km al nororiente, la localidad de Inca de Oro y extensos tramos de rutas. La licitación de alumbrado cubrió solo las localidades de Diego de Almagro e Inca de Oro; El Salvador no formó parte del proyecto. Sin embargo, la base de casos es comunal e incluye todas estas localidades.

Para que el análisis se refiera a los lugares efectivamente intervenidos, se restringió a las 196 celdas que ya tenían luminarias y en las que, por tanto, se realizó el recambio. Cada caso se asignó a la celda que concentra la mayor parte de su ponderador. Como muestra el Gráfico 1, de los 1.540 casos policiales de la comuna, 858 (55,7%) ocurrieron en celdas con luminarias de Diego de Almagro; 77 (5,0%) en otras celdas de la localidad sin luminarias registradas, como calles periféricas o sectores posteriores al proyecto; 539 (35,0%) en El Salvador; 29 (1,9%) en Inca de Oro, y 37 (2,4%) en rutas y otros sectores. El análisis principal se restringe a los 858 casos ocurridos en celdas con luminarias. Inca de Oro se excluyó por su volumen marginal de casos. Las zonas de extensión (121 luminarias) también quedaron fuera, porque no contaban con alumbrado previo y no fue posible identificar las celdas que las contienen; se trata, además, de sectores de muy bajo tránsito. Incluir El Salvador en el análisis habría mezclado un área tratada con un área no tratada y habría

diluido cualquier efecto. Al mismo tiempo, su presencia en la base ofrece una comparación externa que, aunque imperfecta, se usa de manera complementaria.

Gráfico 1. Casos policiales pertinentes a la iluminación peatonal en la comuna de Diego de Almagro según localidad y año, 2020–2025



Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla larga de casos. La localidad de cada caso corresponde a la celda con mayor ponderador

Los casos se agruparon en los grupos de delito definidos previamente. La condición de luz se resumió en tres categorías a partir de la clasificación de Xu et al. (2018): noche (período "night"), día (período "daylight") y crepúsculo (los tres períodos de crepúsculo).

El análisis, de acuerdo con la propuesta técnica, se concentra en los delitos nocturnos; los diurnos se usan como referencia y los crepusculares se excluyen de las comparaciones entre noche y día. Como indicadores se usaron la frecuencia y el daño de los delitos.

La propuesta técnica contempló, para este análisis, un panel de celdas por mes con una fecha de activación propia de cada celda, ventanas de ±6, ±12 y ±24 meses en torno a esa fecha, un grupo de control formado por celdas que no recibieron luminarias y emparejadas mediante puntaje de propensión con variables del Censo y la Matriz de Bienestar Humano Territorial, estimadores de diferencias en diferencias, de efectos fijos bidireccionales y de Sun y Abraham (2021) para cohortes de tratamiento escalonado, y una medición de efectos de derrame hacia celdas vecinas. Con la información disponible, la mayor parte de ese diseño no es ejecutable, por las siguientes razones.

(a) Sin fecha por celda no hay cohortes. El estimador de Sun y Abraham (2021), el estudio de eventos por cohorte y el efecto de derrame requieren que distintas celdas se traten en distintos momentos. En Diego de Almagro solo se conoce una ventana común de ejecución para toda la localidad, por lo que todas las celdas deben tratarse como si se hubieran intervenido al mismo tiempo, lo que no ocurrió, durante 2023 hubo calles ya recambiadas y calles por recambiar, sin conocer cuáles dada la información y documentación disponible.

(b) Sin celdas no tratadas no hay grupo de control interno. Se reemplazaron todas las luminarias de la ciudad. Las celdas de la comuna que no tuvieron luminarias son desiertas, rutas, bordes de la

localidad o localidades distintas, que no son comparables con las celdas intervenidas. El emparejamiento con variables del Censo y la MBHT no resuelve este problema, porque no existen unidades similares no tratadas con las cuales emparejar. Por la misma razón, las diferencias en diferencias y los efectos fijos bidireccionales, que se basan en comparar unidades tratadas y no tratadas, se reducen a una comparación antes-después sin grupo de control.

(c) Sin calendario de obras, el período previo queda contaminado. Las ventanas de la propuesta se definían respecto de la activación de cada celda. Al usar una fecha única de término de obras, los meses previos de las ventanas de ±6 y ±12 meses caen íntegramente dentro del período de ejecución, cuando una parte de la ciudad ya tenía las luminarias nuevas.

(d) El volumen de casos es muy bajo. Las celdas con luminarias registran en promedio 11,9 casos al mes en todos los grupos y horarios, y cerca de 5,1 casos nocturnos al mes en el período usado para las estimaciones. Distribuidos en 196 celdas, la gran mayoría de las celdas registra cero casos en cualquier mes, y varios grupos de delito suman menos de diez casos en toda la ventana de análisis. Con esos volúmenes, las variaciones porcentuales por grupo y por celda carecen de estabilidad estadística.

(e) No hay medición de la luz. No se cuenta con mediciones de iluminancia, luminancia ni uniformidad antes y después del recambio, ni con las potencias efectivamente instaladas. Por lo tanto, no se puede relacionar la magnitud del cambio lumínico con la magnitud del cambio en el delito, que es una de las conclusiones del Entregable N°1 sobre los recambios de alumbrado.

(f) La composición del delito registrado limita el mecanismo. Como se menciona más adelante, casi dos tercios de los casos de las celdas intervenidas, y cerca de cuatro quintos de los nocturnos, corresponden a incivilidades, en su mayoría consumo de alcohol en la vía pública.

En consecuencia, los análisis siguientes exhiben: (i) análisis pre-post, con ventanas de ±6, ±12 y ±24 meses, a nivel de frecuencia y daño de delitos en horario nocturno, y la cartografía por celda, usando una fecha común de corte; (ii) variante del pre-post que excluye el año de obras, y (iii) un ejercicio evaluativo de comparación que usa los delitos diurnos como grupo de comparación de los nocturnos. Este último contraste corresponde a la prueba de mecanismo que la propuesta técnica planteó como análisis de robustez. Se agregó, además, una comparación complementaria con El Salvador, localidad de la misma comuna que no fue intervenida, y una prueba placebo con una fecha ficticia de intervención. La tasa logarítmica por celda propuesta originalmente se reemplazó por modelos de conteo (Poisson), más adecuados para datos con abundancia de ceros.

La fecha de corte principal se fijó al cierre de 2023, de modo que el período posterior comienza en enero de 2024, el primer mes completo tras el término de obras informado (20 de diciembre de 2023). Todas las ventanas se construyeron en meses calendario completos. Dado que la base termina el 21 de diciembre de 2025, el último mes del período posterior está levemente incompleto.[16]

[16] Finalmente, se deben considerar las restricciones de movilidad vigentes entre marzo de 2020 y el 30 de septiembre de 2021, que restringió la circulación nocturna y alteró la proporción de delitos de noche en ese período; por eso las estimaciones principales comienzan en octubre de 2021.

5.3.3. Situación previa a la intervención

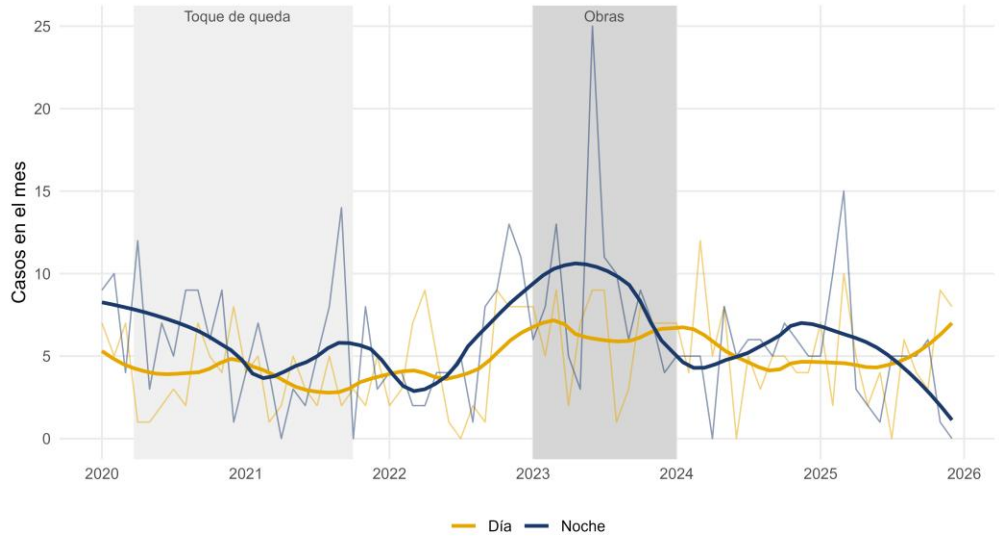
La situación previa se describe para el período 2020–2022, anterior al inicio de los trabajos, y para 2023, año de ejecución de las obras, que se presenta por separado porque no corresponde propiamente a una situación "sin intervención".

Entre 2020 y 2022, las celdas con luminarias de Diego de Almagro registraron 142, 111 y 136 casos policiales pertinentes a la iluminación peatonal, respectivamente, es decir, entre 9 y 12 casos al mes (Gráfico 2). Se trata de volúmenes muy bajos, que por sí solos limitan cualquier análisis desagregado por tipo de delito, horario y celda.

La composición de los casos policiales registrados en la vía pública muestra una fuerte composición por incivilidades. En los tres años previos, las incivilidades sumaron 239 de los 355 casos clasificados como diurnos o nocturnos (67%), seguidas por las lesiones (63 casos, 18%), los daños (27 casos), los hurtos (15), los robos con violencia o intimidación (6) y el robo de vehículos (3). Considerando todo el período 2020–2025, las incivilidades representan el 65,4% de los casos de las celdas intervenidas y el 78,7% de los casos nocturnos. Esta composición es relevante para interpretar los resultados.

El caso policial nocturno predomina sobre el diurno, principalmente por las incivilidades, en 2020–2022 se registraron 209 casos nocturnos y 146 diurnos. Las lesiones, los daños y los hurtos, en cambio, ocurren con mayor frecuencia de día. La serie mensual muestra una alta variabilidad de un mes a otro, con meses de cero casos y otros de más de diez, y permite distinguir dos períodos atípicos. Durante las restricciones de movilidad entre marzo de 2020 y septiembre de 2021, la serie nocturna es irregular y el número de casos diurnos es bajo. El segundo período atípico coincide con el año de ejecución de las obras.

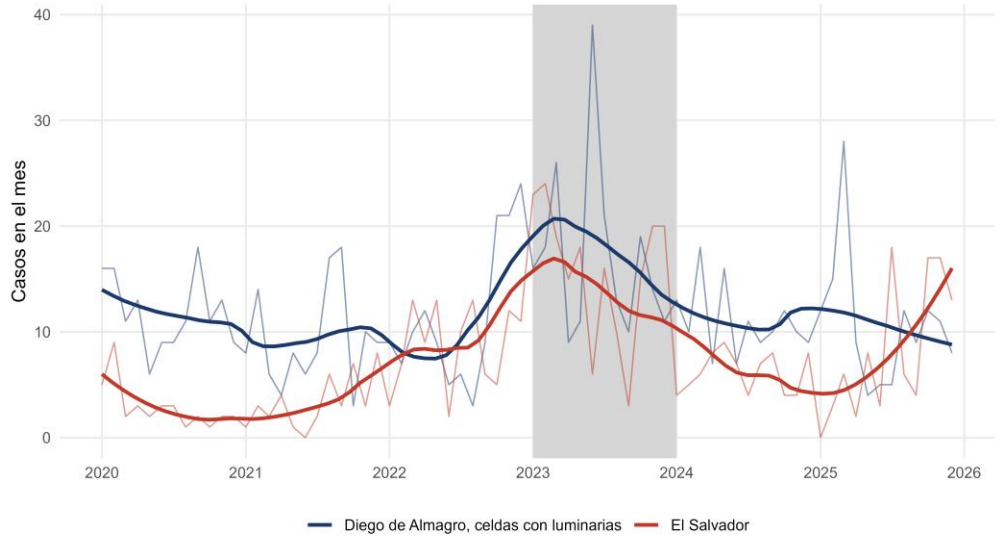
Gráfico 2. Casos policiales mensuales en las celdas con luminarias de Diego de Almagro según condición de luz natural (día/noche), 2020–2025



Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla larga de casos de la SPD. Las líneas finas corresponden al valor mensual y las gruesas a una tendencia suavizada (loess). El sombreado claro indica el período de restricciones de movilidad y el oscuro el año de ejecución de las obras.

