

A protección do Patrimonio Cultural mediante medidas de control da contaminación luminosa

Salvador Bará

Área de Óptica, Departamento de Física Aplicada, Universidade de Santiago de Compostela, 15782 Santiago de Compostela, Galicia.

salva.bara@usc.gal

Contidos

1. A iluminación, a debate
2. Luz que non deixa ver
3. Contaminación luminosa e patrimonio cultural inmaterial
4. Luz, patrimonio construído e paisaxe nocturna
5. Mitos sobre iluminación que convén desbotar
6. Algunhas eivas do marco normativo actual
7. Chaves para unha iluminación sostible
8. Bibliografía

Anexo

Comunicación presentada no Curso monográfico "O patrimonio cultural como instrumento de desenvolvemento sustentable e de relevancia turística", convocado pola Escola Galega de Administración Pública (EGAP) en Santiago de Compostela, 4 e 5 de abril de 2019.

Resumo: Unha iluminación adecuada é un factor chave para a contemplación e desfrute do patrimonio construído, así como para a preservación do patrimonio cultural inmaterial asociado ao ceo estrelado, eixe central da promoción do turismo astronómico. A contaminación luminosa producida por sistemas de iluminación artificial incorrectamente deseñados ou instalados representa unha ameaza crecente nestes ámbitos. A súa redución é control devén hoxe unha necesidade urxente.

Abstract: Appropriate lighting is a key factor for contemplating and enjoying the built heritage, as well as for preserving the intangible cultural heritage associated with the starry sky, a central pillar for the promotion of the emerging field of astronomical tourism. Light pollution produced by artificial lighting systems incorrectly designed or installed is a growing threat. Light pollution abatement and control becomes today an urgent need.

Palabras chave: Contaminación luminosa, patrimonio cultural, patrimonio inmaterial, paisaxe nocturna, deseño de iluminación.

Keywords: Light pollution, cultural heritage, intangible heritage, nightscape, lighting design.

doi: [10.5281/zenodo.3417056](https://doi.org/10.5281/zenodo.3417056)

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.



1. A iluminación, a debate

O debate está na rúa. Poucas semanas transcorren sen noticias sobre novas instalacións de iluminación exterior licitadas por unhas ou outras corporacións locais, cheas de gabanzas para as virtudes das novísimas fontes de luz e as súas promesas de aforro económico para as facendas municipais. De cando en vez, entre as anteriores, aparecen tamén noticias das críticas e protestas veciñais motivadas polo resultado final dalgunhas desas intervencións. As optimistas expectativas creadas non sempre se corresponden coas prosaicas realidades constatables e, a fin de contas, cando remata o día isto último é o que importa. Certo é que esta atmosfera crítica non é unha situación sen precedentes: a iluminación pública foi desde sempre tema de conversa apaixonada, topicamente avivada en períodos preelectorais. Porén, mentres que os termos tradicionais do debate adoitaban xirar case exclusivamente arredor da cantidade de puntos de luz, hoxe ao debate sobre a cantidade súmaselle unha crecente e cada vez máis informada preocupación pola *calidade* da luz instalada.

Por que sucede isto, e por que precisamente nestes momentos?

A chave está nunha recente innovación tecnolóxica que revolucionou o mundo da iluminación exterior: a aparición das fontes de luz branca de estado sólido, cuxo exemplo máis coñecido son os LED (díodos emisores de luz). Cando a finais do pasado século os científicos xaponeses Isamu Akasaki, Hiroshi Amano e Shuji Nakamura desenvolveron unha eficaz técnica para a fabricación de LED ultrabrillantes emisores de luz azul, pola que foron galardoados co Premio Nobel de Física de 2014 (Nobel Media AB, 2019), quedou aberto o camiño para a obtención de luz branca mediante o uso desta tecnoloxía. Os LED gañaron rapidamente popularidade porque (en principio) requiren menos consumo de enerxía que algunhas fontes convencionais para fornecer a mesma cantidade de luz. Baixo a presión dos compromisos internacionais para a redución das emisións de gases de efecto invernadoiro e para reducir a factura

enerxética das administracións públicas, nomeadamente as locais, moitos gobernos puxeron en práctica fortes incentivos para o cambio masivo das lámpadas tradicionalmente usadas na iluminación exterior (vapor de sodio de alta presión e haloxenuros metálicos) polos novos LED.

Mais as lámpadas LED non se diferencian das tradicionais soamente no consumo enerxético. Tamen emiten luz de distinta composición espectral, e fano de diferente forma. O espectro da luz é conxunto de cores básicas que a compoñen: algo semellante ás cores que vemos no arco iris. A substitución das fontes tradicionais de aparencia cálida por LEDs brancos de aparencia fría conleva a emisión de altas cantidades de luz azul, cuxos efectos negativos sobre o medio ambiente, a paisaxe urbana, as posibilidades de contemplar o ceo estrelado e, potencialmente, a saúde pública, comezan agora a ser desvelados (cfr. Bará 2013, 2014, 2016; Gaston et al. 2013, 2014; Hölker et al. 2010; Longcore and Rich 2004; Navara and Nelson 2007; OECD 2006; Rich and Longcore 2006; Stark et al. 2011; Walker 1970). Por outra banda os LED son fontes cuxos chips teñen un tamaño moi pequeno: proporcionan a mesma cantidade de luz que as lámpadas convencionais pero fano desde unha área emisora de tamaño moito máis reducido que o daquelas. A vantaxe que isto ten é que se pode dirixir a luz de forma máis eficaz cara as zonas que realmente se desexa iluminar, evitando que chegue a aquelas que non o necesitan. Porén, un efecto colateral negativo do seu pequeno tamaño é que as lámpadas LED, de non estaren equipadas con difusores adecuados, poden dar lugar a importantes efectos de encandeamento e molestias na visión das persoas que transitan polas súas cercanías.

