Ciclo de vida de Lampyridae y desajuste de planificación en interfaces periurbanas del noroeste argentino

Luis Fernando Albeza*

Universidad Gastón Dachary, Doctorado en Desarrollo Sustentable e Integración, Posadas, Misiones, Argentina.

Artículo recibido el 9 de septiembre de 2026 aceptado el 28 de septiembre de 2026.

Life cycle of Lampyridae and planning mismatch in peri-urban interfaces of northwestern Argentina.

Abstract

Territorial planning in peri-urban interfaces primarily regulates land through occupancy, building intensity, setbacks, and zoning, whereas ecological processes depend on conditions operating across different spatial and temporal dimensions. This study examines that mismatch in the Greater Salta agglomeration, Argentina, using the family Lampyridae as a focal taxon because of its extended larval stage and its simultaneous dependence on edaphic, light, and connectivity conditions. A qualitative case-study design was applied. Four habitat conditions were derived from the ecological literature: darkness during the reproductive period, soil moisture and leaf-litter persistence, low substrate disturbance, and connectivity between habitat fragments. The regulatory instruments currently in force in Salta Capital, San Lorenzo, Vaqueros, and La Caldera were then examined through structured content analysis using a double-entry matrix and four regulatory-coverage categories. Of the sixteen cells analyzed, three were classified as regulated, three as partially regulated, one as regulated in the opposite direction, and nine as unregulated. None of the four municipalities includes specific environmental regulation of nocturnal darkness. The findings indicate that the mismatch is not explained solely by jurisdictional fragmentation, but also by the limited capacity of planning instruments to represent ecological conditions distributed across space and whose effects may become apparent beyond the moment of project approval. The study proposes incorporating the life cycle of focal species as a complementary unit for environmental planning.

Key words: Lampyridae, light pollution, territorial planning, environmental governance, Northwest Argentina.

Resumen

La planificación territorial de las interfaces periurbanas regula principalmente el suelo mediante parámetros de ocupación, edificabilidad, retiros y zonificación, mientras que los procesos ecológicos dependen de condiciones que operan en distintas dimensiones espaciales y temporales. Este trabajo analiza ese desajuste en el aglomerado del Gran Salta, Argentina, utilizando a la familia Lampyridae como taxón focal por la extensión de su fase larvaria y su dependencia simultánea de condiciones edáficas, lumínicas y de conectividad. Mediante un estudio de caso cualitativo se reconstruyeron, a partir de la literatura ecológica, cuatro condiciones de hábitat: oscuridad durante la ventana reproductiva, humedad edáfica y persistencia del mantillo, baja intervención sobre el sustrato y continuidad entre fragmentos. Posteriormente se realizó un análisis de contenido de los instrumentos normativos vigentes en Salta Capital, San Lorenzo, Vaqueros y La Caldera, aplicando una matriz de doble entrada y cuatro categorías de cobertura regulatoria. De las dieciséis celdas analizadas, tres fueron clasificadas como reguladas, tres como parcialmente reguladas, una como regulada en sentido inverso y nueve como no reguladas. Ninguno de los cuatro municipios incorpora regulación ambiental específica sobre oscuridad nocturna. Los resultados muestran que el desajuste no responde únicamente a la fragmentación jurisdiccional, sino también a la limitada capacidad de los instrumentos para representar condiciones ecológicas distribuidas espacialmente y cuyos efectos pueden

*Autor de correspondencia
Email: luisalbeza@hotmail.com
ISSN 2594-0384 (Electrónica)

manifestarse más allá del momento de aprobación. Se proponen criterios para incorporar el ciclo de vida de especies focales como unidad complementaria de planificación ambiental

Palabras clave: Lampyridae, contaminación lumínica, planificación territorial, gobernanza ambiental, noroeste argentino.

Introducción

Las interfaces periurbanas constituyen espacios de transición en los que la expansión urbana modifica de manera progresiva la estructura y el funcionamiento de ecosistemas previamente continuos. En el noroeste argentino, estas transformaciones se expresan con particular intensidad en el aglomerado del Gran Salta y sus municipios de piedemonte —Salta Capital, San Lorenzo, Vaqueros y La Caldera—, donde la urbanización difusa y los nuevos loteos avanzan sobre sectores vinculados a las Yungas subtropicales. Los instrumentos de planificación territorial regulan ese proceso principalmente mediante categorías asociadas al uso y ocupación del suelo, como zonificación, factores de ocupación y edificabilidad, retiros, superficies absorbentes, líneas de ribera y exigencias de infraestructura. Sin embargo, los procesos ecológicos que esos instrumentos procuran conservar no necesariamente se distribuyen ni funcionan dentro de los límites espaciales y temporales que esas categorías representan.

La contaminación lumínica permite observar con claridad esta dificultad. La luz artificial nocturna puede modificar las condiciones ecológicas de un fragmento sin producir remoción de cobertura vegetal ni cambios topográficos visibles y puede propagarse más allá de la parcela o jurisdicción donde se genera. Longcore y Rich (2004), conceptualizaron este fenómeno como contaminación lumínica ecológica, mientras que estudios posteriores mostraron que la introducción de luz artificial nocturna puede alterar la idoneidad de los hábitats y producir formas de fragmentación funcional aun cuando persista su continuidad física (Hölker *et al.*, 2010). Asimismo, la erosión de la oscuridad natural ha sido documentada incluso dentro de sistemas de áreas protegidas sometidos a la influencia de áreas urbanizadas próximas (Gaston *et al.*, 2015). En respuesta a este problema, se ha propuesto incorporar infraestructuras oscuras a las redes de conectividad ecológica, complementando las tradicionales infraestructuras verdes y azules mediante la conservación de corredores con condiciones lumínicas compatibles con la biodiversidad (Sordello *et al.*, 2022).