En 2023, los casos de las celdas intervenidas subieron a 207, un 52% más que en 2022, y los casos nocturnos alcanzaron 107, el máximo de la serie. El alza se explica casi por completo por las incivilidades nocturnas, que pasaron de 50 casos en 2022 a 88 en 2023, mientras el resto de los delitos nocturnos se mantuvo en niveles similares (17 y 19 casos). Este aumento no puede atribuirse al recambio de luminarias, considerando que se observa el mismo patrón con mayor intensidad en El Salvador, área que no fue intervenida (donde los casos pasaron de 104 en 2022 a 189 en 2023 y volvieron a 74 en 2024): Un alza simultánea en dos localidades de la misma comuna, de las cuales solo una recibió el recambio, pareciera apuntar a otros factores más allá de la iluminación.

Gráfico 3. Casos policiales mensuales en las celdas con luminarias de Diego de Almagro y en El Salvador, 2020–2025



Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla larga de casos de la SPD. Las líneas finas corresponden al valor mensual y las gruesas a una tendencia suavizada (loess). El sombreado indica el año de ejecución de las obras en Diego de Almagro.

Esta anomalía de 2023 tiene consecuencias metodológicas directas. Coincide exactamente con el período de ejecución de las obras, de modo que cualquier comparación que use 2023 como período previo compara un año inusualmente alto con los años siguientes, y registrará una disminución, aunque las luminarias no hayan tenido ningún efecto. Este fenómeno de regresión hacia la media es la principal amenaza para la lectura de los resultados pre-post.

5.3.4. Situación posterior a la intervención

En los dos años posteriores al término de las obras, las celdas intervenidas registraron 132 casos en 2024 y 130 en 2025, niveles muy similares a los de 2020–2022 (entre 111 y 142 casos al año) y claramente inferiores al máximo de 2023. En términos mensuales, el período posterior promedia 10,9 casos al mes, frente a 10,8 en 2020–2022.

La composición de los casos policiales se mantuvo prácticamente sin cambios. Las incivilidades siguieron siendo el grupo predominante (76 casos de día o de noche en 2024 y 69 en 2025), seguidas por las lesiones, los daños y los hurtos. Los robos con violencia o intimidación (5 y 6 casos en 2024 y 2025) y el robo de vehículos (1 caso por año) siguieron siendo muy poco frecuentes.

El cambio más visible respecto del período previo está en la distribución entre noche y día. En 2024 se registraron 63 casos nocturnos y 62 diurnos, y en 2025, 58 nocturnos y 60 diurnos. En 2020–2022, en cambio, predominaban los nocturnos. Por grupo, las incivilidades nocturnas bajaron a 47 casos en 2024 y 40 en 2025, por debajo de los 50 de 2022 y de los 88 de 2023, y las lesiones nocturnas se mantuvieron entre 4 y 8 casos al año. Los hurtos nocturnos subieron levemente (5 y 4 casos, frente a 0 a 3 en el período previo), aunque se trata de cifras tan pequeñas que no permiten establecer tendencias. La serie mensual (Gráfico 2) muestra que, tras la caída desde el máximo de 2023, las curvas nocturna y diurna se mantienen en niveles cercanos entre sí durante 2024 y 2025, con la variabilidad mensual característica de una serie de pocos casos.

Esta descripción no permite atribuir los cambios al recambio de luminarias. La reducción de los casos nocturnos respecto de 2023 coincide con la normalización del alza de ese año, que ocurrió también en El Salvador, y la reducción respecto de 2020–2022 es de menor magnitud y se concentra en incivilidades.

5.3.5. Comparación pre-post

La comparación se organiza en cuatro partes. La primera replica el análisis pre-post comprometido en la propuesta técnica de Fundación Paz Ciudadana, con los ajustes que imponen los datos. La segunda examina si el patrón espacial del delito nocturno cambió entre ambos períodos. La tercera presenta una estrategia de evaluación con grupo de comparación que identifica la evolución de los casos policiales nocturnos con aquellos diurnos y, en forma complementaria, con El Salvador. La cuarta evalúa qué tamaño de efecto es posible detectar con estos datos.

Análisis pre-post

Para cada ventana de observación (±6, ±12 y ±24 meses) se compararon los delitos nocturnos del período previo con los del período posterior, en frecuencia y en daño, y se usaron los casos policiales diurnos como referencia. Como no existe una fecha de activación por celda, se usaron dos definiciones del corte.

- Corte al término de las obras. Se establece que período posterior comienza en enero de 2024 y el previo corresponde a los 6, 12 o 24 meses inmediatamente anteriores (julio a diciembre de 2023, enero a diciembre de 2023 y 2022–2023, respectivamente). Su debilidad radica en que el período previo incluye, total o parcialmente, el año de ejecución, con parte de la ciudad ya recambiada y con el alza atípica de casos policiales de 2023.
- Excluyendo el año de obras. El período posterior comienza en enero de 2024, pero período previo finaliza en diciembre de 2022, antes del inicio de los trabajos. Esta definición equivale a tratar el período de obras como una "caja negra".

Como las ventanas son simétricas y las celdas son las mismas en ambos períodos, la variación porcentual de la tasa de delitos por celda es idéntica a la variación del número de casos. Para evaluar si cada diferencia es distinguible de la variación aleatoria mes a mes se usó una regresión cuasi-Poisson sobre los conteos mensuales de cada ventana, que admite la sobre dispersión de los datos. Esta prueba es descriptiva: indica si el nivel cambió, no por qué cambió.

Tabla 32. Frecuencia y daño de los delitos nocturnos y frecuencia de los delitos diurnos en los períodos pre y post, según ventana temporal y definición del corte, celdas con luminarias de Diego de Almagro

Ventana	Indicador	Pre	Post	Tasa pre	Tasa post	Variación (%)	p
A. Corte al término de las obras							
±6 meses	Delitos nocturnos	47	28	4,00	2,38	−40,4	0,072
±6 meses	Daño nocturno (IDD)	10.614	2.776	–	–	−73,8	0,029
±6 meses	Delitos diurnos (referencia)	35	36	–	–	2,9	0,938
±12 meses	Delitos nocturnos	107	63	4,55	2,68	−41,1	0,038
±12 meses	Daño nocturno (IDD)	11.171	9.315	–	–	−16,6	0,706
±12 meses	Delitos diurnos (referencia)	75	62	–	–	−17,3	0,370
±24 meses	Delitos nocturnos	174	121	3,70	2,57	−30,5	0,075
±24 meses	Daño nocturno (IDD)	19.102	18.273	–	–	−4,3	0,898
±24 meses	Delitos diurnos (referencia)	130	122	–	–	−6,2	0,708
B. Excluyendo el año de obras							
±6 meses	Delitos nocturnos	47	28	4,00	2,38	−40,4	0,147
±6 meses	Daño nocturno (IDD)	7.650	2.776	–	–	−63,7	0,167
±6 meses	Delitos diurnos (referencia)	28	36	–	–	28,6	0,587
±12 meses	Delitos nocturnos	67	63	2,85	2,68	−6,0	0,787
±12 meses	Daño nocturno (IDD)	7.931	9.315	–	–	17,5	0,777
±12 meses	Delitos diurnos (referencia)	55	62	–	–	12,7	0,661
±24 meses	Delitos nocturnos	125	121	2,66	2,57	−3,2	0,870
±24 meses	Daño nocturno (IDD)	12.744	18.273	–	–	43,4	0,352
±24 meses	Delitos diurnos (referencia)	94	122	–	–	29,8	0,160

Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla larga de casos V2. Tasa: delitos nocturnos por cada 100 celdas por mes (196 celdas de 100 m con luminarias). Valor p de una regresión cuasi-Poisson sobre los conteos mensuales.

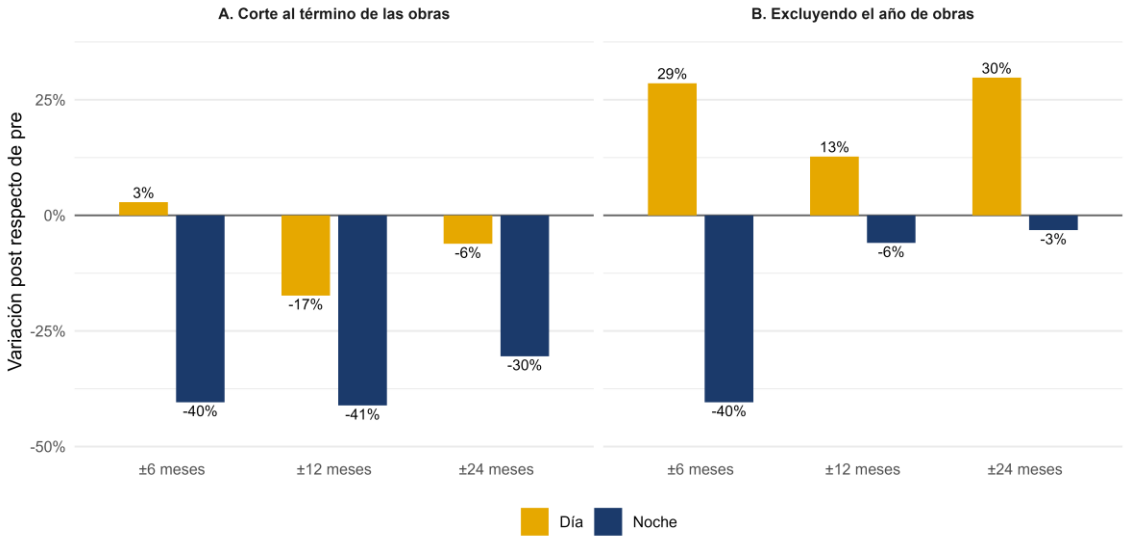
Con la fecha de corte al término de las obras, los delitos nocturnos disminuyen 40,4% en la ventana de ±6 meses (de 47 a 28 casos; p = 0,072), 41,1% en la de ±12 meses (de 107 a 63; p = 0,038) y 30,5% en la de ±24 meses (de 174 a 121; p = 0,075). En términos de tasa, pasan de 3,7–4,5 a 2,4–2,7 delitos por cada 100 celdas al mes. Solo la disminución de la ventana de ±12 meses es estadísticamente significativa de cero en la prueba descriptiva, y no puede interpretarse como efecto del recambio, esa ventana compara exactamente 2023, el año con el alza atípica de incivilidades que también se observó en El Salvador, con 2024.

Al excluir el año de obras, la disminución de los delitos nocturnos se reduce a 6,0% en la ventana de ±12 meses (de 67 a 63 casos; p = 0,787) y a 3,2% en la de ±24 meses (de 125 a 121; p = 0,870), ninguna es estadísticamente significativa. La ventana de ±6 meses muestra una caída mayor (−40,4%; p = 0,147), pero compara el segundo semestre de 2022 con el primero de 2024, es decir, semestres distintos del año, con distinta duración de la noche. Por lo tanto, esa diferencia está afectada por la estacionalidad. En esta definición del corte, los delitos diurnos aumentan (+28,6%, +12,7% y +29,8%), y el daño nocturno varía en direcciones opuestas según la ventana (−63,7%, +17,5% y +43,4%), sin diferencia significativa.

El Gráfico 4 resume la comparación. Con el corte al término de las obras, los casos policiales nocturnos bajan más que los diurnos, lo que es consistente con la normalización del alza de 2023, concentrada en las

incivilidades nocturnas. Al excluir 2023, la noche prácticamente no cambia en las ventanas de 12 y 24 meses y el día sube, lo que motiva el contraste noche contra día más adelante.

Gráfico 4. Variación porcentual de los delitos nocturnos y diurnos entre los períodos pre y post, según ventana temporal y definición del corte, celdas con luminarias de Diego de Almagro

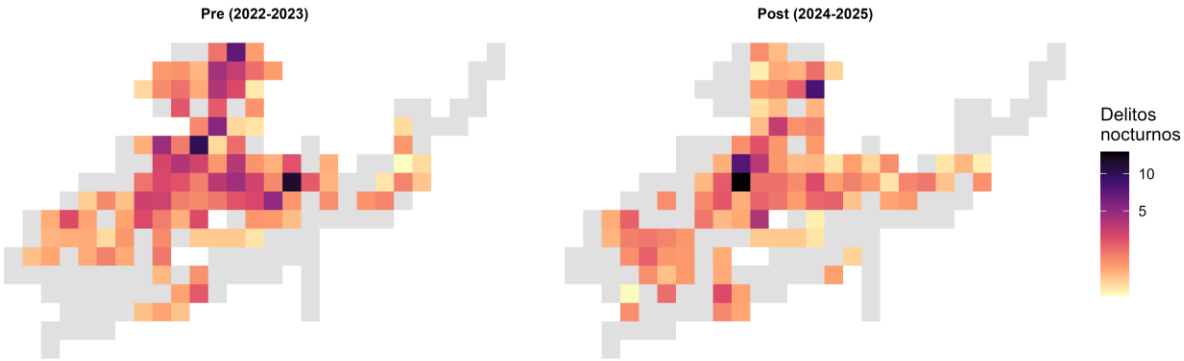


Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla larga de casos.

Distribución espacial antes y después

La Figura 9 confirma que el delito nocturno se concentra en los mismos sectores en ambos períodos.