A tecnoloxía LED é tremendamente versátil e ofrece unhas amplísimas posibilidades de deseño da paisaxe nocturna. Permite iluminar de xeito correcto e elegante con moita máis facilidade do que permiten as fontes tradicionais. Pero esta grande versatilidade abre as portas, tamén, a cometer auténticas desfeitas iluminativas. Ás veces soamente unhas ducias de metros separan, nalgunha das nosas cidades ou vilas, instalacións de iluminación sublimes doutras que benevolmente poderíamos calificar como abxectas. Ao igual que lles ocorre aos superheroes, ao iluminarmos con LED a posesión dun gran poder (neste caso, de deseño) conleva asemade unha gran responsabilidade.

Pola súa importancia cuantitativa, o debate público a día de hoxe afecta principalmente ás instalacións de iluminación funcional dos diferentes tipos de vías urbanas ou interurbanas que acollen o tráfico de vehículos e/ou de peóns. Mais este debate debe estenderse tamén, e de forma apremiante, á iluminación do patrimonio construído. A percepción en horas nocturnas do patrimonio construído depende crucialmente das características da iluminación utilizada. Seguramente non pasaría desapercibida das persoas lectoras a tendencia crecente á iluminación indiscriminada de monumentos durante prolongados períodos da noite, nin a prevalencia de tonos fucsia ou de cores extremadamente saturadas na iluminación das fachadas de edificios históricos. Sen entrar nos valores estéticos que poidan ter motivado tales decisións, é difícil evitar a impresión de que este proceso non é tanto o froito dunha reflexión acaída sobre a paisaxe nocturna desexada para as nosas cidades e vilas como dunha acrítica utilización das novas fontes de luz dispoñibles no mercado, seguindo o tradicional, desafortunado e perverso lema de que se algo é tecnicamente factible, debe ser feito.

O mesmo cabe dicir do patrimonio cultural inmaterial vencellado á observación do ceo estrelado. Os sistemas de iluminación públicos e privados están facendo desaparecer a gran velocidade o ceo da paisaxe nocturna das nosas cidades e vilas. Tal como se describe nas seguintes seccións, a iluminación non é un asunto meramente técnico que poida resolverse mediante a aplicación automática de estándares ou deba deixarse ao libre criterio dunha ou outra persoa individual encargada do seu deseño. Pola contra, as decisións sobre iluminación son ou deberían ser, esencialmente, decisións de carácter social, nas que os organismos responsables das mesmas teñan en conta a opinión de técnicos, persoas usuarias e membros da comunidade local na que se insiren antes da toma de decisións finais sobre as mesmas. Sen perder de vista que calquera decisión que se adopte terá non soamente efectos visuais, senón tamén efectos sobre o medio ambiente e, potencialmente, sobre a saúde pública, polo que calquera intervención debe facerse desde unha perspectiva global e integrada.

En última instancia isto remite á cuestión de fondo: Como debemos iluminar a noite?

2. Luz que non deixa ver

A función principal da iluminación artificial é proporcionar luz en cantidade suficiente e de calidade adecuada para permitir o correcto desenvolvemento tanto da nosa función visual como dos complexos procesos non visuais -cada vez mellor estudados- mediante os cales a luz interactúa coa nosa fisioloxía.

Para termos un correcto rendemento visual, os seres humanos, especie predominantemente diúrna, precisamos complementar mediante luz artificial a escasa luz dispoñible de forma natural en horario crepuscular e nocturno, así como en interiores insuficientemente iluminados. Alén deste papel funcional, a luz artificial é unha poderosa e versátil ferramenta para a creación de novos entornos e para a transformación da paisaxe urbana nocturna. É luz que se produce con vocación de ser vista. Mais a luz, paradoxalmente, pode ser tamén un obstáculo para a visión. É a luz que non deixa ver.

Existen diversos mecanismos a través dos cales a luz, incorrectamente utilizada, pode converterse nun obstáculo para a visión. A razón, na maior parte dos casos, reside nunha inadecuada xestión dos contrastes. Moita xente sorpréndese ao saber que a nosa visión, na maioría das situacións da vida cotiá, non depende criticamente da cantidade de luz que teñamos ao noso redor. Unha vez que dispomos da cantidade mínima de luz requirida para ver, a percepción efectiva das cousas que nos rodean depende sobre todo de que os seus contrastes sexan adecuados. O contraste pode definirse de moitas formas, mais todas elas miden dunha forma ou outra a relación que hai entre o brillo dos obxectos e o brillo da contorna que os rodea. Tamén existen contrastes de cor, debidos ás diferenzas cromáticas entre obxectos. Se os contrastes de brillo e/ou de cor non atinxen un nivel mínimo, as cousas, simplemente, non se ven. Só percibimos campos de luz uniformemente iluminados.

Esta característica do noso sistema visual é froito dunha exitosa adaptación evolutiva. É un recurso moi útil para vivir nun planeta como a Terra, no que a cantidade de luz na contorna varía de forma continua, e moito, ao longo do ciclo do día e da noite. A luz do mediodía pode chegar a ser milleiros de veces máis intensa que a do amencer ou a do solpor, e aínda moitas veces máis brillante que a do luar ou que a luz que vén do ceo nunha noite estrelada sen Lúa. Porén, os contrastes das cousas

permanecen sempre aproximadamente constantes. Se a luz é moita tanto os obxectos como o fondo que os rodea brillan moito, ao contrario do que sucede cando a luz é pouca. Mais o brillo relativo, o contraste entre os obxectos e o fondo, permanece case inalterado. O noso cerebro pode manexar así moito mellor a información visual que lle chega do medio.