No obstante, abordar el problema exclusivamente desde la regulación de la luz resulta insuficiente. Lewis *et al.* (2020), a partir de una evaluación global de amenazas sobre Lampyridae, identificaron la pérdida y degradación del hábitat como la principal presión sobre el grupo, seguida por la contaminación lumínica y el uso de plaguicidas. Revisiones posteriores ampliaron ese diagnóstico e incluyeron también el cambio climático y el turismo entre las principales amenazas asociadas a declives poblacionales (Lewis *et al.*, 2024). Esta evidencia sugiere que la conservación de la oscuridad constituye una condición relevante, pero no puede analizarse de manera aislada de los restantes requerimientos del organismo. Un fragmento puede conservar condiciones nocturnas favorables y, simultáneamente, haber perdido humedad edáfica, cobertura de hojarasca, disponibilidad de presas o continuidad con otros fragmentos. En consecuencia, la unidad utilizada para evaluar la adecuación de los instrumentos de planificación no debería limitarse a un vector ambiental particular, sino considerar el conjunto de condiciones requeridas a lo largo del ciclo de vida. En esa dirección, Khattar *et al.* (2022), mostraron que las respuestas de las comunidades de luciérnagas al clima y a la luz artificial nocturna están moduladas por rasgos asociados a su historia de vida.

Este trabajo adopta a la familia Lampyridae como taxón focal para desarrollar ese enfoque. La elección responde a que su ciclo combina requerimientos lumínicos, edáficos y espaciales que se expresan en escalas temporales diferentes. Las Lampyridae atraviesan los estadios de huevo, larva, pupa y adulto, y en numerosas especies la fase larvaria constituye la mayor parte del ciclo de vida. Las larvas ocupan ambientes asociados al suelo, la hojarasca, la madera en descomposición y los márgenes húmedos, donde dependen de condiciones de humedad y de la disponibilidad de presas, principalmente pequeños invertebrados. Un análisis reciente basado en más de 24.000 relevamientos de ciencia ciudadana y modelos de aprendizaje automático mostró que la abundancia de luciérnagas se relaciona con interacciones entre condiciones del suelo, clima y características de cobertura del

territorio (McNeil *et al.*, 2024). La fase adulta, comparativamente breve, es aquella en la que se encuentra mejor documentada la interferencia de la luz artificial sobre las señales bioluminiscentes utilizadas durante el cortejo (Owens y Lewis, 2018; Owens *et al.*, 2022). También se han registrado respuestas de estadios larvarios a la exposición a luz artificial nocturna, aunque la evidencia disponible es comparativamente menor (Chen *et al.*, 2021).

A partir de estos requerimientos se identifican cuatro condiciones de hábitat relevantes para el análisis de los instrumentos territoriales: oscuridad relativa durante la ventana reproductiva; humedad edáfica y persistencia del mantillo; baja intervención sobre el sustrato; y continuidad entre fragmentos. Estas condiciones no pretenden constituir un modelo generalizable a toda la fauna nocturna, sino un conjunto derivado específicamente del ciclo de vida del taxón focal. La utilización de Lampyridae permite, de este modo, evaluar si las categorías de planificación existentes son capaces de representar simultáneamente requerimientos que no se agotan en la superficie de una parcela y que pueden verse afectados por decisiones pertenecientes a sectores administrativos diferentes.

La dimensión temporal agrega un segundo problema. Debido a la extensión de las fases inmaduras en numerosas especies, las consecuencias poblacionales de modificaciones del sustrato pueden manifestarse con rezago respecto de la intervención que las originó. De manera análoga, las acciones de restauración pueden requerir más de una temporada para producir resultados observables. Esta diferencia entre el momento en que se autoriza una transformación territorial y aquel en que pueden hacerse visibles sus consecuencias ecológicas introduce una dificultad adicional para instrumentos cuya verificación se concentra fundamentalmente en el acto de aprobación.

El problema se vincula con la literatura sobre desajustes entre sistemas ecológicos e instituciones. Los conceptos de problema de ajuste y desajuste de escala han mostrado que los procesos ecológicos frecuentemente exceden las unidades administrativas utilizadas para gestionarlos (Young, 2002; Cumming *et al.*, 2006; Folke *et al.*, 2007). En las interfaces periurbanas del Gran Salta, ese desacople no se limita a la fragmentación entre municipios. Las condiciones relevantes para el ciclo de vida de Lampyridae incluyen emisiones que se propagan fuera del lote de origen, propiedades del sustrato, relaciones de continuidad entre fragmentos y procesos cuyos efectos pueden manifestarse con posterioridad al momento de evaluación. El desajuste es, por lo tanto, simultáneamente espacial, dimensional y temporal.

A ello se agrega que algunas de estas condiciones son afectadas por políticas que no se formulan como políticas de conservación. El mantenimiento de espacios verdes mediante desmalezado y retiro de hojarasca, el control vectorial mediante aplicación de biocidas y la ampliación de redes de alumbrado responden a objetivos de higiene, salud pública, seguridad o provisión de infraestructura. El problema de planificación no consiste en desconocer la legitimidad de esas finalidades, sino en determinar si existe alguna instancia normativa capaz de considerar conjuntamente sus efectos sobre las distintas etapas del ciclo de vida de las especies focales.

En este contexto, el objetivo general del estudio es analizar el desajuste entre los requerimientos de hábitat derivados del ciclo de vida de Lampyridae y las categorías mediante las cuales los instrumentos de planificación territorial del Gran Salta regulan el uso del suelo. Específicamente, se busca: a) identificar, a partir de la literatura ecológica, condiciones de hábitat relevantes para las distintas etapas del ciclo de vida del taxón focal; b) relevar y sistematizar los instrumentos normativos vigentes en Salta Capital, San Lorenzo, Vaqueros y La Caldera; c) contrastar ambas dimensiones mediante una matriz de cobertura regulatoria que permita distinguir condiciones reguladas, parcialmente reguladas, reguladas en sentido inverso y no reguladas; y d) derivar lineamientos que permitan incorporar estos requerimientos a los instrumentos de planificación ambiental y territorial.

Materiales y métodos

Diseño de la investigación

La investigación adopta un enfoque cualitativo de carácter descriptivo y analítico, mediante un estudio de caso instrumental. El objeto de análisis no es el estado ecológico actual del territorio, sino el contenido de los instrumentos normativos que regulan las interfaces periurbanas seleccionadas. En consecuencia, el estudio examina qué condiciones de hábitat derivadas del ciclo de vida de Lampyridae se encuentran contempladas por la regulación vigente y cuáles permanecen fuera de su alcance.