Figura 9. Delitos nocturnos por celda de 100 m con luminarias en Diego de Almagro, 2022–2023 y 2024–2025



Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla larga de casos y de la grilla final. En gris, las celdas con luminarias sin delitos nocturnos en el período; en color, el número de delitos nocturnos ponderados por celda.

Comparación: Noche vs día

El análisis pre-post no permite separar el efecto del recambio de todo lo demás que cambió en la localidad entre ambos períodos. La propuesta técnica pretendió resolver este problema con un grupo de control de

celdas no intervenidas, que en Diego de Almagro no existe. La alternativa factible es usar el tiempo como fuente de comparación, las luminarias solo pueden influir en lo que ocurre cuando está oscuro, de modo que los delitos ocurridos con luz natural funcionan como grupo de comparación de los nocturnos. Si el recambio redujo el delito, los delitos nocturnos debieron disminuir más que los diurnos después de la intervención. Este diseño de diferencias en diferencias entre noche y día corresponde al contraste que usan las evaluaciones recientes de recambios masivos de alumbrado, como la de Leeds (Marchant y Norman, 2025), y a la prueba de mecanismo planteada en la propuesta técnica de Fundación Paz Ciudadana.

Se estimó un modelo de Poisson para el número mensual de casos en cada condición de luz (noche o día), con efectos fijos de mes y de condición de luz. Los efectos fijos de mes absorben todo lo que afecta por igual a los delitos de noche y de día en un mes determinado, como el alza de un año, una campaña de fiscalización o un cambio en la población; los de condición de luz absorben la diferencia permanente de nivel entre noche y día. El coeficiente de interés, la interacción entre el período posterior y la noche mide cuánto cambiaron los delitos nocturnos en relación con los diurnos, y se expresa como variación porcentual. Los errores estándar se agrupan por mes. En la especificación principal, el período previo va de octubre de 2021 a diciembre de 2022, se excluye el año de obras y el período posterior abarca 2024 y 2025. El supuesto de identificación es que, sin el recambio, los delitos de noche y de día habrían evolucionado en paralelo. La principal amenaza son los cambios que afectan específicamente a la noche.

Además de la especificación principal, se estimaron variantes en cinco bloques: (A) distintas definiciones de los períodos y la estimación para toda la comuna; (B) las ventanas de ±6, ±12 y ±24 meses, en frecuencia y en daño; (C) distintos tipos de delito y de registro, el daño del delito, la clasificación de luz según la posición del sol y la unidad celda por mes en lugar del total de las celdas intervenidas; (D) la comparación con El Salvador, localidad de la misma comuna que no fue intervenida, para los delitos nocturnos, para el total y mediante una triple diferencia (localidad, condición de luz y período), y (E) una prueba placebo que aplica el mismo modelo con un corte ficticio a fines de 2021, cuando no hubo intervención.

Tabla 33. Estimaciones de diferencias en diferencias según especificación, celdas con luminarias de Diego de Almagro

Especificación	Efecto (%)	IC 95% inf.	IC 95% sup.	p	Observaciones
A. Definición del período					
Principal: oct 2021-dic 2022 vs 2024-2025	−17,4	−51,8	41,8	0,489	78
Comuna completa (incluye El Salvador)	−14,4	−45,5	34,3	0,499	78
Pre desde enero 2020	−30,7	−54,9	6,4	0,094	120
Obras solo marzo-diciembre 2023	−15,9	−48,7	37,9	0,492	82
Año 2023 contado como pre	−24,9	−51,1	15,3	0,190	102
B. Ventanas de la propuesta					
±6 meses: frecuencia	−42,1	−73,8	28,1	0,178	24
±6 meses: daño (IDD)	−57,5	−90,0	80,7	0,247	24
±12 meses: frecuencia	−28,8	−57,4	19,2	0,196	48
±12 meses: daño (IDD)	17,7	−56,4	217,3	0,748	48
±24 meses: frecuencia	−25,9	−52,0	14,3	0,175	96
±24 meses: daño (IDD)	−31,1	−70,9	63,3	0,398	96
C. Tipo de delito y registro					
Incivilidades	−30,2	−63,1	32,1	0,270	76

Resto de delitos	0,9	−60,6	158,5	0,984	78
Solo denuncias	−17,4	−52,5	43,6	0,499	78
Solo detenciones	4,2	−68,5	244,2	0,947	54
Daño del delito (IDD)	−46,9	−84,0	76,8	0,302	78
Luz según posición solar	−5,6	−43,3	57,1	0,824	78
Unidad celda por mes	−16,4	−46,8	31,2	0,436	9.165
D. Comparación con El Salvador					
Delitos nocturnos	−5,3	−50,5	81,2	0,870	78
Delitos de día y de noche	4,6	−39,0	79,4	0,871	78
Triple diferencia	5,4	−65,5	221,9	0,926	152
E. Placebo					
Corte ficticio fin 2021 (±12 meses): frecuencia	−18,1	−59,7	66,7	0,582	48
Corte ficticio fin 2021 (±12 meses): daño (IDD)	87,7	−62,0	828,1	0,440	48

Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla larga de casos V2. Modelos de Poisson con efectos fijos. Efecto: variación porcentual de los delitos nocturnos respecto de los diurnos (bloques A, B, C y E) o de Diego de Almagro respecto de El Salvador (bloque D). Errores estándar agrupados por mes (por celda en la unidad celda).

En la especificación principal, los casos policiales nocturnos cambiaron −17,4% en relación con los diurnos tras el recambio, con un intervalo de confianza al 95% que va de −51,8% a +41,8% (p = 0,489). La estimación no es estadísticamente significativa, y el intervalo es tan amplio que es compatible con una reducción de la magnitud reportada por la literatura, con la ausencia de efecto y también con un aumento de más de 40%.

Ninguna de las variantes es estadísticamente significativa al 5%. Al incluir el período que incluye restricciones de movilidad (desde enero de 2020), la estimación es de −30,7% (p = 0,094); al considerar como período de obras solo marzo a diciembre de 2023, de −15,9% (p = 0,492), y al contar 2023 como parte del período previo, de −24,9% (p = 0,190). Si el mismo modelo se estima con los casos de toda la comuna, incluido El Salvador, la estimación es de −14,4% (p = 0,499), por lo que la conclusión no depende de haber restringido el análisis a las celdas intervenidas. Las ventanas estimadas con este mismo contraste, dan −42,1% (±6 meses; p = 0,178), −28,8% (±12 meses; p = 0,196) y −25,9% (±24 meses; p = 0,175) en frecuencia, y en daño −57,5%, +17,7% y −31,1%, respectivamente, todas no significativas. Es decir, cuando se descuenta lo que ocurrió con los delitos diurnos, desaparece la diferencia que el pre-post simple mostraba como significativa.

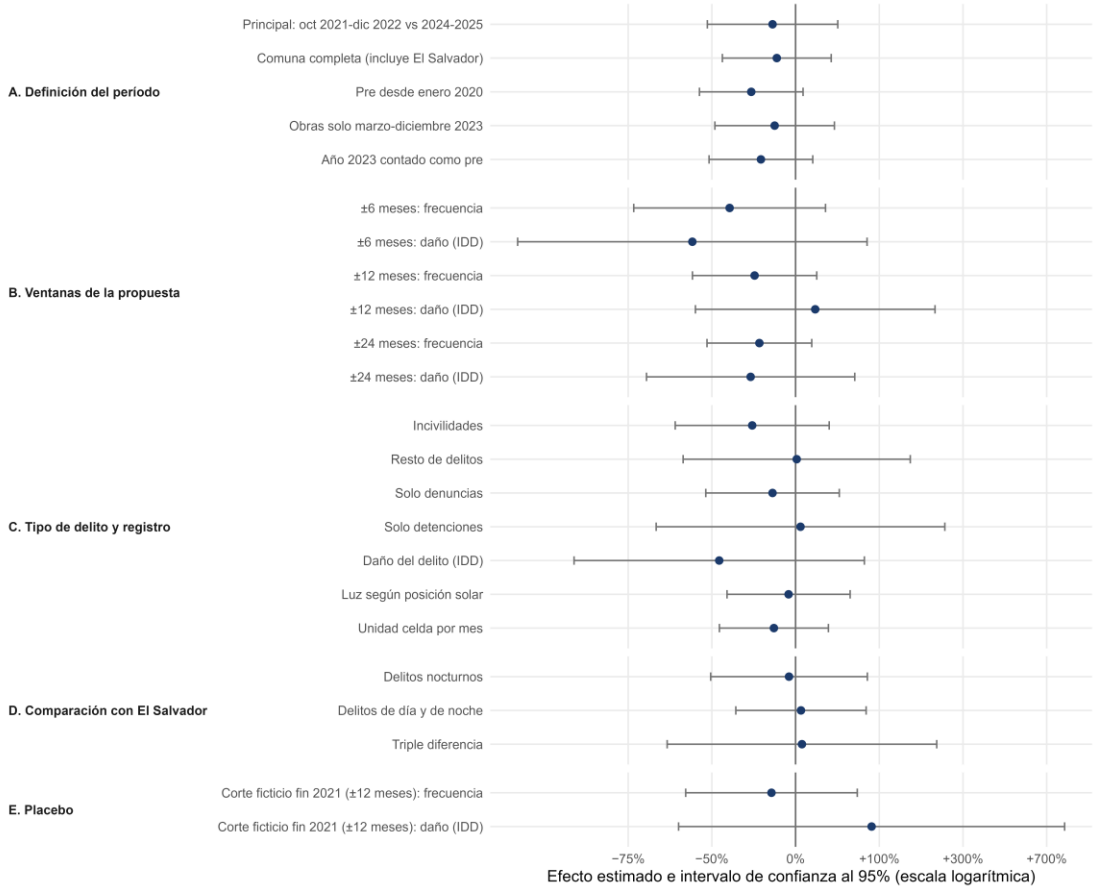
Por tipo de delito, la estimación para las incivilidades es de −30,2% (p = 0,270) y para el resto de los delitos, de +0,9% (p = 0,984). Tampoco son significativas las estimaciones para las denuncias (−17,4%), las detenciones (+4,2%), el daño del delito (−46,9%) ni la estimación a nivel de celda por mes (−16,4%; p = 0,436), que replica el panel de celdas de la propuesta con efectos fijos de celda por condición de luz y de mes.

La comparación con El Salvador tampoco muestra diferencias, los delitos nocturnos de las celdas intervenidas variaron −5,3% respecto de los de El Salvador (p = 0,870), el total de delitos de día y de noche, +4,6% (p = 0,871), y la triple diferencia, que compara la brecha entre noche y día de ambas localidades, +5,4% (p = 0,926). Esta comparación debe leerse con cautela, porque El Salvador es un campamento minero con una dinámica propia, en que las incivilidades representan el 86% de los casos, y no se sabe si su alumbrado cambió durante el período. Aun así, es la única comparación disponible con una localidad no

intervenida de la misma comuna, y no sugiere que Diego de Almagro haya evolucionado de manera distinta tras el recambio.

La prueba placebo es especialmente informativa. Al aplicar el mismo modelo con un corte ficticio a fines de 2021, comparando 2021 con 2022, cuando no hubo ninguna intervención, la estimación es de −18,1% (p = 0,582), prácticamente igual a la de la especificación principal (−17,4%). Es decir, una variación del tamaño de la que se observa tras el recambio aparece también entre dos años cualesquiera sin intervención, lo que confirma que la estimación principal está dentro del rango de fluctuación habitual de la serie. En daño, el placebo arroja +87,7% (p = 0,440), otra muestra de la inestabilidad de ese indicador.