Mais cando se utiliza iluminación artificial os contrastes hai que xestionalos. A utilización de luminarias LED de elevado brillo, orientadas incorrectamente e non apantalladas ou sen contar cos difusores adecuados, pode dar lugar a importantes efectos de encandeamento en horas nocturnas como os producidos cando os faros dun vehículo inciden frontalmente sobre os nosos ollos. Os tecidos e medios oculares humanos non son completamente transparentes nin uniformes, e as súas irregularidades dan lugar a que as imaxes dos focos de luz que se forman na nosa retina estean rodeadas dun halo luminoso máis ou menos extenso, dependendo da idade e das características da persoa, que se superpón á luz das imaxes de puntos veciños. Este efecto é pouco notorio durante o día, debido a que a maioría de puntos de luz que hai no noso campo visual brillan neses momentos intensamente. Porén, na escuridade da noite, os halos producidos por focos intensos de luz son doadamente percibibles e obstaculizan a detección dos obxectos tenuemente iluminados que están situados en direccións cercanas. Este efecto indesexado que dificulta a visión recibe o nome xenérico de encandeamento inhabilitante. Todas as persoas experimentámolo algunha vez con vehículos que nos iluminaron de cheo e calquera pode comprobalo ollando brevemente desde abaixo os brillantes LED que hai nas luminarias que se multiplican sen tregua nas nosas cidades e vilas. E non son poucos os establecementos de hostalaría e as vivendas particulares do noso país que contan nas súas fachadas con focos que encandean as persoas que se achegan a eles.

Unha iluminación moi pouco uniforme pode dar lugar tamén a outro fenómeno non desexado, o denominado encandeamento molesto. É a sensación de incomodidade que se produce cando hai grandes diferenzas de brillo entre unhas zonas e outras do espazo que nos rodea. Sen chegar a impedir a visión das cousas, un espazo con encandeamento molesto é un espazo no que non desexamos permanecer moito tempo. Evitar esta sensación é un dos motivos polos que utilizamos cortinas nas

vivendas e espazos de traballo: contribúen a uniformizar a iluminación dentro dos mesmos, evitando que as xanelas brillen excesivamente en comparación coas paredes e zonas das estancias que as rodean. Unha importante fonte de encandeamento molesto son as pantallas ultrabrillantes LED que se instalan con cada vez máis frecuencia nas nosas cidades e vilas como soporte de publicidade dinámica e cuxo brillo real non é só moi superior aos máximos legais establecidos senón que sobrepasa calquera consideración dictada polo sentido común.

Mesmo sen chegar a producir encandeamento molesto, unha iluminación excesivamente pouco uniforme produce inevitablemente zonas que son percibidas como demasiado escuras e nas que a visión dos obxectos se ve dificultada. Un exemplo cotián son os tramos de vías con zonas alternadamente moi e pouco iluminadas que dan lugar ao coñecido efecto "paso de cebra".

O dito para os contrastes e uniformidades espaciais aplícase tamén aos contrastes e uniformidades temporais. As persoas desprazámonos duns lugares a outros do entorno iluminado e o noso sistema visual debe irse adaptando aos diferentes niveis de iluminación que imos atopando. Nun espazo natural sen iluminación artificial a cantidade de luz varía lentamente co tempo no decurso do día, e en cada momento dado é relativamente semellante nuns lugares e noutros. Na nosa paisaxe nocturna artificialmente iluminada, porén, o brillo pode variar substancialmente en poucos metros ao pasarmos dunha rúa a outra, ou ao percorrermos diversas zonas dun recinto construído de valor patrimonial. Se os cambios de luz son moderados o noso sistema visual adáptase con relativa facilidade e en moi curto tempo. Porén, se os cambios son importantes e bruscos, a nosa visión require dun tempo de transición máis prolongado para adaptarse aos novos niveis de brillo. En xeral o paso dunha zona escura a unha brillante require menos tempo de adaptación que o proceso inverso. Durante unha visita nocturna a iluminación excesiva de parte dun lugar de interese patrimonial pode dificultar a apreciación doutras partes do mesmo. Nestes casos, o deseño dunha iluminación co grao de uniformidade adecuado convértese nun factor chave para a correcta percepción do ben patrimonial.

Do antedito despréndese que unha xestión incorrecta dos contrastes pode dificultar ou mesmo impedir a correcta visión das cousas, por moita luz que teñamos e

por moita máis que engadamos. Unha das queixas máis escoitadas en temas de iluminación, tanto en áreas rurais como urbanas, é a de que "aquí non se ve ben, hai que poñer máis luz". Queixa veciñal frecuente, non discutida, e adoito atendida pola administración mediante a instalación de máis puntos de luz. Mais se a causa é a existencia de contrastes inadecuados, aumentar os niveis de iluminación na maioría dos casos non só non resolve o problema senón que o fai máis agudo. Cómpre facer notar que hai ocasións nas que, efectivamente, o problema é que hai pouca luz e cando isto é así o incremento dos niveis de iluminación é obrigado. Pero estas situacións, a experiencia demostra, son as menos frecuentes.

3. Contaminación luminosa e patrimonio cultural inmaterial

A perda do ceo estrelado como parte da paisaxe nocturna dunha importante parte da Humanidade é un dos primeiros efectos negativos da contaminación luminosa que foron detectados. O ceo foi sempre fonte de inspiración intelectual, obxecto de admiración e mesmo ferramenta práctica para a calendarización e organización das sociedades tradicionais. As revolucións científicas dos s. XVI-XVII que deron orixe á ciencia moderna tiveron os ceos, e os obxectos que neles se ven, como principais protagonistas. As loitas pola liberdade de expresión das opinións científicas e filosóficas non foron alleas a esas revolucións. O ceo estrelado estivo e está presente en, ou mellor dito, é o cerne de, infinidade de obras de creación artística. O noso marco referencial cultural non se entende sen a noite, a Lúa e as estrelas. Acompañaron as nosas noites desde os inicios da aventura humana na Terra.