El diseño se desarrolló en dos etapas encadenadas. En la primera se reconstruyeron, a partir de literatura ecológica especializada, los

requerimientos relevantes de hábitat asociados a las distintas etapas del ciclo de vida de Lampyridae. De esa revisión se derivaron cuatro condiciones utilizadas posteriormente como criterios de análisis: a) oscuridad relativa durante la ventana reproductiva; b) humedad edáfica y persistencia del mantillo; c) baja intervención sobre el sustrato; y d) continuidad espacial entre fragmentos.

En la segunda etapa se realizó un análisis de contenido cualitativo de los instrumentos normativos vigentes en el área de estudio, con el propósito de establecer el grado en que cada una de esas condiciones se encuentra incorporada a la regulación territorial.

Área de estudio y unidades de análisis

El estudio se concentra en el aglomerado metropolitano del Gran Salta, en el noroeste argentino, seleccionado por constituir una interfaz socioecológica en la que la urbanización difusa avanza sobre sectores vinculados al piedemonte de las Yungas subtropicales.

Se analizaron cuatro municipios con características de ocupación y gestión diferenciadas: Salta Capital, como núcleo urbano central y de mayor concentración de infraestructura; San Lorenzo, caracterizado por expansión residencial periurbana sobre sectores próximos a bosque nativo; y Vaqueros y La Caldera, municipios de transición con crecimiento mediante loteos y extensión progresiva de infraestructura urbana sobre entornos previamente menos intervenidos.

La selección permite comparar instrumentos pertenecientes a jurisdicciones contiguas que enfrentan procesos territoriales relacionados, pero que conservan autonomía en la formulación de sus normas de planificación y edificación.

Corpus normativo

El *corpus* se organizó en tres niveles jurisdiccionales. En el nivel nacional se consideró la Ley General del Ambiente N.º 25.675 como marco de presupuestos mínimos (República Argentina, 2002). En el nivel provincial se analizó la Ley N.º 7.070 de Protección del Medio Ambiente de la Provincia de Salta (Provincia de Salta, 1999). En el nivel municipal se examinaron los instrumentos de planeamiento, edificación, zonificación y regulación territorial vigentes en Salta Capital, San Lorenzo, Vaqueros y La Caldera.

Para el análisis comparativo municipal se utilizaron como instrumentos principales el Código de Planeamiento Urbano Ambiental II, aprobado por Ordenanza N.º 16.486/25 de la Ciudad de Salta (Municipalidad de la Ciudad de Salta, 2025); el Código de Edificación de la Villa de San Lorenzo, aprobado por Ordenanza N.º 2.034/2020 y modificado por las Ordenanzas N.º 2.058/2020 y N.º 2.522/25 (Municipalidad de la Villa de San Lorenzo, 2020a, 2020b, 2025); el Código de Planeamiento Urbano Ambiental del Municipio de Vaqueros (Municipalidad de Vaqueros, 2026); y el Código de Ordenamiento Territorial del Municipio de La Caldera (Municipalidad de La Caldera, 2019).

La consulta del *corpus* se realizó sobre las versiones vigentes disponibles a septiembre de 2026. Para cada instrumento se registraron jurisdicción, denominación, número y año cuando estos datos se encontraban disponibles, así como las disposiciones relacionadas con las cuatro condiciones definidas para el análisis.

Matriz y criterios de codificación

El procesamiento se realizó mediante una matriz de doble entrada que relaciona las cuatro condiciones de hábitat con los cuatro instrumentos municipales principales. De este modo se obtuvieron dieciséis unidades de codificación.

Cada celda fue clasificada en una de cuatro categorías:

- Regulada: el instrumento contiene una disposición expresa que establece un parámetro, una obligación, una prohibición o un criterio directamente aplicable cuyo efecto converge con la condición de hábitat analizada.
- Parcialmente regulada: el instrumento contiene una disposición formulada con otra finalidad, pero cuyo efecto alcanza parcialmente la condición considerada. Es el caso, por ejemplo, de exigencias de superficie absorbente establecidas con objetivos hidráulicos que contribuyen a preservar la permeabilidad del suelo sin regular la persistencia del mantillo.
- Regulada en sentido inverso: el instrumento contiene una disposición expresa y exigible cuyo efecto resulta contrario a la condición de hábitat identificada. Esta categoría permite distinguir la ausencia de regulación de aquellos casos en los que la propia norma exige prácticas potencialmente incompatibles con el requerimiento considerado.
- No regulada: no se identificó una disposición directa o indirecta que alcance la condición analizada.

Las categorías no constituyen una escala ordinal. La

regulación en sentido inverso representa una situación cualitativamente distinta de la ausencia de regulación. Cuando una disposición fue codificada como regulada, parcialmente regulada o regulada en sentido inverso, se registró el artículo correspondiente y el fundamento explícito del instrumento cuando este se encontraba consignado, como seguridad, higiene, salubridad, estética urbana, prevención hidráulica u otra finalidad.

Alcance y limitaciones

El estudio se limita al análisis documental del corpus normativo y no incluye mediciones fotométricas, relevamientos de abundancia de Lampyridae ni evaluaciones biológicas de campo. Por lo tanto, los resultados no permiten establecer el estado de conservación de las poblaciones locales ni medir la magnitud de los impactos ecológicos presentes en el área estudiada.

Las conclusiones se refieren exclusivamente a la capacidad de los instrumentos analizados para incorporar, de manera explícita o indirecta, las condiciones de hábitat derivadas de la literatura ecológica utilizada. La codificación de algunas disposiciones como parcialmente reguladas o reguladas en sentido inverso implica una interpretación de su alcance respecto de condiciones para las que dichas normas no fueron originalmente formuladas.

La verificación empírica de los efectos ecológicos asociados a esta cobertura regulatoria requiere estudios complementarios de campo y constituye una línea posterior de investigación.

Resultados

Cobertura normativa de las condiciones de hábitat

El *corpus* municipal analizado comprende el Código de Planeamiento Urbano Ambiental II de la Ciudad de Salta (Municipalidad de la Ciudad de Salta, 2025); el Código de Edificación de la Villa de San Lorenzo y sus ordenanzas modificatorias (Municipalidad de la Villa de San Lorenzo, 2020a, 2020b, 2025); el Código de Planeamiento Urbano Ambiental del Municipio de Vaqueros (Municipalidad de Vaqueros, 2026); y el Código de Ordenamiento Territorial del Municipio de La Caldera (Municipalidad de La Caldera, 2019). Tres de los cuatro instrumentos fueron sancionados o revisados durante los últimos años, incluido el correspondiente a Vaqueros en 2026.