Gráfico 5. Efectos estimados e intervalos de confianza al 95% según especificación, celdas con luminarias de Diego de Almagro

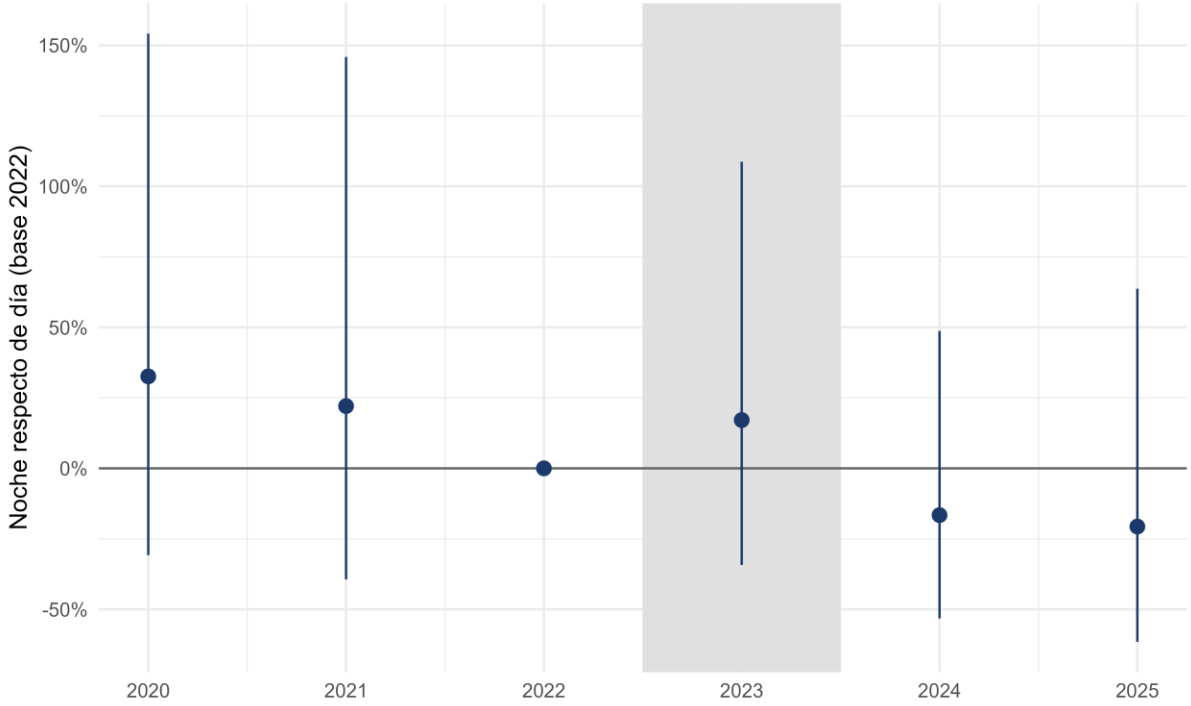


Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla larga de casos. Los puntos corresponden a la estimación puntual y las líneas al intervalo de confianza al 95%, en escala logarítmica para que reducciones y aumentos equivalentes se vean simétricos. La línea vertical en 0% indica ausencia de efecto.

Para examinar el supuesto de trayectorias paralelas, se estimó un estudio de eventos por año que compara la brecha entre noche y día de cada año con la de 2022, último año completo antes de las obras (Gráfico 6). Los coeficientes de 2020 (+32,6%) y 2021 (+22,1%) reflejan la mayor proporción nocturna del período de restricción de movilidad, más que una tendencia, y no son significativos. El de 2023 es de +17,1%, y los de 2024 y 2025, de −16,6% y −20,6%. Ninguno es estadísticamente distinto de cero, y todos los intervalos cubren desde reducciones de entre 30% y 60% hasta aumentos superiores a 45%. El patrón es consistente

con una leve disminución relativa de la noche después de 2023, pero la variabilidad entre años es de la misma magnitud que esa disminución, como también muestra el placebo.

Gráfico 6. Diferencia anual entre delitos nocturnos y diurnos respecto de 2022 (estudio de eventos), celdas con luminarias de Diego de Almagro, 2020–2025



Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla larga de casos. Modelo de Poisson con efectos fijos de mes y de condición de luz; año base 2022. El sombreado indica el año de ejecución de las obras.

5.3.6. Síntesis del estudio de caso

Diego de Almagro es el único territorio del estudio con una referencia temporal para la intervención de alumbrado, y, por este motivo, en concordancia con la contraparte de la Oficina de la Protección de la Calidad del Cielo del Norte de Chile, se utilizó para los análisis pre-post y con comparación.

La intervención fue un recambio completo: las 1.575 luminarias de sodio de la localidad se reemplazaron por luminarias LED ámbar de menor potencia, dirigidas hacia el suelo, en los mismos postes, y se agregaron 121 luminarias en zonas sin alumbrado. El cambio fue, ante todo, ambiental y energético; no significó iluminar calles oscuras ni pasar de luz cálida a luz blanca.

Los datos disponibles impidieron ejecutar la mayor parte del diseño comprometido en la propuesta técnica. No existe una fecha de activación por luminaria o por sector, solo una ventana de obras de alrededor de diez meses para toda la localidad; al haberse recambiado todas las luminarias, no hay celdas iluminadas no intervenidas que sirvan de grupo de control; la información de luminarias por celda es estática y no mide la luz, y el volumen de casos es muy bajo, con unos 12 casos al mes en las celdas intervenidas.

Los casos policiales registrados en las celdas intervenidas están dominados por las incivilidades, principalmente el consumo de alcohol en la vía pública, que representan el 65% de los casos y el 79% de los nocturnos. En 2023, el año de ejecución de las obras, se registró un alza atípica de incivilidades que

también ocurrió, con mayor intensidad, en El Salvador, donde no hubo recambio. Esta alza no se relaciona con la iluminación, pero contamina cualquier comparación que use 2023 como período previo.

El análisis pre-post comprometido muestra disminuciones de los delitos nocturnos de entre 30% y 41% cuando se compara con el período inmediatamente anterior al término de las obras, de las cuales sólo una alcanza significación estadística. Estas disminuciones reflejan la normalización del alza de 2023 y no un efecto del recambio: al excluir el año de obras, la reducción nocturna se acota a entre 3% y 6% en las ventanas de 12 y 24 meses, sin significación estadística, mientras los delitos diurnos aumentan. El desglose por grupo de delito se basa en cifras de 0 a 14 casos por período, salvo las incivilidades, y no admite interpretación, mientras el daño del delito varía en direcciones opuestas según la ventana, toda vez que depende de la presencia de pocos hechos de mayor gravedad. La concentración espacial del delito nocturno se mantuvo en los mismos sectores, sin un cambio consistente en el I de Moran.

La estrategia que compara los delitos nocturnos con los diurnos estima una variación de −17% en la especificación principal, con un intervalo de confianza entre −52% y +42% y un valor p de 0,49. Todas las variantes, incluidas las ventanas de la propuesta en frecuencia y en daño, las distintas definiciones del período de obras, la estimación para toda la comuna, la clasificación de luz según la posición solar, los distintos tipos de delito y registro, la unidad celda por mes y la comparación con El Salvador, producen estimaciones no significativas. La caída puntual se concentra en las incivilidades y es prácticamente nula en el resto de los delitos. La prueba placebo, con un corte ficticio a fines de 2021, arroja −18%, una cifra casi idéntica a la estimación principal, lo que muestra que variaciones de ese tamaño ocurren en esta serie sin que medie ninguna intervención.

6. Discusión

Los resultados muestran que la relación entre infraestructura de iluminación pública y actividad delictual es más compleja que una simple asociación entre mayor luz y menos delitos. En las cuatro ciudades, el delito se concentra espacialmente en sectores específicos y, sobre esa estructura, se observa una asociación positiva entre densidad de luminarias y niveles de frecuencia y daño delictual. Esta asociación persiste al incorporar controles territoriales y varía en intensidad entre ciudades y al interior de ellas.

Este resultado debe leerse a partir de los mecanismos que la literatura ha propuesto. Desde la prevención situacional, el alumbrado puede modificar las condiciones en que ocurre el delito al aumentar la visibilidad, favorecer la vigilancia natural y facilitar el uso del espacio público (Welsh, Farrington, & Douglas, 2022; Chalfin, Hansen, Lerner, & Parker, 2022). Sin embargo, estos mecanismos no implican una relación lineal ni que más infraestructura reduzca, por sí misma, los delitos. Los resultados varían según el tipo de delito, el horario, las características urbanas y sociales del territorio, las características de la infraestructura y la naturaleza de la intervención evaluada (Welsh, Farrington, & Douglas, 2022; Steinbach et al., 2015; Tompson et al., 2023; Uttley et al., 2025).

Esto es especialmente relevante aquí, porque la variable utilizada es la densidad de alumbrado público, es decir, la presencia territorial de infraestructura. No mide la luz efectivamente recibida en el espacio público, ni su uniformidad, distribución, funcionamiento o calidad. La literatura ha operacionalizado la exposición lumínica con distintos indicadores (densidad de luminarias, intensidad, tecnología, cobertura, funcionamiento, luminosidad ambiental) que no representan necesariamente el mismo fenómeno. Por ello,

la asociación observada debe entenderse como una relación entre la distribución de la infraestructura y la del delito, no como una estimación del efecto de la cantidad o calidad de la luz sobre la actividad delictual.

6.1. Principales patrones encontrados

Un primer resultado transversal es la elevada concentración espacial del delito. Tanto la frecuencia como el daño presentan autocorrelación espacial significativa en las cuatro ciudades, especialmente en Copiapó, lo que confirma que los delitos se agrupan en ciertos sectores. Los modelos OLS explican una proporción relevante de esta variabilidad y reducen la dependencia espacial inicial, pero los residuos mantienen autocorrelación significativa, lo que indica dimensiones territoriales relevantes no capturadas por las variables incluidas.

Esta concentración es un antecedente importante para interpretar la relación con el alumbrado. La infraestructura lumínica tampoco se distribuye al azar: responde a la organización funcional del territorio, la red vial, los usos del suelo y la localización de actividades y equipamientos. Por tanto, parte de la coincidencia entre luz y delito puede deberse a características comunes de los lugares donde ambos se localizan.

Un segundo patrón es la asociación positiva entre densidad de luminarias y actividad delictual, que aparece en los análisis descriptivos y en los modelos, con distinta intensidad entre ciudades. Aunque a primera vista contradice el mecanismo preventivo tradicional, la distribución de las luminarias no es independiente de la intensidad de uso del espacio urbano. La densidad de luminarias puede operar como indicador indirecto de intensidad urbana. Mellander et al., (2015) muestran que la luz artificial nocturna se correlaciona con mayor fuerza con la densidad de población y establecimientos que con sus valores absolutos, lo que sugiere que la luminosidad capta la concentración de actividad económica y población. Los sectores más intensos pueden así concentrar a la vez más luminarias y más delitos, sin relación causal directa entre ambos. La concentración de personas y actividades aumenta la necesidad de alumbrado, pero también las interacciones, los bienes expuestos y las oportunidades delictuales. La asociación puede responder, al menos en parte, a un factor territorial común: la intensidad de uso del espacio urbano. Los resultados de Copiapó, Coquimbo, La Serena y Diego de Almagro admiten una lectura semejante, los controles incluidos capturan algunas características sociodemográficas y territoriales, pero no necesariamente la centralidad, la intensidad comercial, la movilidad o la concentración de equipamientos y flujos, lo que es consistente con la autocorrelación residual.

Un tercer hallazgo refuerza esta interpretación: la asociación no se restringe a las horas de oscuridad, sino que aparece también de día y en los períodos de transición lumínica. Si obedeciera principalmente al efecto físico de la luz artificial sobre la visibilidad, cabría esperar una diferenciación temporal mucho más marcada. Su persistencia sugiere que parte de la asociación responde a atributos relativamente estables de los lugares (centralidad, intensidad de uso, concentración de actividades), presentes con independencia de que las luminarias estén iluminando en ese momento.

Los estudios basados en cambios de luz natural permiten precisar esta lectura. Doleac y Sanders (2015), usando el cambio al horario de verano como experimento natural, estimaron una reducción cercana al 7 % de los robos en las horas con mayor disponibilidad de luz. Uttley et al. (2025) encontraron un riesgo delictivo general 28 % mayor después del anochecer, pero el efecto apareció solo en cinco de las catorce categorías examinadas y se concentró en ciertos sectores. Las condiciones de luz pueden, entonces, incidir en algunos

delitos, pero el efecto depende del tipo de delito y del territorio, y no puede extrapolarse a toda la actividad delictual.

Finalmente, los mapas bivariados muestran que la relación tampoco es homogénea dentro de las ciudades, junto a sectores con alta densidad de luminarias y alto número de delitos, hay áreas con alta iluminación y baja concentración delictual, y otras con menos infraestructura y más delito. Esto no contradice la asociación promedio de los modelos, sino que evidencia que el vínculo está mediado por las características de cada lugar.

6.2. Relación con la evidencia revisada

Los resultados son consistentes con una de las principales conclusiones de la evidencia revisada: la relación entre iluminación y delito es heterogénea, territorialmente condicionada y dependiente tanto de las características de la intervención como de la forma de medir la exposición lumínica. La evidencia no permite sostener que cualquier incremento de iluminación reduzca automáticamente el delito.

Metaanálisis y revisiones sistemáticas muestran un efecto promedio favorable de ciertas intervenciones. Farrington y Welsh (2002) y Welsh y Farrington (2008) estimaron un delito entre 20 % y 21 % menor en las áreas intervenidas que en las de comparación. Sin embargo, este valor es un promedio ponderado y no implica que cada intervención produjera una reducción equivalente; las evaluaciones británicas mostraron una reducción conjunta de 38 %, mientras que las estadounidenses registraron una disminución cercana al 7 %, no estadísticamente significativa. Welsh y Farrington (2008) también encontraron una reducción conjunta de 30 % en los estudios que consideraban delitos diurnos y nocturnos, mientras que los restringidos al horario nocturno no mostraron variación significativa; asimismo, estimaron una reducción de 17 % en delitos contra la propiedad, sin resultado significativo para los delitos violentos.