Porén, a extensión dos sistemas de iluminación artificial mal deseñados ou instalados, sobredimensionados para as necesidades reais, está provocando a perda acelerada deste elemento fundamental da nosa paisaxe cultural. Para observar os ceos dos que gozabamos hai apenas unha ou dúas xeracións desde as nosas cidades e vilas é necesario hoxe desprazarse ducias, se non centenaes de kilómetros, cara lugares menos afectados pola contaminación luminosa. Os estudos efectuados a comezos deste século (Cinzano et al, 2001) indicaban que os dous terzos da poboación mundial (porcentaxe que aumentaba até o 99% en USA e na Unión Europea) vivía baixo ceos luminicamente contaminados. Un quinto da poboación mundial, máis dos dous terzos

da de USA e máis da metade da da UE non podían gozar xa da visión a simple vista da Vía Láctea. A situación quince anos despois, lonxe de mellorar, amosaba unha preocupante tendencia ao deterioro (Falchi et al, 2016): o 80% da poboación mundial (99% en USA e UE) vivía baixo ceos luminicamente contaminados e a Vía Láctea xa non era parte da paisaxe nocturna para un terzo da humanidade, o 60% das persoas na UE e o 80% das estadounidenses. Este último estudo revelaba tamén que na faixa Atlántica é posible ir andando desde Ferrol até Lisboa sen poder albiscar a Vía Láctea invernal. A Vía Láctea, o Camiño de Santiago, non está xa á vista de quen chega peregrinando á Praza do Obradoiro de Compostela. As previsións a nivel global, nestes momentos, non convidan ao optimismo: a taxa de crecemento das emisións luminosas contaminantes en lugares xa iluminados estímase nun 2.2% anual, a mesma cifra que describe o crecemento da superficie iluminada do planeta (Kyba et al, 2017).

Os motivos inmediatos desta perda de visión das estrelas son ben coñecidos. O aire que nos rodea é altamente transparente, pero absorbe certa cantidade da luz que lle chega e reemítea en todas as direccións. A luz dos sistemas de iluminación pública que enviamos cara ao ceo interacciona coas moléculas dos gases que forman a atmosfera e cos aerosois e partículas que hai en suspensión e parte dela volve reemitida cara abaixo. Esa luz chega aos nosos ollos, superposta e engadida á luz das estrelas. E de novo os contrastes insuficientes xogan o seu papel: o noso sistema visual non detectará as estrelas cuxo brillo non sexa alto dabondo como para contrastar ben coa luz artificial que fai brillar o aire. Así, no canto dos varios milleiros de estrelas que o ollo humano pode ver nun lugar escuro, nos barrios das nosas cidades e vilas é difícil ver hoxe alén das vinte ou trinta estrelas máis brillantes, ás veces incluso menos. Este efecto de perda agrávase se as luminarias, no canto de emitiren luz cálida de tons alaranxados como os tradicionais farois de vapor de sodio de alta presión, son substituídas por fontes LED de luz 'fría' (ese branco que ás veces fere os ollos), LED que, xunto con outras cores, emiten importantes cantidades de luz azul. O aire captura e reemite especialmente ben a luz azul, en comparación coas luces de maior longura de onda como o amarelo, o laranxa e o vermello. Por iso o ceo diúrno, baixo a branca iluminación solar, é predominantemente azul. O actual incremento das compoñentes azuis nos sistemas de iluminación pública fai que o ceo nocturno brille máis, con

efectos claramente prexudiciais para o disfrute do ceo estrelado como parte da paisaxe das nosas noites.

As fontes LED actuais teñen vantaxes moi importantes. Entre elas, poden evitar a emisión directa de luz cara ao ceo e permiten dirixir a luz ás zonas que de verdade deben ser iluminadas, evitando vertela fóra e diminuindo así a superficie iluminada total. Diminuír a superficie innecesariamente iluminada é importante, porque a luz reflectida no chan diríxese inevitablemente cara ao ceo. Ademais, existen no mercado LED de alta eficiencia enerxética que proporcionan calquera tonalidade de luz, incluíndo luz cálida de cor semellante á das tradicionais bombillas incandescentes ou á dos farois de sodio, que é menos prexudicial para a observación do ceo ademais de ser moito máis respectuosa desde o punto de vista medioambiental. Combinar LED emisores de luz cálida coa redución da superficie innecesariamente iluminada e adaptar os niveis de iluminación ás necesidades reais da visión humana (evitando a sobreiluminación tan frecuentemente utilizada sen razón científica que o xustifique) é unha das mellores opcións coas que actualmente contamos para iluminar de forma sensata e sostible. O uso de LED fríos e o mantemento de niveis de iluminación excesivos non ten a día hoxe ningún tipo de xustificación razoable.

A progresiva perda do ceo estrelado ten consecuencias doadamente previsibles que, desde o punto de vista da conservación do patrimonio inmaterial vencellado á contemplación das estrelas, é necesario evitar. A principal a medio prazo é a perda da experiencia do ceo. As nenas e nenos que hoxe nacen e medran en entornos cada vez máis iluminados non teñen xa a oportunidade de ver o ceo como elemento habitual da súa paisaxe. O ceo non forma parte das súas vidas e non a formará das súas memorias. Non será algo que boten en falla cando sexan adultos. Cando en idades avanzadas xulguen os avances ou retrocesos do mundo no que viviron a súa referencia do que é a normalidade será o ceo sen estrelas da súa infancia. Eis un perfecto exemplo da "síndrome de referencia cambiante" que fai que a magnitude do ritmo real de perda dos valores naturais sexa subestimada sistematicamente xeración tras xeración (Bogard, 2013).