El contraste entre los cuatro instrumentos y las cuatro condiciones derivadas del ciclo de vida de Lampyridae produjo dieciséis unidades de codificación. Tres fueron clasificadas como reguladas, tres como parcialmente reguladas, una como regulada en sentido inverso y nueve como no reguladas.

Dos de las cuatro condiciones —humedad edáfica y persistencia del mantillo, y continuidad entre fragmentos— presentan algún grado de cobertura convergente en al menos uno de los municipios. La baja intervención sobre el sustrato sólo resulta alcanzada por una disposición de sentido inverso, y la oscuridad durante la ventana reproductiva fue clasificada como no regulada en las cuatro jurisdicciones. La distribución completa de los resultados se presenta en la tabla 1.

Regulación de la condición lumínica

La condición de oscuridad presenta el resultado más uniforme del análisis. Ninguno de los cuatro instrumentos municipales contiene disposiciones ambientales específicas sobre contaminación lumínica o luz artificial nocturna.

En el Código de Planeamiento Urbano Ambiental II

Tabla 1. Cobertura normativa de las condiciones de hábitat de Lampyridae en los instrumentos de planeamiento del Gran Salta.

Instrumento	Oscuridad	Humedad y mantillo	Baja intervención sobre el sustrato	Continuidad
Salta Capital — Código de Planeamiento Urbano Ambiental II (2025)	No regulada	Regulada	No regulada	Parcial
San Lorenzo — Código de Edificación y ordenanzas modificatorias	No regulada	No regulada	Sentido inverso	No regulada
Vaqueros — Código de Planeamiento Urbano Ambiental (2026)	No regulada	Parcial	No regulada	Parcial
La Caldera — Código de Ordenamiento Territorial (2019)	No regulada	Regulada	No regulada	Regulada

de la Ciudad de Salta, las referencias a “alumbrado público” aparecen asociadas a la infraestructura que debe proveerse en los procesos de urbanización, mientras que las referencias a “iluminación” se vinculan con condiciones de habitabilidad, mobiliario urbano y actividades comerciales. No se identificaron parámetros destinados a limitar las emisiones lumínicas exteriores por razones de conservación ambiental.

El instrumento contiene, sin embargo, una referencia expresa al cielo nocturno dentro de la categoría de uso denominada “Turismo astronómico”, definida como aquellos “usos turísticos que aprovechan la belleza del cielo nocturno para ofrecer experiencias recreativas, educativas y culturales relacionadas con la astronomía”. Esta disposición reconoce al cielo nocturno como atributo susceptible de aprovechamiento turístico, aunque no establece parámetros orientados a conservar sus condiciones lumínicas.

En San Lorenzo, el artículo 108 del Código de Edificación exige para los loteos abiertos y cerrados la presentación de un plano de alumbrado público que incluya un “estudio lumínico de artefactos adoptados”. La norma dispone que dicha documentación debe ajustarse a las regulaciones vigentes en materia de seguridad. No se identificaron, dentro del instrumento analizado, criterios ambientales asociados a ese estudio fotométrico.

En Vaqueros, el artículo 11 del Código de Planeamiento Urbano Ambiental establece entre los impactos que deben considerarse en el diseño de la zonificación la “emisión y descarga de contaminantes”, definida en referencia a sustancias nocivas para el aire, el agua o el suelo. El instrumento no incorpora dentro de esa categoría a la emisión de luz artificial nocturna ni establece parámetros fotométricos destinados a su limitación.

El Código de Ordenamiento Territorial de La Caldera tampoco contiene regulación ambiental de la iluminación nocturna. El instrumento sí incorpora otras magnitudes físicas no asociadas directamente a la ocupación del suelo: los artículos 87 y 88 regulan campos electromagnéticos y antenas, mientras que el artículo 20 incorpora normas IRAM vinculadas con eficiencia energética y asoleamiento de edificios. No se identificaron disposiciones equivalentes referidas a emisiones lumínicas nocturnas.

En consecuencia, la condición de oscuridad fue codificada como no regulada en los cuatro municipios.

Humedad edáfica y persistencia del mantillo

La condición relacionada con humedad edáfica y persistencia del mantillo presenta una cobertura heterogénea.

En Salta Capital, el Código de Planeamiento Urbano Ambiental II define el suelo absorbente como “superficie de terreno natural libre de todo tipo de solado y/o apisonado” y exige superficies mínimas de suelo absorbente para distintos tipos de proyectos. El artículo 230 establece además la afectación de espacios verdes absorbentes en conjuntos urbanísticos especiales. Estas disposiciones preservan características relevantes de permeabilidad y humedad del suelo, aunque fueron formuladas principalmente con finalidades urbanísticas e hidráulicas.

Por esa razón, la condición fue clasificada como regulada en Salta Capital en lo relativo al mantenimiento de suelo natural y absorbente, sin que ello implique una regulación específica del mantillo como componente de hábitat.

La Caldera presenta una cobertura similar. Su Código de Ordenamiento Territorial regula áreas absorbentes, parques y ejes verdes y desarrolla disposiciones específicas sobre aguas pluviales, escurrimiento y acumulación. Asimismo, caracteriza determinadas áreas rurales por su función absorbente respecto del sector urbano e incorpora variables edáficas a la delimitación de zonas de protección. La condición fue clasificada como regulada.

En Vaqueros se identificaron disposiciones que contribuyen a mantener superficies permeables y elementos de infraestructura verde, pero que no alcanzan de manera integral la humedad edáfica y la persistencia del mantillo. En consecuencia, la condición fue clasificada como parcialmente regulada.

En San Lorenzo no se identificó una exigencia general de superficie absorbente comparable con las anteriores. El factor de ocupación limita la superficie edificada, pero no exige que la superficie restante conserve condiciones de permeabilidad. El artículo 83 admite, además, que los desagües pluviales sean conducidos para su absorción en terreno natural o directamente a la vía pública. La condición fue clasificada como no regulada.

Intervención sobre el sustrato

La baja intervención sobre el sustrato constituye la única condición para la cual se identificó una regulación en sentido inverso.