A partir de estos resultados, Welsh y Farrington (2008) plantearon que el alumbrado podría operar no solo mediante mayor visibilidad y riesgo percibido de detección, sino también a través de cambios en el uso del espacio público y la vigilancia informal. Esta segunda explicación es relevante aquí porque supone efectos que trascienden las horas en que la luz actúa directamente sobre la visibilidad. Con todo, los propios autores advierten que estos mecanismos no fueron medidos directamente y constituyen explicaciones plausibles, no empíricamente demostradas.

La evidencia reciente mantiene esta heterogeneidad. Chalfin et al. (2022), mediante un experimento aleatorizado en Nueva York, estimaron una reducción cercana al 36% de los delitos graves en exteriores durante la noche tras introducir iluminación adicional. MacDonald et al. (2026), en el recambio de más de 34.000 luminarias en Filadelfia, encontraron alrededor de 15% menos delitos exteriores nocturnos y 21% menos hechos con armas. En cambio, Marchant y Norman (2025), al evaluar el recambio de 78.189 luminarias en Leeds, obtuvieron una variación de 2% en los delitos durante las horas de oscuridad, con un intervalo de confianza que incluía tanto reducciones como aumentos y, por tanto, no significativa.

Esta heterogeneidad permite entender que la asociación positiva encontrada no contradice necesariamente los efectos preventivos observados en algunas intervenciones, pues responden a preguntas distintas. Los estudios de intervención estiman qué ocurre con el delito cuando cambian las condiciones de iluminación; los análisis espaciales realizados principalmente para Copiapó, Coquimbo y La Serena examinan cómo se distribuyen territorialmente la infraestructura y el delito en un período dado.

Debe considerarse, además, la posibilidad de causalidad inversa. Los sectores con mayor circulación, actividad comercial, complejidad vial o uso nocturno pueden requerir más alumbrado, y las áreas con mayores problemas de seguridad pueden haber recibido mejoras precisamente por ello. Por eso, aun con controles territoriales, una asociación espacial no permite establecer la dirección causal. Tampoco descarta que ciertas intervenciones de alumbrado tengan efectos preventivos: es posible que los sectores más intensos concentren más infraestructura y más delitos y que, dentro de ellos, una modificación concreta de la luz altere determinados delitos. Los análisis transversales disponibles para la mayoría de las ciudades no permiten separar empíricamente ambos procesos.

6.3. Diferencias entre ciudades

La dirección general de la asociación es semejante en las cuatro ciudades, pero su intensidad varía. Coquimbo y La Serena presentan las asociaciones más intensas, Copiapó las de menor magnitud y Diego de Almagro una situación intermedia. Los modelos geográficamente ponderados (GWR) muestran que esta heterogeneidad también ocurre al interior de las ciudades. Esto es coherente con la literatura, Uttley et al. (2025) encontraron que el aumento del riesgo tras el anochecer se restringía a ciertas categorías delictivas y a ciertos sectores espaciales, y los estudios sobre densidad y distribución del alumbrado han obtenido relaciones de distinta dirección según las características urbanas y la medida de iluminación empleada.

Cartográficamente, en Copiapó la coincidencia entre iluminación y delito es más fragmentada y se vincula a corredores y sectores específicos de la trama urbana; en Coquimbo y La Serena hay áreas de coincidencia más extensas y continuas; y Diego de Almagro presenta una estructura más concentrada, coherente con su menor extensión urbana.

Si la iluminación se relaciona con la concentración espacial de población y establecimientos, como plantean Mellander et al. (2015), las diferencias entre ciudades pueden responder no solo a sus sistemas de alumbrado, sino también a cómo se concentran y distribuyen sus actividades urbanas. La densidad de luminarias puede así adquirir significados distintos según la estructura urbana. Los resultados no respaldan, por tanto, una relación única entre alumbrado y seguridad aplicable a todas las ciudades o sectores; la infraestructura lumínica debe interpretarse junto con las características funcionales y sociales del espacio urbano.

6.4. Lectura del caso de estudio en Diego de Almagro

En Diego de Almagro fue posible identificar temporalmente un recambio del alumbrado y construir una aproximación pre-post. Esto permite pasar de preguntar dónde coinciden espacialmente infraestructura y delito a preguntar si es posible identificar cambios en el delito tras una modificación concreta del sistema de iluminación, lo que acerca el análisis a los estudios de intervención revisados. En ellos, la evidencia tampoco es uniforme: Chalfin et al. (2022) y MacDonald et al. (2026) encontraron reducciones tras intervenciones que modificaron de manera identificable las condiciones de iluminación, mientras que Marchant y Norman (2025) no hallaron un cambio significativo tras el recambio tecnológico en Leeds. En Chile, Cadena-Urzúa & Guardiola (2025) estimaron reducciones de entre 19,9% y 29,8% en robo por sorpresa en municipios intervenidos, según el procedimiento utilizado para construir unidades comparables.

En Diego de Almagro, en cambio, ninguna de las especificaciones evaluadas muestra cambios estadísticamente significativos atribuibles al recambio. El resultado se mantiene al modificar las ventanas temporales, las definiciones del período de obras, los tipos de delito, las condiciones de luz natural, la unidad de análisis y el grupo de comparación. Además, la prueba placebo, con un punto de corte anterior a la intervención, produce una variación de magnitud semejante, lo que indica que fluctuaciones de ese orden pueden ocurrir incluso sin recambio.

Este resultado debe interpretarse considerando la capacidad estadística del diseño. Dado el reducido volumen de eventos, el análisis habría tenido una probabilidad razonable de detectar únicamente efectos de gran magnitud, cercanos o superiores a una reducción del 58%, y su capacidad para identificar efectos del orden de los reportados en la literatura internacional era inferior al 10%. La ausencia de significancia no es, entonces, evidencia de que el recambio no haya tenido efecto; indica que la información disponible no permite distinguir con precisión un eventual cambio atribuible a la intervención de la variabilidad propia de la serie. Esto coincide con una lección metodológica de la literatura: el problema de muchas evaluaciones no ha sido necesariamente la inexistencia de un efecto, sino la dificultad para distinguirlo de tendencias generales u otros cambios simultáneos cuando la intervención o el contrafactual no están bien caracterizados (Tien et al., 1979; Farrington & Welsh, 2002).

A ello se suma que la denominación "mejoramiento del alumbrado" agrupa intervenciones muy distintas. Chalfin et al. (2022), MacDonald et al. (2026) y Marchant y Norman (2025) evaluaron modificaciones que difieren en intensidad, escala, tecnología y cambio efectivo de las condiciones lumínicas; la revisión del Entregable N°1 concluye que el número de luminarias sustituidas no basta por sí solo para medir la intervención. Para futuras evaluaciones sería necesario disponer de fechas de recambio por circuito, sector o luminaria y caracterizar el cambio efectivo en intensidad, uniformidad, cobertura y funcionamiento. En localidades pequeñas, incorporar varias comunas con intervenciones comparables ayudaría a superar las limitaciones de potencia estadística.

6.5. Seguridad y protección de los cielos

El problema de este estudio no se limita a la relación entre alumbrado y delito, sino que requiere compatibilizar seguridad urbana y protección de los cielos. En ese marco, la evidencia revisada y los resultados empíricos coinciden en cuestionar un planteamiento basado solo en la cantidad de luz.

Los estudios sobre reducción o interrupción del alumbrado son particularmente pertinentes. Steinbach et al. (2015) y Perkins et al. (2015), entre otros, analizaron estrategias de apagado, atenuación y modificación del alumbrado; en 62 autoridades locales no se encontró evidencia general de que las modalidades de reducción aumentaran el delito, aunque los autores advirtieron limitaciones por otras intervenciones simultáneas. La evidencia sobre fallas muestra además que los efectos pueden diferir entre el segmento afectado y las calles próximas, lo que refuerza la necesidad de considerar la escala espacial y los posibles desplazamientos (Chalfin, Kaplan, & LaForest, 2021). Esto no implica que reducir la iluminación carezca de consecuencias para la seguridad, sino que cuestiona una relación simple según la cual menos luz produce necesariamente más delito. Del mismo modo, aumentar o mejorar el alumbrado tampoco genera resultados uniformes: la magnitud y dirección de los efectos dependen del cambio lumínico efectivo, el contexto y los delitos considerados.

El caso de Diego de Almagro aporta evidencia pertinente. El análisis no identifica un aumento estadísticamente detectable del delito nocturno tras el recambio a iluminación de menor potencia y menor contaminación lumínica. Por las limitaciones de potencia estadística, esto no demuestra que el recambio sea neutral respecto del delito; pero tampoco hay evidencia en los datos de que una solución orientada a reducir la contaminación lumínica haya deteriorado detectablemente la seguridad.

Esto cobra sentido porque la cantidad de infraestructura es solo una dimensión del sistema lumínico, dos intervenciones llamadas "mejoramiento del alumbrado" pueden representar exposiciones muy distintas según el número de luminarias, su intensidad, tecnología, cobertura y funcionamiento. Ni la densidad de luminarias ni la potencia nominal bastan para establecer la calidad de las condiciones visuales del espacio público. Compatibilizar seguridad y protección de los cielos exige, por tanto, desplazar el énfasis desde la cantidad de infraestructura hacia la pertinencia y calidad de la iluminación: localización de los puntos de luz, distribución, uniformidad, orientación y funcionamiento, junto con los usos del espacio, los flujos de personas, las características de los usuarios y los períodos en que la iluminación es efectivamente necesaria.

Así, los resultados refuerzan la conclusión del Entregable N°1: la discusión no debiera plantearse como una elección entre iluminar más o menos, sino como la búsqueda de una iluminación localizada, eficiente y adecuada al espacio, que contribuya a la seguridad sin generar impactos lumínicos innecesarios. La evidencia de las cuatro ciudades muestra que la cantidad de luminarias no es por sí sola un indicador suficiente de seguridad y que su relación con el delito debe comprenderse dentro de las dinámicas urbanas, sociales y territoriales en que se inserta. Seguridad y protección de los cielos no son necesariamente objetivos contrapuestos, sino dimensiones que deben abordarse conjuntamente mediante decisiones de iluminación territorialmente informadas.

7. Conclusiones y recomendaciones

- **Criterios que deberían orientar una iluminación adecuada**

Uno de los principales aprendizajes levantados en el estudio tiene que ver con que la calidad de la iluminación no puede evaluarse únicamente a partir de la cantidad de luminarias instaladas o de un nivel promedio de iluminación. La normativa vigente considera un conjunto más amplio de parámetros relacionados con la distribución de la luz, la uniformidad, el control del deslumbramiento y la relación entre las superficies iluminadas y su entorno. Asimismo, en materia de alumbrado peatonal, el Decreto Supremo Nº51 de 2015 incorpora exigencias orientadas a favorecer la identificación de personas, obstáculos y elementos del espacio público.

Esta distinción es central para interpretar los resultados del estudio. El indicador utilizado representa el número y la densidad de luminarias registradas en el territorio, pero no mide directamente iluminancia, luminancia, uniformidad, orientación, potencia efectiva, estado operativo ni otras características que determinan el desempeño visual de una instalación. Por ello, la asociación espacial observada entre densidad de luminarias y actividad delictual debe entenderse como una relación con la infraestructura instalada, y no como evidencia de una asociación entre calidad de la iluminación y delito.

La literatura especializada coincide en que una mayor cantidad de luz no garantiza por sí misma mejores condiciones de visibilidad. La distribución, los valores mínimos, la uniformidad y el control del deslumbramiento son relevantes para determinar el desempeño de una instalación (Fotios, 2019; Fotios &

Gibbons, 2018). Del mismo modo, el estado y mantenimiento del equipamiento pueden modificar las condiciones efectivamente disponibles respecto de aquellas contempladas originalmente en el diseño (CIE, 2003).

La evaluación debe considerar además las características de los usuarios y del espacio. Las tareas visuales de una persona que camina o circula en bicicleta son diferentes de aquellas asociadas a la conducción vehicular: incluyen reconocer recorridos, detectar obstáculos y observar a otras personas y elementos verticales (Fotios & Gibbons, Road lighting research for drivers and pedestrians: The basis of luminance and illuminance recommendations, 2018). Esto adquiere especial importancia en plazas, cruces, corredores peatonales y otros espacios de permanencia o circulación. En este sentido, la planificación de la iluminación debe considerar los usos del suelo, los flujos, los horarios y las características específicas de cada entorno, en lugar de asumir que una misma solución resulta adecuada para todos los espacios (CIE, 2019).

Los resultados territoriales del estudio refuerzan esta necesidad. La relación entre densidad de luminarias y actividad delictual presenta variaciones importantes entre ciudades y al interior de ellas, mientras que los modelos espaciales muestran que persisten patrones no explicados completamente por las variables incorporadas. Esto indica que factores asociados a los usos del suelo, la movilidad, la actividad comercial, la conectividad y otros atributos del entorno continúan siendo relevantes para comprender la distribución territorial del delito.