Este proceso acelerado de perda é o que, por outra banda, está facendo aumentar a importancia do turismo astronómico. O ceo estrelado é hoxe un ben escaso e os

lugares desde o que pode ser contemplado en estado natural, ou próximo ao natural, son destinos turísticos cada vez máis apreciados. Países como Chile ou os da área do Magreb teñen unha oferta crecente de actividades relacionadas con este tipo de turismo. Diversas fundacións e organizacións non gubernamentais internacionais promoven accións de preservación dos ceos estrelados para permitir a súa contemplación, como os programas da Fundación Starlight (2019) ou as Dark Sky Places da International Dark-Sky Association (2019). Galicia conta actualmente con dúas áreas certificadas como Destinos Turísticos Starlight: o Parque Nacional Marítimo-Terrestre das Illas Atlánticas de Galicia e A Veiga - Pena Trevinca, de prometedor futuro, e comezan a obterse certificacións de alcance máis limitado para establecementos hosteleiros individuais.

4. Luz, patrimonio construído e paisaxe nocturna

A iluminación do patrimonio construído é outro dos temas que en opinión de quen isto escribe precisan unha revisión urxente. De novo, a dispoñibilidade dunha tecnoloxía rupturista que abre posibilidades case ilimitadas, neste caso a tecnoloxía LED, pon sobre a mesa a necesidade de repensar as prácticas tradicionais e, ao mesmo tempo, acordar orientacións adecuadas para o desenvolvemento futuro.

A relación máis inmediata e primaria que as persoas temos co patrimonio construído é fundamentalmente visual. Antes de poder tocalo, antes de poder utilizalo como espazo para desenvolver diversas actividades, o patrimonio construído é patrimonio visto. E o que vemos, en realidade, non son as cousas senón a luz que nos chega delas. A distinción non é ociosa. O que vemos é a luz das fontes de iluminación reflectida polos obxectos da nosa contorna. O patrimonio material deixa a súa pegada na luz coa que o iluminamos e é este resultado, esta luz modificada con información de cores, formas e texturas, o que finalmente percibimos. A luz que ilumina é pois parte esencial do patrimonio percibido. Durante séculos os iluminantes das construcións humanas foron fontes naturais (o Sol polo día, a Lúa e as estrelas pola noite) ou fontes artificiais térmicas, baseadas na combustión de diversos materiais. Tan só nos últimos cen anos xeneralizouse o uso de fontes artificiais non térmicas, como as lámpadas de descarga de gas (fluorescentes, haloxenuros metálicos, vapor de sodio), con

características espectrais ben diferentes das das fontes térmicas naturais. E, nas últimas dúas décadas, as fontes LED, de espectros tamén diferentes aos das lámpadas anteriores e con características físicas de emisión tremendamente particulares (brillo, direccionalidade, posibilidade xeración de cores, etc). Calquera forma de iluminación artificial, sexa con LED ou con lámpadas de descarga, altera inevitablemente as condicións de iluminación baixo as cales foi pensado, construído ou fabricado a maior parte do patrimonio material anterior ao século XX. Esta alteración, en principio, é por suposto lexítima. A creación de novos espazos e paisaxes iluminadas é unha característica da actividade humana ao longo da historia. Porén, a disruptiva aparición das tecnoloxías LED convida á reflexión colectiva. É a iluminación case permanente de edificios históricos a opción por defecto? Poderemos volver a gozar da contemplación das fachadas das nosas igrexas á luz da Lúa e das estrelas, ou con luz cálida semellante á do lume, tal como as pensaron e as contemplaron os arquitectos e canteiros que as construíron? Estamos irremediabilmente abocados a utilizar iluminantes de cores saturadas e tremendamente discordantes co medio? Quen di patrimonio construído pode dicir patrimonio natural. A Fervenza do Ézaro ou as do Niágara brillan non poucas noites coa mesma cor fucsia que invade *ad nauseam* as fachadas dos edificios nobres de medio planeta. Fachadas que, por outra banda, actúan cada vez máis como soportes para contemplación da luz que as ilumina no canto de seren obxectos para contemplar, nunha curiosa inversión das prioridades e funcións da luz.

Outro aspecto merecente de reflexión é a importante contaminación luminosa xerada pola iluminación ornamental. En non poucos casos esta iluminación, de alta intensidade e moi direccional, sobrepasa os límites estritos das fachadas e propágase cara ao ceo contribuindo a aumentar moi significativamente o brillo artificial deste, coa conseguinte perda de visión das estrelas. Valla como exemplo o caso duns rapaces do barrio de San Pedro en Compostela que, crendo ver no ceo a Vía Láctea, o que estaban vendo en realidade eran os feixes brancos da luz ornamental da fachada da catedral que non daban no albo e atravesaban o ceo do barrio. Cómpre dicir que contamos hoxe con ferramentas de deseño e fontes de luz de baixo custo que poden evitar doadamente estes efectos non desexados (ver p.ex. Kyba et al, 2018), e cuxa

utilización unicamente require da vontade política necesaria para adoptar a decisión de facelo.