El Código de Edificación de San Lorenzo establece en su artículo 57 la obligación de mantener las

veredas “desmalezadas y limpias en toda su extensión”; el artículo 57.3 incorpora obligaciones de mantenimiento del césped y el artículo 59.2 exige conservar los terrenos baldíos “desmalezados y limpios en toda su extensión”. Estas obligaciones se encuentran vinculadas con objetivos de higiene y estética urbana y su incumplimiento puede dar lugar a sanciones.

Debido a que prácticas como el retiro generalizado de cobertura vegetal y hojarasca pueden reducir componentes del sustrato utilizados durante los estadios inmaduros de Lampyridae, estas disposiciones fueron clasificadas como regulación en sentido inverso respecto de la condición analizada.

En los instrumentos principales de Salta Capital, Vaqueros y La Caldera no se identificaron disposiciones generales equivalentes que regulen directamente la conservación o remoción de la cobertura de mantillo con relación a los requerimientos del taxón focal. En los tres casos, la condición fue clasificada como no regulada.

Continuidad entre fragmentos

La regulación de la continuidad presenta diferencias significativas entre municipios contiguos.

El Código de Ordenamiento Territorial de La Caldera incorpora expresamente la noción de continuidad ecológica. Su artículo 19 establece que la red de espacios verdes debe generar “continuidad ecológica desde la ciudad hacia los corredores ecológicos mayores”, mientras que el artículo 35 vincula la estructura verde urbana con conectores ecológicos de escala regional. El artículo 43, a su vez, caracteriza las zonas de parque urbano de ribera como generadoras de corredores ecológicos longitudinales y transversales asociados a las escorrentías naturales. En función de estas disposiciones, la condición fue codificada como regulada.

El Código de Planeamiento Urbano Ambiental de Vaqueros también utiliza el concepto de corredores verdes. Sin embargo, el artículo 15 los define principalmente como elementos destinados a articular sectores mediante caminería, senderismo, instalaciones y movilidad no motorizada. Debido a que estas disposiciones pueden contribuir a preservar cierta continuidad física sin establecerla expresamente como requisito de conectividad ecológica, la condición fue clasificada como parcialmente regulada.

En Salta Capital, las referencias a corredores se encuentran asociadas principalmente a corredores viales y de centralidad urbana. No obstante, el artículo 102 contempla, dentro de los Planes de Manejo Específico, un “área de reserva para favorecer la conectividad ecológica interpredial y de paisaje”. Al tratarse de una disposición aplicable a un instrumento específico y no de un criterio general para el conjunto de las subdivisiones y zonificaciones, la condición fue codificada como parcialmente regulada.

En San Lorenzo no se identificaron disposiciones equivalentes destinadas a preservar la continuidad ecológica entre fragmentos, por lo que la condición fue clasificada como no regulada.

Marco nacional y provincial

En el nivel nacional, la Ley General del Ambiente N.º 25.675 establece el marco general de protección ambiental, pero no contiene un estándar técnico específico para la emisión de luz artificial nocturna orientado a la conservación de biodiversidad.

En el nivel provincial, la Ley N.º 7.070 de Protección del Medio Ambiente de Salta establece principios y competencias ambientales aplicables a las jurisdicciones locales, pero tampoco incorpora parámetros fotométricos específicos para la regulación ambiental de la iluminación exterior.

De esta manera, los municipios analizados no cuentan con un estándar ambiental nacional o provincial específico al cual remitir la regulación de la luz artificial nocturna. Esto no impide que incorporen regulaciones propias dentro de sus competencias: los instrumentos relevados muestran que los municipios han incluido categorías y parámetros no desarrollados específicamente en la legislación ambiental superior, como campos electromagnéticos, infraestructura verde o conectividad ecológica.

El resultado conjunto muestra, por lo tanto, que la ausencia de regulación ambiental de la condición lumínica se reproduce en los cuatro instrumentos municipales analizados, mientras que las restantes condiciones presentan grados diferentes de cobertura normativa.

Discusión

Del desajuste de escala al desajuste de representación

Los resultados muestran que la relación entre procesos ecológicos e instrumentos de planificación territorial no puede explicarse únicamente como un problema de escala jurisdiccional. La literatura sobre ajuste institucional ha señalado que los ecosistemas y las unidades administrativas suelen operar en escalas diferentes, generando

fragmentación de cuencas, corredores y otros procesos ecológicos que exceden los límites políticos (Young, 2002; Cumming *et al.*, 2006; Folke *et al.*, 2007). En el Gran Salta, este problema se encuentra presente, pero los resultados indican una dificultad adicional: aun cuando los municipios coordinaran sus instrumentos, algunas condiciones continuarían fuera del campo regulatorio porque no forman parte de las categorías mediante las cuales esos instrumentos describen el territorio.

La condición lumínica constituye el ejemplo más claro. Ninguno de los cuatro municipios incorpora la oscuridad nocturna como variable ambiental, pese a que los instrumentos analizados incluyen regulaciones sobre infraestructura, superficies absorbentes, escurrimiento, campos electromagnéticos, conectividad ecológica e incluso estudios lumínicos vinculados con seguridad. La ausencia, por lo tanto, no refleja necesariamente una carencia general de capacidad técnica, sino una delimitación del objeto regulado: la iluminación aparece principalmente como servicio, infraestructura o condición de seguridad y no como emisión capaz de modificar el hábitat.

Este resultado permite caracterizar el problema como un desajuste de representación. Los instrumentos territoriales analizados operan principalmente mediante categorías asociadas a parcelas, superficies, usos y obras verificables. En cambio, los requerimientos derivados del ciclo de vida de Lampyridae incluyen condiciones que pueden propagarse fuera de la parcela de origen, propiedades del sustrato y relaciones de continuidad entre fragmentos. La dificultad no reside únicamente en que el proceso ecológico exceda una jurisdicción, sino en que parte de sus componentes no se encuentra representada dentro del vocabulario regulatorio utilizado para tomar decisiones.

Cobertura fragmentaria y ausencia de una unidad ecológica común

La heterogeneidad encontrada en las otras tres condiciones refuerza esa interpretación. La humedad edáfica, la continuidad y la intervención sobre el sustrato no se encuentran completamente ausentes de los instrumentos, pero aparecen incorporadas de manera fragmentaria y con finalidades diferentes.