A lo anterior se suma la necesidad de compatibilizar el desempeño visual con la protección ambiental. El Decreto Supremo Nº1 de 2022 establece exigencias respecto de la intensidad y dirección de las emisiones, la luz reflejada y su composición espectral, con condiciones diferenciadas para las Áreas de Protección Especial. Estas disposiciones se articulan con las categorías establecidas por los reglamentos de alumbrado vehicular y peatonal. Por tanto, las necesidades de visibilidad y la protección de los cielos nocturnos no debieran entenderse necesariamente como objetivos contrapuestos, sino como dimensiones que deben resolverse conjuntamente mediante un diseño adecuado al espacio y a la regulación aplicable.

En particular, la temperatura de color no permite caracterizar por sí sola ni el desempeño visual ni los efectos ambientales de una instalación, dado que no equivale a su distribución espectral (Gibbons, et al., 2015). La evaluación debe considerar conjuntamente la cantidad, dirección, distribución espacial y temporal y características espectrales de la luz. Esta mirada resulta consistente con el enfoque de la CIE, que plantea abordar las necesidades humanas y los efectos de la iluminación sobre el entorno de manera integrada (CIE, 2025).

Finalmente, es necesario mantener diferenciadas la calidad visual, la percepción de seguridad y la ocurrencia de delitos. Estas dimensiones pueden relacionarse, pero no son equivalentes. La evidencia disponible muestra que las condiciones de alumbrado pueden incidir en la tranquilidad o confianza de las personas al desplazarse de noche, lo que constituye un resultado específico y distinto de la ocurrencia delictual (Fotios, et al., 2015). Del mismo modo, las revisiones sobre alumbrado y prevención del delito identifican efectos promedio favorables para algunas intervenciones, pero con resultados heterogéneos según contexto y tipología, sin que una determinada cantidad o intensidad de iluminación pueda considerarse por sí sola garantía de mayor seguridad (Welsh et al., 2022).

Por ello, una evaluación integral del alumbrado requiere combinar, según los objetivos de cada intervención, mediciones físicas de las condiciones de iluminación, información sobre la experiencia de los

usuarios y análisis de resultados en seguridad, evitando utilizar cualquiera de estas dimensiones como sustituto de las demás.

- **Principales brechas identificadas**

La principal brecha observada por el estudio corresponde a la información disponible para caracterizar la infraestructura de iluminación. Los catastros utilizados permiten conocer fundamentalmente la localización y cantidad de luminarias, pero no incorporan de manera sistemática atributos necesarios para evaluar su desempeño efectivo, como tipo y características técnicas de la luminaria, orientación, potencia, fecha de instalación o recambio, estado operativo o mediciones luminotécnicas. Esta diferencia entre las variables disponibles y las características que exige considerar la normativa limita tanto la evaluación técnica de las instalaciones como la interpretación de su relación con la seguridad.

Una segunda brecha se refiere a la verificación de las condiciones de implementación. La normativa establece los parámetros que deben cumplir las instalaciones, pero la información recopilada para el estudio no permite reconstruir sistemáticamente cómo estos son verificados durante el diseño, la recepción de las obras, su operación y mantenimiento. Esto no constituye evidencia de incumplimiento, sino una brecha de información que sería necesario abordar mediante antecedentes específicos de cada municipio e intervención.

En tercer lugar, los resultados evidencian una brecha territorial y metodológica. Tanto la infraestructura como la actividad delictual se encuentran fuertemente concentradas y su relación varía entre sectores. En consecuencia, diagnósticos basados exclusivamente en promedios comunales o cantidades globales de infraestructura pueden ocultar diferencias relevantes dentro de las ciudades.

Finalmente, existe una brecha respecto de la experiencia localizada de los usuarios. La información de percepción disponible en el estudio tiene escala comunal y no permite establecer cómo las personas evalúan condiciones específicas de visibilidad, reconocimiento interpersonal o seguridad en determinados recorridos y espacios.

- **Recomendaciones**

A partir de los hallazgos levantados, se considera pertinente:

Fortalecer y estandarizar los catastros de alumbrado público: Además de la ubicación de las luminarias, es necesario sistematizar información sobre tipo de luminaria, potencia, óptica, orientación, altura, características espectrales, fecha de instalación o recambio, estado operativo y otros atributos relevantes para evaluar el desempeño de la infraestructura. Esto permitiría pasar desde registros centrados en cantidad de equipamiento hacia sistemas útiles para el diseño, fiscalización y evaluación. Asimismo, resulta de gran relevancia el registro sistemático de fechas de inicio, instalación, puesta en operación y recepción de las intervenciones de las luminarias.

Complementar los catastros con mediciones en terreno cuando el objetivo sea determinar la calidad efectiva de la iluminación: el catastro debería complementarse con mediciones acordes con la clase de alumbrado y el espacio evaluado, incluyendo no solo promedios sino también mínimos, distribución, uniformidad y, cuando corresponda, parámetros verticales o semicilíndricos. La selección de indicadores

debe responder a las tareas visuales que se busca facilitar y no limitarse a un único valor promedio (Fotios, 2019).

Diseñar soluciones diferenciadas según tipo de espacio: la planificación debería considerar uso del suelo, actividad, flujos, horario, presencia de peatones y ciclistas y características de los recorridos, evitando asumir que una misma solución es adecuada para sectores residenciales, corredores comerciales, plazas o espacios de encuentro.

Evitar utilizar la cantidad de luminarias como único criterio de seguridad: los resultados del estudio muestran una asociación espacial positiva entre densidad de luminarias y actividad delictual, pero esta relación también se observa durante períodos con luz natural y persiste después de incorporar distintos controles territoriales. Ello sugiere que la infraestructura de iluminación forma parte de una estructura urbana más amplia asociada a centralidad, actividad y circulación. Por tanto, aumentar la densidad de luminarias no debe entenderse automáticamente como una intervención capaz de reducir el delito.

Incorporar la experiencia de las personas mediante estudios específicos: Cuando se busque evaluar percepción de seguridad o calidad de la experiencia peatonal, complementar los datos administrativos con encuestas, entrevistas, marchas exploratorias u otros instrumentos locales. Estos levantamientos deben mantenerse conceptualmente diferenciados de las evaluaciones en términos de registros administrativos.

Incorporar la evaluación desde el diseño de las futuras intervenciones: para estimar con mayor solidez los efectos de recambios o nuevas instalaciones, resulta recomendable definir previamente indicadores de resultado, levantar una línea de base, registrar las fechas exactas de intervención y, cuando sea posible, contar con zonas o unidades de comparación. Esto permitiría superar una de las principales restricciones metodológicas enfrentadas por el presente estudio y generar evidencia de mayor capacidad causal.

Referencias bibliográficas

Anselin, L. (1995). Local indicators of spatial association—LISA. *Geographical Analysis*, 93 - 115. doi:https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x

Burnham, K. P., & Anderson, D. R. (2004). Multimodel Inference: Understanding AIC and BIC in Model Selection. *Sociological Methods & Research, 33*(2). doi:https://doi.org/10.1177/0049124104268644

Cadena-Urzúa, P., & Guardiola, J. &. (2025). The impact of public lighting improvement on crimes and incivilities reduction in Chile. *Frontiers in Sociology*. doi:https://doi.org/10.3389/fsoc.2025.1541359

Chalfin, A., Hansen, B., Lerner, J., & Parker, L. (2022). Reducing crime through environmental design: Evidence from a randomized experiment of street lighting in New York City. *Journal of Quantitative Criminology, 38*(1), 127–157. doi:10.1007/s10940-020-09490-6

Chalfin, A., Kaplan , J., & LaForest, M. (2021). Street light outages, public safety and crime attraction. *Journal of Quantitative Criminology*, 891–919.

Comisión Internacional de Iluminación. (2003). *The maintenance of outdoor lighting systems* .

Comisión Internacional de Iluminación. (2019). *A guide to urban lighting masterplanning.*

Comisión Internacional de Iluminación. (2025). *CIE position statement on obtrusive light and light pollution (CIE PS 003:2025).*

Doleac, J., & Sanders, N. (2015). Under the cover of darkness: How ambient light influences criminal activity. *Social Science Research Network (SSRN)*. doi:http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2603461

Farrington, D., & Welsh, B. (2002). Improved street lighting and crime prevention. *Justice Quarterly*, 313–342. doi:https://doi.org/10.1080/07418820200095261

Ferraro, K. F., & LaGrange, R. L. (1987). The measurement of fear of crime. *Sociological Inquiry*, 70–97.

Fotios, S. (2019). Which metrics are needed to specify good lighting for pedestrians? *Proceedings of the 29th CIE Session (CIE x046:2019, pp. 62–67)*, 62-67.

Fotios, S., & Gibbons, R. (2018). Road lighting research for drivers and pedestrians: The basis of luminance and illuminance recommendations. *Lighting Research & Technology*, 154-186.

Fotios, S., Unwin, J., & Farrall, S. (2015). Road lighting and pedestrian reassurance after dark: A review. *Lighting Research & Technology*, 449-469.

Getis, A., & Ord, J. K. (1992). The analysis of spatial association by use of distance statistics. *Geographical Analysis, 24*(3), 189 - 206. doi:https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1992.tb00261.x

Gibbons, R., Meyer, J., Terry, T., Bhagavathula, R., Lewis, A., Flanagan, M., & Connell, C. (2015). *Evaluation of the impact of spectral power distribution on driver performance (FHWA-HRT-15-047).* Federal Highway Administration.

Instituto Nacional de Estadística, & subsecretaria de prevencion del delito. (2024). *Informe Metodológico: ENUSC 2024*. Obtenido de https://www.ine.gob.cl/docs/default-source/seguridad-ciudadana/metodologia/2024/informe-metodologico---enusc-2024.pdf?sfvrsn=651010da_2

Instituto Nacional de Estadísticas. (2026). *Encuesta Nacional Urbana de Seguridad Ciudadana ENUSC 2025: Informe metodológico*.

Instituto Nacional de Estadísticas y Subsecretaría de Prevención del Delito. (2026a). *Síntesis de resultados comuna de Copiapó: ENUSC 2025*.

Instituto Nacional de Estadísticas y Subsecretaría de Prevención del Delito. (2026b). *Síntesis de resultados comuna de Coquimbo: ENUSC 2025*.

Instituto Nacional de Estadísticas y Subsecretaría de Prevención del Delito. (2026c). *Síntesis de resultados comuna de La Serena: ENUSC 2025*.

Instituto Nacional de Estadísticas y Subsecretaría de Prevención del Delito. (2026d). *Encuesta Nacional Urbana de Seguridad Ciudadana 2025: Presentación de resultados nacional*. Obtenido de https://www.ine.gob.cl/docs/default-source/seguridad-ciudadana/publicaciones-y-anuarios/2025/nacional/sintesis-nacional---enusc-2025.pdf

Instituto Nacional de Estadísticas y Subsecretaría de Prevención del Delito. (2026e). *Encuesta Nacional Urbana de Seguridad Ciudadana 2025: Presentación de resultados Atacama*.

Instituto Nacional de Estadísticas y Subsecretaría de Prevención del Delito. (2026f). *Encuesta Nacional Urbana de Seguridad Ciudadana 2025: Presentación de resultados Coquimbo*.

Lee, J., Leitner, M., & Paulus, G. (2024). [Referencia sobre iluminación nocturna y distribución espacial del delito en Viena]. *ISPRS International Journal of Geo-Information*.

Lee, J., Leitner, M., & Paulus, G. (2024). Spatiotemporal Analysis of Nighttime Crimes in Vienna, Austria. *ISPRS International Journal of Geo-Information, 13*(7). doi:https://doi.org/10.3390/ijgi13070247

Lorenc, T., Petticrew, M., Whitehead, M., Neary, D., Clayton, S., Wright, K., . . . Renton, A. (2013). Fear of crime and the environment: Systematic review of UK qualitative evidence. *BMC Public Health*.

MacDonald, J., Chalfin, A., Moritz, M., Wade, B., Mendlein, A., Braga, A., & South, E. (2026). Can enhanced street lighting improve public safety at scale? *Criminology & Public Policy*, 31–62.

Marchant, P., & Norman, P. (2025). To determine if changing to white light street lamps reduces crime: A multilevel longitudinal analysis of crime occurrence during the relighting of Leeds, a UK city. *Applied Spatial Analysis and Policy*. doi:doi:10.1007/s12061-025-09675-1

Mellander, C., Lobo, J., Stolarick, K., & Matheson, Z. (2015). Night-Time Light Data: A Good Proxy Measure for Economic Activity?. *PLOS ONE*. doi:https://doi.org/10.1371/journal.pone.0139779

Ministerio de Medio Ambiente. (2026). *Consulta Pública: Modificación de plazos de la norma lumínica [Anuncio de encuentro informativo]*.