A regulamentación das pantallas luminosas utilizadas profusamente como soporte informativo ou publicitario en vías públicas e nas fachadas de establecementos comerciais é outro dos retos de calado. Este tipo de fontes de luz, como se comentou máis arriba, xera altos niveis de encandeamento molesto, produce frecuentemente intrusión luminosa nas vivendas cercanas (coas molestias que isto conleva para as persoas que viven nelas) e distorsiona a percepción da paisaxe urbana, especialmente en cascos históricos, ademais de ser un factor de distracción para condutores e peóns. A insuficiente lexislación estatal, a ausencia de lexislación galega e a práctica inexistencia de ordenanzas municipais que aborden especificamente este tema está levando a unha proliferación pouco controlada deste tipo de soportes, con brillos que superan todo límite razoable: mentres que a actual lexislación de ámbito estatal (R.D. 1890/2008 e ITC que o desenvolven) establece uns límites de luminancia entre 400-1000 cd/m², en función da superficie da pantalla, medidas directas realizadas polo Laboratorio de Contaminación Luminosa da USC en diversas cidades galegas permiten constatar que luminancias máximas moi superiores (3500-7000 cd/m²) non son a excepción senón a regra en horario nocturno. Para valorar correctamente estes datos téñase en conta que os límites marcados na lexislación estatal son considerados xa claramente excesivos, e que valores límite entre 100 e 200 cd/m² están sendo adoptados nas normativas máis recentes en diversos lugares do planeta. A importancia deste novo reto a nivel mundial motivou a recente creación do comité técnico TC 4-58 da Comisión Internacional de Iluminación (CIE), coa misión de elaborar dun estándar adecuado para evitar os efectos negativos desta nova fonte de luz contaminante cada vez máis presente nas nosas cidades e vilas.

5. Mitos sobre iluminación que convén desbotar

A toma de decisións por parte das administracións públicas en materia de iluminación está frecuentemente condicionada por preconceitos aceptados como evidentes e que exercen unha forte influencia sobre as persoas, pero que non sempre se corresponden

coa realidade. A análise de cada un destes preconceptos sería tema dabondo para varios traballos independentes. Non hai espazo aquí para abordalos en detalle nin para recoller a ampla bibliografía existente sobre eles, mais resulta conveniente facer explícitos cando menos algúns dos máis comúns a fin de evitar, na medida do posible, que crenzas pouco xustificadas se convirtan en elementos que retrasen a adopción das medidas necesarias neste campo.

"Máis luz proporciona máis seguridade"

A evidencia científica dispoñible non permite apoiar literalmente esta afirmación (Marchant 2004, 2010; Perkins 2015). Os últimos macroestudos efectuados en distintos países non atopan relacións significativas entre os niveis de iluminación e a frecuencia coa que se cometen delitos contra a propiedade ou as persoas (Steinbach, 2015). O medo á escuridade característico da especie humana non parece corresponder actualmente a ningún perigo real. As zonas e rúas das nosas cidades e vilas que presentan algún tipo de conflitividade preséntano con independencia de estaren pouco ou moito iluminadas. A luz artificial *per se* non é un elemento disuasorio do delito, e mesmo en non poucos casos pode ser un elemento que o favoreza.

"Con máis luz habería menos accidentes de tráfico"

Ao igual que sucede no tema dos delitos contra a propiedade ou as persoas, a relación entre iluminación vial e accidentalidade dista moito de ser tan linear como adoito se dá por feito. Os efectos positivos detectados nalgúns estudos transversais están afectados por relevantes factores de confusión. Os estudos lonxitudinais realizados recentemente a gran escala, menos sensibles a estes factores, non acharon relacións significativas entre modificacións á baixa dos niveis de iluminación vial e accidentalidade (cfr Steinbach et al. 2015, antes citado).

"A luz 'fría' reproduce mellor as cores naturais das cousas"

A luz 'fría' con alto contido en azuis emitida polos LEDs brancos con temperaturas de cor de 4000 K e superiores é particularmente eficaz á hora de incrementar o brillo artificial do ceo e de producir efectos non desexados sobre o medio natural, ademais de presentar un maior risco potencial a medio prazo para a saúde humana (AMA, 2016; Aubé 2013, 2015; Bará e Rol de Lama, 2018; Bonmati-Carrión et al. 2014;

Longcore et al. 2018; Pauley, 2004). Porén, é frecuente escoitar como argumento para o seu uso o de que "reproduce mellor as cores naturais das cousas". Esta afirmación, en si mesma, carece de sentido operativo. As cousas, en por si, non teñen cores naturais. As cores que observamos xurden como resultado da interacción entre a luz que ilumina os obxectos e unha propiedade destes denominada reflectancia espectral. Ao depender da iluminación, a cor das cousas non é a mesma ao amencer que a mediodía, e pola noite non é a mesma baixo a luz da Lúa ou baixo iluminantes artificiais. En sentido estrito pode dicirse que a luz produce as cores, non as reproduce. O que se agacha inadvertidamente baixo a afirmación que comentamos é a crenza de que as cousas teñen cores propias naturais, e que estas cores son as que vemos coa luz do día. A luz natural diúrna é luz fría (6500 K), motivo polo cal as fontes de luz branca fría producen cores semellantes aos que se ven polo día. Isto é todo. Podemos, efectivamente, iluminar as nosas rúas con luz fría, pero debemos? Desexamos manter a noite como un ámbito específico de características particulares e únicas ou desexamos vivir nun día permanente, facendo desaparecer a noite da faz da terra?