Las exigencias de superficies absorbentes de Salta Capital y La Caldera contribuyen a conservar propiedades del suelo relevantes para el hábitat larvario, aunque fueron formuladas principalmente con objetivos hidráulicos. La continuidad ecológica aparece expresamente reconocida en La Caldera, mientras que en Vaqueros el concepto de corredor verde se asocia principalmente con movilidad peatonal y no motorizada. En San Lorenzo, por su parte, las obligaciones de desmalezado y limpieza producen un caso distinto: el instrumento no omite la intervención sobre el sustrato, sino que exige prácticas que pueden resultar incompatibles con la conservación de determinados microhábitats.

Estas diferencias muestran que condiciones ecológicamente interdependientes se distribuyen entre categorías normativas concebidas para objetivos separados. El suelo absorbente se regula como dispositivo hidráulico; el corredor puede entenderse como infraestructura de movilidad; el desmalezado se formula como exigencia de higiene y estética; y la iluminación como servicio o mecanismo de seguridad. Ninguno de esos objetivos resulta ilegítimo por sí mismo. El problema aparece cuando no existe una unidad de análisis que permita considerar simultáneamente sus efectos sobre un mismo proceso ecológico.

El ciclo de vida de un taxón focal puede cumplir una función útil en este punto. No se propone reemplazar las unidades tradicionales de planificación ni convertir a Lampyridae en criterio universal de ordenamiento, sino incorporar una herramienta complementaria para identificar condiciones que permanecen dispersas entre distintos sectores regulatorios. El valor metodológico del taxón focal reside precisamente en hacer visible esa concurrencia: una misma población requiere condiciones lumínicas durante la reproducción, condiciones edáficas durante las fases inmaduras y continuidad espacial que permita mantener la funcionalidad del hábitat.

La regulación de la luz como condición necesaria pero insuficiente

La comparación con experiencias regionales permite precisar el alcance de este argumento. Chile ha desarrollado un marco específico de regulación de emisiones lumínicas mediante el Decreto Supremo N.º 1/2022 del Ministerio del Medio Ambiente, publicado en octubre de 2023 y vigente desde octubre de 2024. La norma incorpora expresamente la protección de la biodiversidad entre sus objetivos y extiende su ámbito de aplicación a todo el territorio nacional, con restricciones y plazos diferenciados según las áreas y fuentes reguladas (Ministerio del Medio Ambiente de Chile, 2023). Este antecedente demuestra que la luz artificial nocturna puede ser incorporada como objeto explícito de regulación ambiental.

Sin embargo, desde el enfoque utilizado en este

trabajo, una regulación lumínica de ese tipo alcanzaría sólo una de las cuatro condiciones identificadas para Lampyridae. La preservación de la oscuridad no garantiza por sí sola humedad del sustrato, persistencia de hojarasca, reducción de intervenciones disruptivas ni continuidad entre fragmentos. La experiencia chilena constituye, por ello, un antecedente relevante para incorporar la dimensión nocturna a la planificación, pero también muestra el límite de abordar el problema exclusivamente mediante un estándar de iluminación.

Esto no reduce la importancia de regular la luz artificial nocturna. Por el contrario, los resultados del Gran Salta muestran que constituye la única de las cuatro condiciones para la cual no se identificó ningún grado de cobertura en ninguna de las jurisdicciones estudiadas. Su incorporación permitiría corregir una omisión uniforme del sistema actual. No obstante, el análisis sugiere que dicha incorporación debería integrarse con categorías ya existentes vinculadas al suelo, al agua, a la infraestructura verde y a la continuidad ecológica.

El componente temporal del desajuste

El ciclo de vida de Lampyridae también permite incorporar una dimensión temporal que los instrumentos analizados registran de manera limitada. Las decisiones de planificación y habilitación se evalúan principalmente en función de condiciones existentes al momento de la aprobación del proyecto. Los procesos poblacionales, en cambio, pueden responder con rezago a modificaciones acumulativas del hábitat.

Este desacople resulta particularmente relevante en organismos cuya fase inmadura puede extenderse durante períodos prolongados. Una alteración en la humedad del suelo, la cobertura de hojarasca, la disponibilidad de presas o la continuidad entre fragmentos puede no expresarse inmediatamente en la presencia observable de adultos. Del mismo modo, una intervención de restauración puede requerir más de una temporada para producir efectos detectables.

La consecuencia para la planificación no es que cada proyecto deba incorporar necesariamente monitoreos biológicos específicos de Lampyridae, sino que determinados instrumentos ambientales deberían contemplar horizontes de verificación posteriores al acto de habilitación cuando las variables reguladas afectan procesos ecológicos de evolución lenta. El ciclo de vida funciona aquí como referencia temporal para identificar situaciones en las que la evaluación instantánea resulta insuficiente.

Implicancias para la gobernanza de interfaces periurbanas

La ausencia de una unidad común también explica por qué algunas de las presiones relevantes dependen de áreas administrativas que no pertenecen al sector ambiental. El control vectorial mediante biocidas responde a objetivos de salud pública; el mantenimiento de espacios verdes a criterios de higiene, seguridad y prestación de servicios; y la expansión del alumbrado a políticas de infraestructura y seguridad vial. La conservación de condiciones de hábitat depende, por tanto, de decisiones distribuidas entre organismos con competencias y objetivos diferentes.

En este contexto, la coordinación intermunicipal resulta necesaria pero no suficiente. Coordinar normas que utilizan categorías distintas no garantiza que aparezcan aquellas variables que actualmente se encuentran ausentes. La coordinación debe complementarse con mecanismos intersectoriales capaces de relacionar políticas de ambiente, planificación urbana, salud pública, servicios municipales y obra pública.

Los resultados tampoco permiten establecer un ranking ambiental entre los municipios analizados. La Caldera presenta una regulación más explícita de la continuidad ecológica; Salta Capital incorpora mayores exigencias sobre suelo absorbente; San Lorenzo dispone de herramientas técnicas para evaluar alumbrado; y Vaqueros utiliza categorías recientes de infraestructura verde. Al mismo tiempo, los cuatro presentan la misma ausencia respecto de la condición lumínica. La comparación resulta relevante precisamente porque muestra que incluso instrumentos actualizados y conceptualmente diferentes pueden compartir zonas de invisibilidad regulatoria.