Ministerio del Medio Ambiente. (2023). *Decreto Supremo N.º 1, de 2022: Establece norma de emisión de luminosidad artificial generada por alumbrados de exteriores, elaborada a partir de la revisión del Decreto Supremo N.º 43, de 2012*. Diario Oficial de la República de Chile.

Ministerio del Medio Ambiente. (2024). *Nueva norma lumínica: D.S. N° 1/2022 MMA. Norma de emisión de luminosidad artificial generada por alumbrados de exteriores*.

Ministerio del Medio Ambiente. (2024b). *RE N.º 455: Aprueba listado de comunas que, formando parte de un área astronómica, se encuentran a una distancia igual o superior a 100 km medidos desde los sitios astronómicos que definan dicha área, en virtud del art 11 del Decreto Supremo N° 2022, MMA*. Diario Oficial de la República de Chile. Obtenido de https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1204172

Ministerio del Medio Ambiente. (s.f.). *Consolidado de observaciones y respuestas consulta ciudadana: Anteproyecto de norma de emisión elaborado a partir de la revisión del Decreto Supremo N.º 43, de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente*.

Moran, P. (1950). Notes on continuous stochastic phenomena. *Biometrika, 37*, 17-23. doi:https://doi.org/10.2307/2332142

Perkins, C., Steinbach, R., Tompson, L., Green, J., Johnson, S., Grundy, C., & Edwards, P. (2015). What is the effect of reduced street lighting on crime and road traffic injuries at night? A mixed-methods study. *Public Health Research*, 1-108.

Ripley, B. D. (1976). The second-order analysis of stationary point processes. *Journal of Applied Probability, 13*(2), 255 -266. doi:https://doi.org/10.2307/3212829

Steinbach, R., Perkins, C., L., T., Johnson, S., Armstrong, B., Green, J., . . . Edwards. (2015). The effect of reduced street lighting on road casualties and crime in England and Wales: controlled interrupted time series analysis. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 1118 - 1124. doi:10.1136/jech-2015-206012

Steinbach, R., Perkins, C., Tompson, L., Johnson, S., Armstrong, B., Green, J., & Edwards, P. (2015). The effect of reduced street lighting on road casualties and crime in England and Wales: Controlled interrupted time series analysis. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 1118–1124.

Subsecretaría de Prevención del Delito. (2022). *Orientaciones técnicas de prevención situacional*.

Sun, L., & Abraham, S. (2021). Estimating dynamic treatment effects in event studies with heterogeneous treatment effects. *Journal of Econometrics*, 175–199.

Tien, J., O'Donnell, V., Barnett, A., & Mirchandani, P. (1979). *Street lighting projects: National Evaluation Program phase I report. National Institute of Law Enforcement and Criminal Justice, U.S. Department of Justice*.

Tompson, L. S., Johnson, S. D., Teh, C. S., Perkins, C., Edwards, P., & Armstrong, B. (2023). Absence of street lighting may prevent vehicle crime, but spatial and temporal displacement remains a concern. *Journal of Quantitative Criminology*, 603 - 623. doi:https://doi.org/10.1007/s10940-022-09539-8

Uttley, J., Canwell, R., Smith, J., Falconner, S., Mao, Y., & Fotios, S. (2025). Does darkness increase the risk of certain types of crime? A registered report article. *PLOS ONE*.

Vadlamani, S., & Hashemi, M. (2020). Studying the impact of streetlights on street crime rate using geostatistics. *21st International Conference on Information Reuse and Integration for Data Science (IRI)*. IEEE.

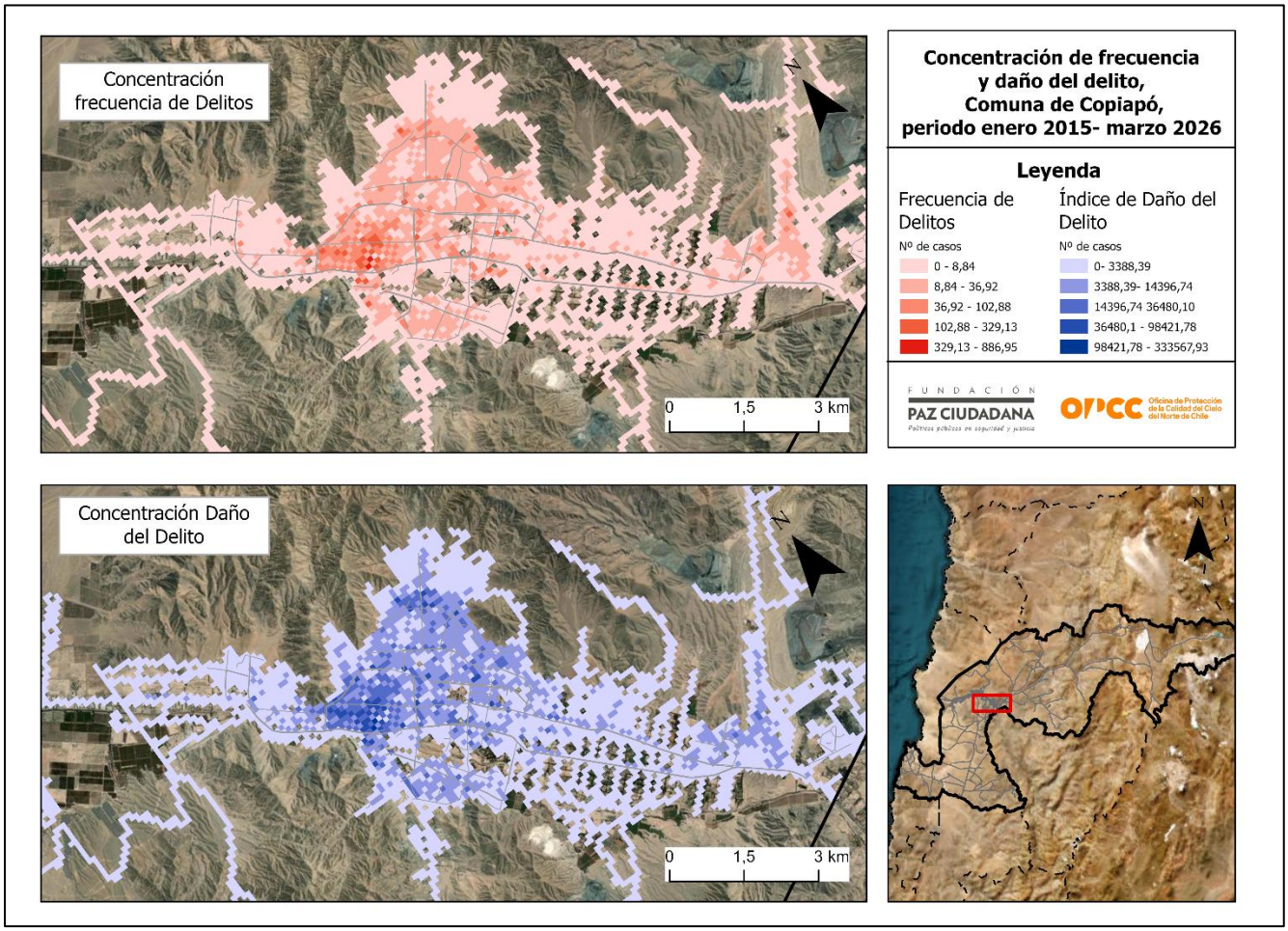
Welsh, B. C., & Farrington, D. P. (2008). Effects of improved street lighting on crime. *Campbell Systematic Reviews*, 1–51.

Welsh, B., Farrington, D., & Douglas, S. (2022). The impact and policy relevance of street lighting for crime prevention: A systematic review based on a half-century of evaluation research. *Criminology & Public Policy*, 739–765.

Xu, Y., Fu, C., Kennedy, E., Jiang, S., & Owusu-Agyemang, S. (2018). The impact of street lights on spatial-temporal patterns of crime in Detroit, Michigan. *Cities*, 45–52.

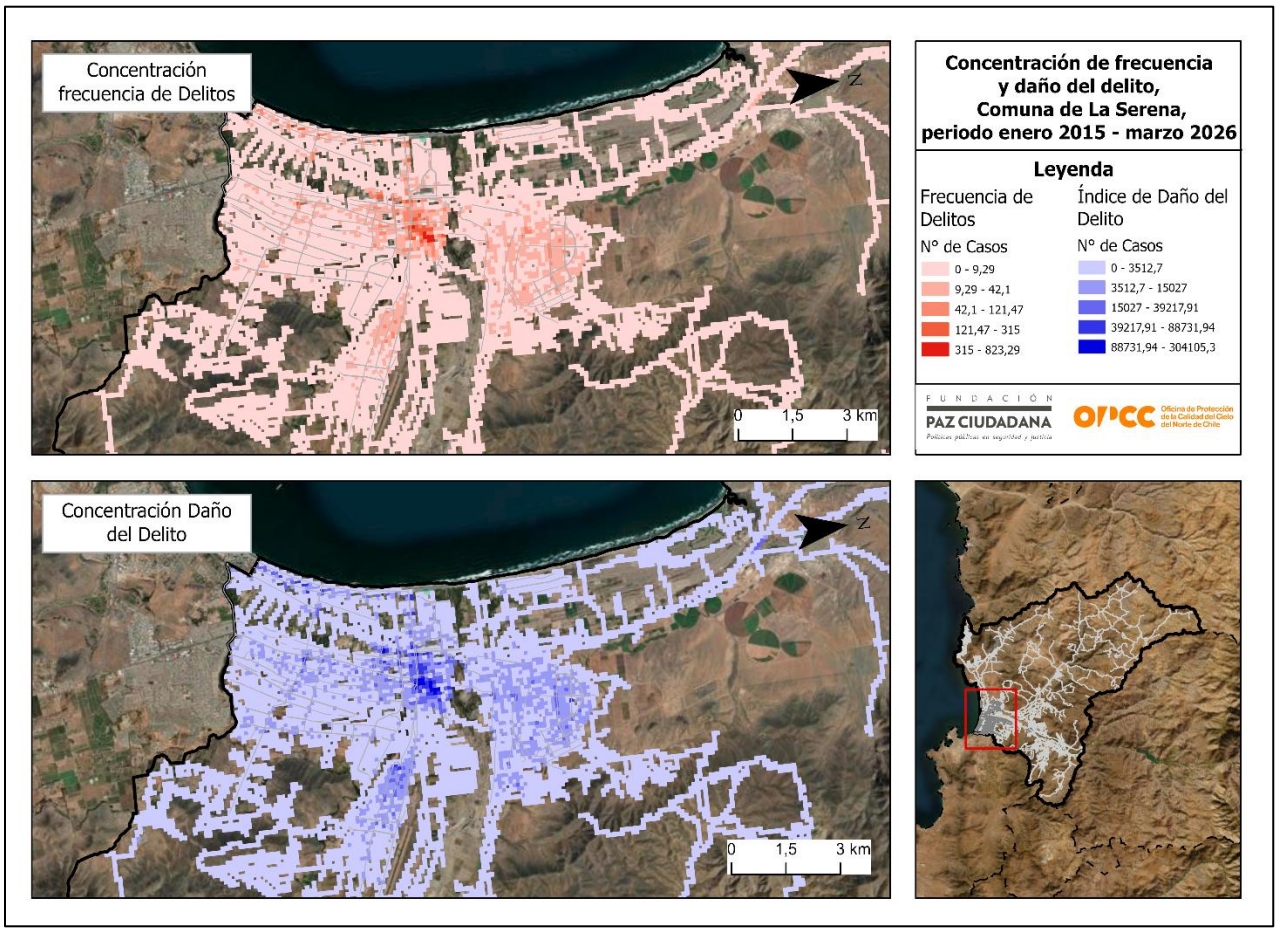
Anexos

Figura 10. Distribución espacial de la frecuencia y el daño delictual en Copiapó, enero 2015–marzo 2026.