"Coas lámpadas máis eficientes conseguimos os maiores aforros"

Na procura dun desexable aforro económico, diminución do consumo enerxético e redución das emisións de gases de efecto invernadoiro, as administracións públicas de diferentes países puxeron en práctica, desde a primeira década deste século, decididas accións de promoción da mellora da eficiencia enerxética dos sistemas de iluminación pública. Estas accións concretáronse preferentemente no apoio financeiro á substitución de lámpadas tradicionais por fontes de luz LED, en principio máis eficientes enerxeticamente, e na promulgación de normativas para a progresiva adaptación dos sistemas como o RD 1890/2008 do goberno español *por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07*, actualmente en proceso de revisión. A procura da eficiencia como obxectivo prioritario levou, na primeira década deste século, á instalación masiva de LED emisores de luz fría, naqueles momentos moito máis eficientes que os de luz cálida, e esa tendencia mantense malia o feito de que as eficiencias de ambos tipos de LED nestes momentos son xa comparables. Porén, eficiencia e aforro real son cousas diferentes. A historia das

tecnoloxías da iluminación amosa que cada vez que se desenvolveu unha tecnoloxía de emisión de luz máis eficiente, a curto prazo tanto o consumo de enerxía como as emisións totais de luz aumentaron a consecuencia do coñecido efecto rebote ou *paradoxo de Jevons* (Fouquet e Pearson, 2006; Herring, 2006; Franceschini e Pansera, 2015; Herring e Roi, 2007; Tsao e Waide, 2010).

Existen múltiples opcións alternativas que permiten obter os aforros e reducións de consumo desexados, e que compensan amplamente calquera diferenza marxinal que poida existir entre as eficiencias enerxéticas dos distintos tipos de LED actualmente dispoñibles: entre outras, a redución dos niveis medios de iluminación, sen sobrepasar en ningún caso as recomendacións internacionais; o aproveitamento das substanciais melloras no factor de utilización que posibilita a tecnoloxía LED; e a xeralización do uso dos sistemas de regulación horaria para redución de fluxo. E, sobre todo, unha reflexión colectiva e pausada sobre que espazos deben ser iluminados, con que intensidades, a que horas e con que tonalidade de luz.

6. Algunhas eivas do marco normativo actual

No Anexo A recóllese, sen pretensión de exhaustividade, parte da normativa que regula (directa ou indirectamente) tanto o uso da luz artificial en espazos exteriores como a diminución da contaminación luminosa por ela producida. Unha revisión do conxunto da normativa actual pon de manifesto algunhas eivas importantes, que dificultan dar respostas adecuadas e eficaces aos novos retos que os avances tecnolóxicos en materia de iluminación están poñendo sobre a mesa. En particular

- A normativa actual sobre o uso da luz artificial, desde o nivel europeo ao municipal, está caracterizada pola súa **fragmentación e falla de visión de conxunto**. O uso da luz artificial en espazos exteriores representa unha substancial modificación das condicións naturais da noite con implicacións para o rendemento visual humano, a conformación das paisaxes nocturnas tanto urbanas como rurais, o medio ambiente, a protección do patrimonio cultural, o consumo enerxético e xeración de gases de efecto invernadoiro e, potencialmente, a saúde humana. A normativa vixente aborda por separado

algúns destes aspectos, nin sequera todos, e as súas disposicións, ás veces contraditorias nuns ámbitos e noutros, distan de ser suficientes para resolver os principais problemas que temos diante.

- A normativa explícita sobre contaminación luminosa xurde historicamente como **complemento da lexislación sobre eficiencia enerxética** das instalacións de iluminación exterior, e presta atención preferente a este aspecto, sen incluír, alén de importantes declaracións de intencións, previsións suficientes relativas á **redución da afectación medioambiental directa** (é dicir, aquela debida aos efectos propios da luz intrusa, e non aos efectos indirectos asociados á súa produción, como a emisión de gases de efecto invernadoiro asociados á xeración da electricidade utilizada nas lámpadas) e á **adecuada xestión da paisaxe nocturna**, incluída a iluminación do patrimonio.
- A maior parte das normas existentes proveñen dunha **época anterior á implantación xeralizada das fontes LED**. Os LED representan un cambio radical nas formas de producir e xestionar a luz artificial, así como nas súas características espectrais, e requiren unha ordenación específica.
- En particular, na lexislación estatal actual, o restritivo ámbito de aplicación do R.D. 1890/2008, principal ferramenta para a xestión da contaminación luminosa, **limitado a conxuntos de fontes de luz de máis de 1 kW de potencia instalada**, dificulta abordar de forma satisfactoria a problemática derivada da instalación de fontes LED nos concellos, así como a contaminación luminosa producida por moitas instalacións privadas que afectan aos espazos circundantes.
- No caso de Galicia, a **ausencia de lexislación autonómica específica** sobre este tema dificulta en gran medida a racionalización dos sistemas de alumbrado exterior e a diminución dos actuais niveis de contaminación luminosa.

7. Chaves para unha iluminación sostible

Sen entrar en detalles técnicos concretos sobre a ordenación das emisións luminosas que excederían o obxecto desta contribución, a iluminación sostible das nosas cidades e vilas, incluíndo a dos seus elementos patrimoniais, beneficiaríase da adopción, entre outras, das seguintes liñas de actuación:

- A iluminación, en todos os seus ámbitos de aplicación, debe deixar de considerarse unha mera intervención funcional, rutinaria e neutral, para ser **obxecto de debate renovado e de decisión informada**, a fin de adoptar as mellores solucións para acadar os obxectivos desexados en materia de rendemento visual, contemplación do patrimonio construído, protección do patrimonio cultural inmaterial asociado á contemplación do ceo estrelado, protección do medio ambiente e a biodiversidade e, eventualmente, da saúde humana.
- O debate sobre a iluminación das nosas cidades e vilas é, no fondo, o debate sobre **que noite queremos**. Non existe unha forma natural nin predeterminada de iluminar a noite.
- É necesario un amplo labor de **información e sensibilización social** para promover a correcta apreciación dos valores da iluminación artificial, e para desterrar os mitos e crenzas erróneas relacionadas con ela.
- A instalación e xestión dos sistemas de alumbrado artificial con incidencia no exterior, sexan públicos ou privados, debe realizarse consonte aos seguintes principios, amplamente consensuados pola comunidade científica:
 - Iluminar soamente aqueles **espazos que sexa necesario iluminar**, impedindo a emisión de luz en direccións nas que esta non é necesaria.
 - Iluminar soamente **naquelas franxas horarias** nas que a luz artificial sexa estritamente necesaria, evitando ter en servizo sistemas de iluminación durante períodos de tempo nos que non hai ningún uso humano que razoablemente os precise, e utilizando de forma habitual **sistemas de regulación horaria** que permitan reducir a intensidade da luz nas horas centrais da noite.