El aporte principal del análisis consiste, entonces, en proponer que el ajuste entre instituciones y procesos ecológicos sea evaluado no sólo preguntando si las jurisdicciones coinciden con la escala de los ecosistemas, sino también si las categorías utilizadas por los instrumentos permiten representar las condiciones que sostienen esos procesos a lo largo del tiempo. El ciclo de vida de especies focales ofrece una vía para realizar ese contraste de manera sistemática y reproducible en otros contextos periurbanos.

Conclusiones

El análisis de los instrumentos de planificación territorial de Salta Capital, San Lorenzo, Vaqueros y La Caldera muestra un desajuste entre las categorías utilizadas para regular las interfaces periurbanas y las condiciones de hábitat derivadas del ciclo de vida de Lampyridae. De las dieciséis unidades de codificación analizadas, tres fueron clasificadas como reguladas, tres como parcialmente reguladas, una como regulada en sentido inverso y nueve como no reguladas. La oscuridad durante la ventana reproductiva fue la única condición no alcanzada por ninguno de los cuatro instrumentos.

Este resultado permite concluir que el problema no se limita a la fragmentación administrativa entre municipios. Las condiciones requeridas por el taxón focal se distribuyen entre dimensiones y sectores regulatorios diferentes: la iluminación se aborda principalmente como infraestructura y seguridad; la permeabilidad del suelo, desde objetivos hidráulicos; los corredores verdes, según finalidades que pueden ser ecológicas o de movilidad; y el mantenimiento del sustrato, desde criterios de higiene y estética urbana. En consecuencia, condiciones que forman parte de un mismo proceso ecológico aparecen separadas dentro de instrumentos concebidos para objetivos distintos.

La utilización del ciclo de vida como unidad de análisis permite identificar ese desacople sin proponer a Lampyridae como indicador universal de la biodiversidad periurbana. Su utilidad radica en mostrar que una evaluación basada exclusivamente en un vector ambiental puede resultar insuficiente. La regulación de la luz artificial nocturna constituye una medida necesaria para este taxón, pero no garantiza por sí misma la persistencia de condiciones edáficas adecuadas, la conservación del mantillo, la reducción de intervenciones disruptivas ni la continuidad entre fragmentos. Desde esta perspectiva, la conservación de la oscuridad debe integrarse con otras variables territoriales y no funcionar como una política sectorial aislada.

Los resultados permiten derivar algunas orientaciones para la planificación. En sectores próximos a áreas protegidas, corredores fluviales o fragmentos con función ecológica podrían incorporarse zonas de amortiguación lumínica con criterios específicos para alumbrado exterior. Las exigencias de superficie absorbente actualmente utilizadas con objetivos hidráulicos pueden ampliarse para considerar la conservación de condiciones del sustrato. Asimismo, los espacios verdes y áreas de cesión pueden incluir sectores sujetos a mantenimiento diferenciado, evitando la remoción sistemática de hojarasca, el corte a ras o la compactación cuando esas prácticas no sean necesarias por razones sanitarias o de seguridad. La evaluación de nuevas subdivisiones debería considerar también la continuidad entre áreas de conservación pertenecientes a parcelas contiguas.

La dimensión temporal requiere una consideración adicional. Cuando las intervenciones afectan procesos ecológicos cuyos efectos pueden manifestarse con rezago, la verificación concentrada exclusivamente en el momento de aprobación puede resultar insuficiente. Esto justifica incorporar, en situaciones que lo requieran, mecanismos de seguimiento posteriores a la habilitación y horizontes de evaluación compatibles con la dinámica de las variables ambientales consideradas.

La aplicación de estas medidas también demanda coordinación institucional. La conservación de las condiciones identificadas no depende exclusivamente de las autoridades ambientales: involucra decisiones de planificación urbana, obra pública, alumbrado, mantenimiento de espacios verdes y salud pública. La coordinación intermunicipal puede contribuir a reducir discontinuidades regulatorias entre jurisdicciones contiguas, pero debe complementarse con mecanismos intersectoriales que permitan evaluar conjuntamente los efectos de políticas formuladas con objetivos diferentes.

El alcance de estas conclusiones se encuentra delimitado por el diseño del estudio. El análisis se refiere al contenido de los instrumentos normativos vigentes y no al estado ecológico actual del Gran Salta. No se realizaron mediciones fotométricas ni relevamientos poblacionales de Lampyridae, por lo que los resultados no permiten estimar la magnitud de la degradación ambiental ni establecer relaciones causales entre las normas analizadas y la abundancia local del taxón. La contrastación mediante monitoreo de campo, el análisis de los calendarios de mantenimiento y control vectorial y la replicación del procedimiento en otros aglomerados del noroeste argentino constituyen líneas de investigación posteriores.

En síntesis, el principal aporte del trabajo consiste en mostrar que el ajuste entre planificación territorial y procesos ecológicos no depende únicamente de que las jurisdicciones coincidan con la escala espacial de los ecosistemas. También depende de que los instrumentos sean capaces de representar las condiciones que esos procesos requieren y los plazos en los que se desarrollan. Incorporar el ciclo de vida de especies focales como

herramienta complementaria de análisis puede contribuir a ampliar ese repertorio y a identificar dimensiones del territorio que permanecen fuera de las categorías tradicionales de planificación.

Referencias

Chen, Y.R., Wei, W.L., Tzeng, D.T.W., Owens, A.C.S., Tang, H.C., Wu, C.S., Lin, S.S., Zhong, S., Yang, E.C. 2021. "Effects of artificial light at night (ALAN) on gene expression of *Aquatica ficta* firefly larvae". Environmental Pollution, 281: 116944, ISSN: 0269-7491, DOI: 10.1016/j.envpol.2021.116944

Cumming, G.S., Cumming, D.H.M., Redman, C.L. 2006. "Scale mismatches in social-ecological systems: Causes, consequences, and solutions". Ecology and Society, 11(1): 14, ISSN: 1708-3087, DOI: 10.5751/ES-01569-110114

Folke, C., Pritchard, L., Berkes, F., Colding, J., Svedin, U. 2007. "The problem of fit between ecosystems and institutions: Ten years later". Ecology and Society, 12(1): 30, ISSN: 1708-3087, DOI: 10.5751/ES-02064-120130