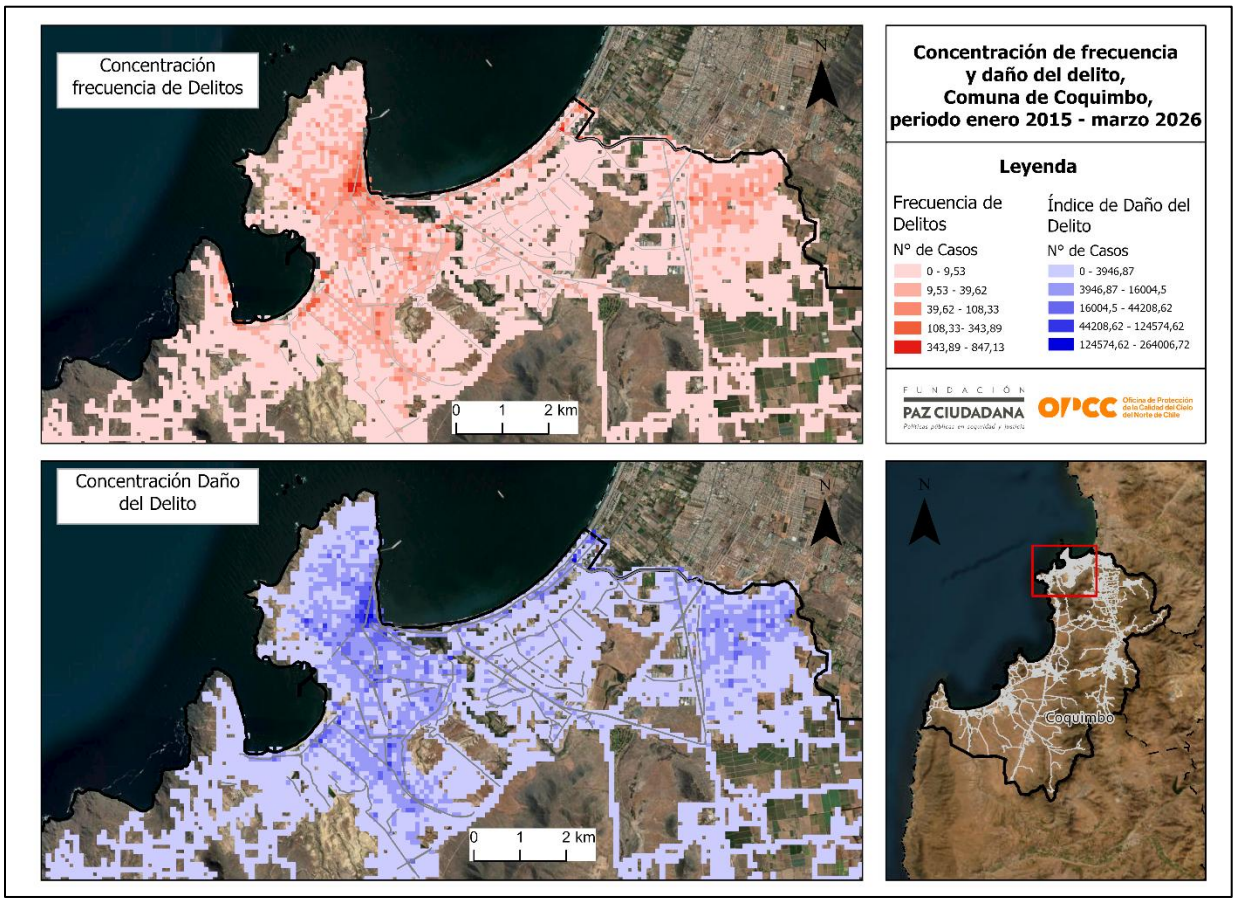
Fuente: Elaboración propia

Figura 11. Distribución espacial de la frecuencia y el daño delictual en Coquimbo, enero 2015–marzo 2026.



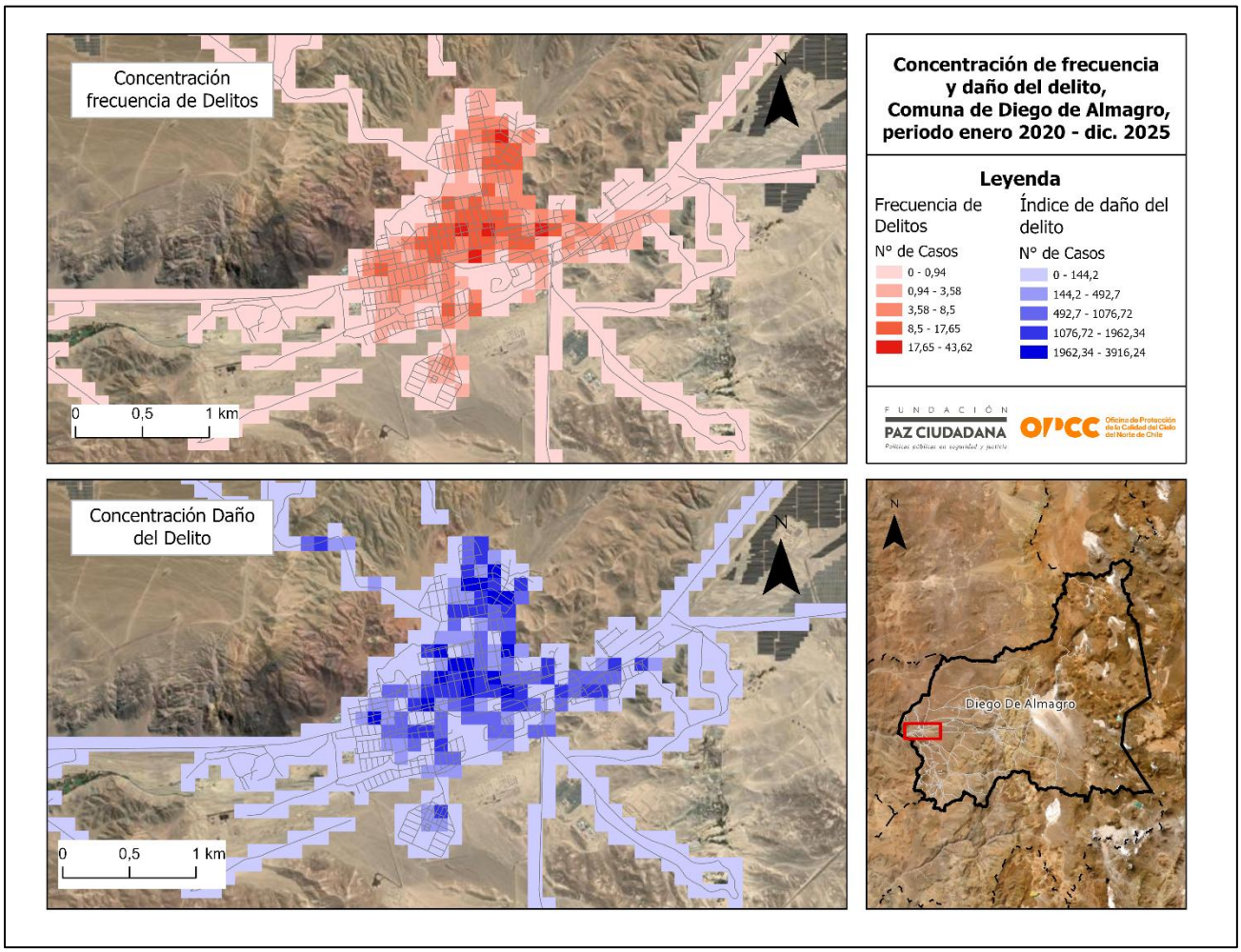
Fuente: Elaboración propia

Figura 12. Distribución espacial de la frecuencia y el daño delictual en La Serena, enero 2015–marzo 2026.



Fuente: Elaboración propia

Figura 13. Distribución espacial de la frecuencia y el daño delictual en Diego de Almagro, enero 2020–diciembre 2025.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 34. Estadísticos descriptivos de las covariables sociodemográficas y territoriales en celdas con población residente

CIUDAD	VARIABLE	N	MEDIA	MEDIANA	DE	MÍN.	P25	P75	P90	MÁX.	% CEROS
COPIAPÓ	prom_edad	2.704	37,4	37	7,35	20,7	31,9	42,4	46	68,8	0
	iav	2.704	3,28	3,75	1,94	0	2,27	4,87	5,48	6,15	21,0
	icul	2.704	0,05	0,05	0,04	0	0,01	0,08	0,10	0,13	21,0
	idep	2.704	1,06	1,26	0,61	0	0,88	1,47	1,71	2,15	21,0
	isal	2.704	0,37	0,38	0,28	0	0,15	0,56	0,76	0,96	21,0
	iser	2.704	1,60	1,63	1,31	0	0,45	2,31	3,53	4,72	21,0
	iata	2.704	6,72	8,12	3,53	0	7,48	8,80	9,37	12,6	21,0
	icv	2.704	4,10	0	12,2	0	0	0	14,3	83,7	77,3
	n_pers	2.704	252	101	369	8	55	311	618	2.311	0
	n_hombres	2.704	126	50	183	2	28	157	293	1.132	0
	n_mujeres	2.704	126	52	188	3	27	154	316	1.179	0
	n_inmigran	2.704	42,6	7	105	0	0	25	113	752	33,5
	n_jefatura	2.704	40,9	15	63,2	0	8	47	106	421	0,41
	n_vp	2.704	100	36	159	0	20	111	245	1.173	0,30
COQUIMBO	prom_edad	5.408	38,1	37,3	7,04	21,5	33,3	42	47,4	67,9	0
	iav	5.408	2,26	2,59	1,99	0	0	3,40	5,01	8,95	30,1
	icul	5.408	0,03	0,01	0,03	0	0	0,04	0,07	0,17	30,1
	idep	5.408	1,44	1,87	1,14	0	0	2,18	2,67	6,29	30,1
	isal	5.408	0,09	0,07	0,10	0	0	0,15	0,24	0,41	30,1
	iser	5.408	0,53	0,40	0,78	0	0	0,76	1,05	6,13	30,1
	iata	5.408	8,99	11,9	6,15	0	0	13,6	14,8	19,7	29,9
	icv	5.408	4,65	0	12	0	0	0	18,3	99,9	75,5
	n_pers	5.408	168	82	237	5	41	203	411	2.665	0
	n_hombres	5.408	81,8	42	114	1	19	100	195	1.238	0
	n_mujeres	5.408	86,6	41	123	1	21	98	208	1.427	0
	n_inmigran	5.408	12,5	4	33,4	0	0	13	23	404	48,0
	n_jefatura	5.408	27,8	13	45,1	0	7	30	61	629	0,61
	n_vp	5.408	84,2	37	154	0	20	81	200	2.063	0,09
LA SERENA	prom_edad	4.745	38,5	38,4	7,02	18,2	33,2	43	47,2	71,9	0

	iav	4.745	6,17	6,40	5,28	0	0	9,27	13,1	22,2	30,4
	icul	4.745	0,05	0,03	0,06	0	0	0,07	0,15	0,27	30,4
	idep	4.745	1,94	2,23	1,50	0	0	3,05	3,75	5,21	30,4
	isal	4.745	0,08	0,09	0,06	0	0	0,12	0,16	0,23	30,4
	iser	4.745	2,29	2,20	2,07	0	0	3,24	5,22	8,53	30,4
	iata	4.745	9,35	12,8	6,25	0	0	13,7	14,7	16,5	30,4
	icv	4.745	6,44	0	17,1	0	0	0	25,1	95,2	75,2
	n_pers	4.745	283	125	377	7	57	331	757	2.665	0
	n_hombres	4.745	135	61	180	3	27	156	356	1.238	0
	n_mujeres	4.745	148	67	198	0	28	174	405	1.427	0,06
	n_inmigran	4.745	26,0	5	53,3	0	0	22	68	337	40,0
	n_jefatura	4.745	51,9	21	78,6	0	9	55	140	629	0,44
	n_vp	4.745	149	47	250	0	23	137	434	1.795	0,23
	prom_edad	440	37,8	37,7	7,43	17,6	32,1	43,8	47,6	54,9	0
	iav	440	5,30	5,35	3,90	0	0	8,87	10,5	11,5	28,4
	icul	440	0,32	0,38	0,21	0	0	0,48	0,55	0,60	28,4
	idep	440	4,08	3,86	3,20	0	0	7,29	8,30	9,55	28,4
	isal	440	0,16	0,14	0,14	0	0	0,24	0,36	0,56	28,4
	iser	440	4,94	5,16	3,48	0	0	8,09	9,27	9,68	28,4
	iata	440	13,5	16,5	6,65	0	15,8	17,1	17,6	18,1	19,3
DIEGO DE ALMAGRO	icv	440	2,35	0	11,4	0	0	0	0	60,7	90,7
	n_pers	440	30,8	26	22,1	7	17	40	57	178	0
	n_hombres	440	15,4	14	10,8	2	9	20	28	87	0
	n_mujeres	440	15,4	12	11,6	3	8	19	29	91	0
	n_inmigran	440	2,05	0	6,15	0	0	0	6	43	82,5
	n_jefatura	440	5,18	4	4,07	0	2,75	7	9	31	3,18
	n_vp	440	20,3	18	16,6	4	10,8	23,2	31	131	0

Fuente: Elaboración propia a partir de información del Censo y de la Matriz de Bienestar Humano Territorial (MBHT).
Nota. Los estadísticos se calcularon exclusivamente para las celdas con población residente (n_pers > 0). N corresponde al número de celdas analizadas; DE, a la desviación estándar; P25, P75 y P90, a los percentiles 25, 75 y 90, respectivamente; y % ceros, a la proporción de celdas con valor igual a cero dentro del universo considerado.