Gaston, K.J., Duffy, J.P., Bennie, J. 2015. "Quantifying the erosion of natural darkness in the global protected area system". Conservation Biology, 29(4): 1132-1141, ISSN: 0888-8892, https://doi.org/10.1111/cobi.12462

Hölker, F., Wolter, C., Perkin, E.K., Tockner, K. 2010. "Light pollution as a biodiversity threat". Trends in Ecology & Evolution, 25(12): 681-682, ISSN: 0169-5347, DOI: 10.1016/j.tree.2010.09.007

Khattar, G., Vaz, S., Braga, P.H.P., Macedo, M., Silveira, L.F.L. 2022. "Life history traits modulate the influence of environmental stressors on biodiversity: The case of fireflies, climate and artificial light at night". Diversity and Distributions, 28(9): 1820-1831, ISSN: 1366-9516, https://doi.org/10.1111/ddi.13584

Lewis, S.M., Wong, C.H., Owens, A.C.S., Fallon, C., Jepsen, S., Thancharoen, A., Wu, C., De Cock, R., Novák, M., López-Palafox, T., Khoo, V., Reed, J.M. 2020. "A global perspective on firefly extinction threats". BioScience, 70(2): 157-167, ISSN: 0006-3568, https://doi.org/10.1093/biosci/biz157

Lewis, S.M., Jusoh, W.F.A., Walker, A.C., Fallon, C.E., Joyce, R., Yiu, V. 2024. "Illuminating firefly diversity: Trends, threats and conservation strategies". Insects, 15(1): 71, ISSN: 2075-4450, https://doi.org/10.3390/insects15010071

Longcore, T., Rich, C. 2004. "Ecological light pollution". Frontiers in Ecology and the Environment, 2(4): 191-198, ISSN: 1540-9295, DOI:10.1890/1540-9295(2004)002[0191:ELP]2.0.CO;2

McNeil, D.J., Goslee, S.C., Kammerer, M., Lower, S.E., Tooker, J.F., Grozinger, C.M. 2024. "Illuminating patterns of firefly abundance using citizen science data and machine learning models". Science of the Total Environment, 929: 172329, ISSN: 0048-9697, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.172329

Ministerio del Medio Ambiente de Chile, 2023. Establece norma de emisión de luminosidad artificial generada por alumbrados de exteriores. no. Decreto Supremo N.º 1/2022, Santiago, Chile: Diario Oficial de la República de Chile, Available: https://www.bcn.cl/leychile/navegar?i=1197027, [Consultado: septiembre 7, 2026].

Municipalidad de La Caldera, 2019. Código de Ordenamiento Territorial. La Caldera, Salta, Argentina: Municipalidad de La Caldera, Available: https://municipalidaddelacaldera.gob.ar/sites/default/files/c.o.t-la-caldera.pdf, [Consultado: septiembre 7, 2026].

Municipalidad de la Ciudad de Salta, 2025. Código de Planeamiento Urbano Ambiental II. no. Ordenanza N.º 16.486/25, Salta, Argentina: Municipalidad de la Ciudad de Salta, Available: https://municipalidadsalta.gob.ar/planificacion-territorial-y-catastro/, [Consultado: septiembre 7, 2026].

Municipalidad de la Villa de San Lorenzo, 2020a. Código de Edificación de la Municipalidad de San Lorenzo. no. Ordenanza N.º 2.034/2020, San Lorenzo, Salta, Argentina: Municipalidad de San Lorenzo, Available: https://munisanlorenzo.gob.ar/2020/07/30/codigo-de-edificacion-vigente/, [Consultado: septiembre 7, 2026].

Municipalidad de la Villa de San Lorenzo, 2020b. Modificación del Código de Edificación. no. Ordenanza N.º 2.058/2020, San Lorenzo, Salta, Argentina: Concejo Deliberante de San Lorenzo.

Municipalidad de la Villa de San Lorenzo, 2025. Anexo de modificaciones al Código de Edificación. no. Ordenanza N.º 2.522/25, San Lorenzo, Salta, Argentina: Concejo Deliberante de San Lorenzo.

Municipalidad de Vaqueros, 2026. Código de Planeamiento Urbano Ambiental. Plan Urbano Ambiental 2026. Vaqueros, Salta, Argentina: Municipalidad de Vaqueros, Available: https://colarqsalta.org.ar/normativas/edilicias/, [Consultado: septiembre 7, 2026].

Owens, A.C.S., Lewis, S.M. 2018. "The impact of artificial light at night on nocturnal insects: A review and synthesis". Ecology and Evolution, 8(22): 11337-11358, ISSN: 2045-7758, https://doi.org/10.1002/ece3.4557

Owens, A.C.S., Van den Broeck, M., De Cock, R., Lewis, S.M. 2022. "Behavioral responses of bioluminescent fireflies to artificial light at night". Frontiers in Ecology and Evolution, 10: 946640, ISSN: 2296-701X, https://doi.org/10.3389/fevo.2022.946640

Provincia de Salta, 1999. Ley de Protección del Medio Ambiente. no. Ley N.º 7.070, Salta, Argentina: Boletín Oficial de Salta, Available: https://boletinoficialsalta.gob.ar/, [Consultado: septiembre 7, 2026].

República Argentina, 2002. Ley General del Ambiente. no. Ley N.º 25.675, Buenos Aires, Argentina: Boletín Oficial de la República Argentina, Available: https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-25675-79980/texto, [Consultado: septiembre 7, 2026].

Sordello, R., Busson, S., Cornuau, J.H., Deverchère, P., Faure, B., Guetté, A., Hölker, F., Kerbiriou, C., Lengagne, T., Le Viol, I., Longcore, T., Moeschler, P., Ranzoni, J., Ray, N., Reyjol, Y., Roulet, Y., Schroer, S., Secondi, J., Valet, N., Vanpeene, S., Vauclair, S. 2022. "A plea for a worldwide development of dark infrastructure for biodiversity: Practical examples and ways to go forward". Landscape and Urban Planning, 219: 104332, ISSN: 0169-2046, DOI:10.1016/j.landurbplan.2021.104332

Young, O.R. 2002. The institutional dimensions of environmental change: Fit, interplay, and scale. Cambridge, Massachusetts, USA: MIT Press, 221 p., ISBN: 0-262-74024-9.