- Iluminar con **niveis de luz suficientes** para o fin perseguido, utilizando os niveis mínimos requiridos desde o punto de vista da ergonomía visual e sen sobreiluminar en ningún caso.
- Iluminar con luz de **distribución espectral adecuada**, evitando en horas nocturnas a radiación con compoñentes na banda de longuras de onda curtas do espectro óptico (do azul ao ultravioleta).
- No que atinxe á conservación do patrimonio inmaterial vencellado á observación do ceo estrelado, en particular no Camiño de Santiago, a **coordinación supramunicipal** é necesaria. Estudos recentes indican que o brillo artificial do ceo en calquera lugar dado depende non soamente das emisións luminosas producidas polo concello no cal está situada a persoa observadora, senón tamén das emisións producidas por concellos veciños até distancias que poden ser notables (Bará e Lima, 2018). En non poucos casos a luz procedente destes outros concellos chega a representar unha contribución substancial á contaminación luminosa rexistrada no lugar de observación. Artellar sistemas sostibles de iluminación exterior é un reto que require amplos niveis de colaboración interinstitucional.

Semella necesario asimesmo contar con instrumentos legais, formativos e de control, que permitan actuar eficazmente neste ámbito. En particular:

- Faise necesario dispor de **normativa legal de rango suficiente** que permita superar as eivas anteriormente citadas, elaborada con criterios que teñan en conta todas as dimensións da luz (rendemento visual, contemplación do patrimonio, protección medioambiental, saúde pública) e non soamente a referida ao consumo enerxético ou aos custos monetarios do servizo.
- Dado que as instalacións de iluminación pública exterior son na súa maioría de competencia municipal, é recomendable elaborar **modelos de ordenanzas municipais** que incorporen esas dimensións da luz, e promover a súa adopción por parte dos concellos galegos.
- Resulta conveniente asegurar a inclusión de cláusulas no mesmo sentido nas **convocatorias de axudas** para a mellora dos servizos de iluminación efectuadas

por Deputacións e organismos dependentes do goberno de Galicia e/ou do goberno do Estado.

- Semella necesario reforzar a avaliación das características da iluminación nos preceptivos **informes sobre os plans, programas e proxectos** que afecten a calquera elemento patrimonial de interese cultural.

- Precísase contar con **Guías Técnicas de Aplicación** que desenvolvan as posibilidades que ofrece a tecnoloxía actualmente dispoñible para o deseño, instalación e posta en funcionamento de sistemas de iluminación exterior correctos desde o punto de vista patrimonial e medioambientalmente sostibles.

- Unha carencia detectada na posta en práctica da normativa actual sobre instalacións de iluminación exterior e de redución da contaminación luminosa é a inexistencia dun **mecanismo eficaz para a inspección de instalacións**, tarefa que sobrepasa as posibilidades técnicas e de persoal da maioría de concellos de Galicia. Un servizo técnico de apoio comarcal ou galego razoablemente dimensionado pode contribuír a paliar esta carencia.

- Complementando o punto anterior, o establecemento de criterios de sostibilidade medioambiental e patrimonial na normativa que rexe os sistemas de iluminación exterior faría aconsellable contar cun **Servizo de Certificación de compoñentes e sistemas de iluminación**, proporcionado por laboratorios públicos de referencia acreditados en materia de radiometría e fotometría.

- Por último, o previsible mantemento do ritmo de produción de novos avances científicos, técnicos e legais en materia de iluminación fai necesario o establecemento de mecanismos que aseguren a **formación e actualización permanente de todos os axentes sociais con competencias** neste campo.

8. Bibliografía

- American Medical Association (AMA). 2016. "Human and Environmental Effects of Light Emitting Diode (LED) Community Lighting", en Proceedings of the American Medical Association House of Delegates meeting 2016, Council on Science and Public Health, CSAPH Report 2-A-16.
- Aubé, M., Roby J., Kocifaj, M.. 2013. "Evaluating potential spectral impacts of various artificial lights on melatonin suppression, photosynthesis, and star visibility". PLoS ONE 8:e67798
- Aubé, M. 2015. "Physical behaviour of anthropogenic light propagation into the nocturnal environment". Phil. Trans. R. Soc. B 370:20140117. doi: 10.1098/rstb.2014.0117
- Bará, S. 2013. "Light pollution and solid-state lighting: reducing the carbon dioxide footprint is not enough". Proc. of SPIE8785, 87852G, pp. 1-8. doi:10.1117/12.2025344
- Bará, S. "Light pollution: Why should we care?". 2014. AOP2014, II International Conference on Applications in Optics and Photonics, Aveiro, Portugal, May 26th to 30th, 2014. Proc. of SPIE Vol. 9286, 92862X doi: 10.1117/12.2063547
- Bará, S. "Anthropogenic disruption of the night sky darkness in urban and rural areas". *Royal Society Open Science* 2016; 3: 160541. doi: 10.1098/rsos.160541
- Bará, S., Rol de Lama, M.A. "Posibles riesgos de la iluminación LED para la salud", en Posibles riesgos de la iluminación LED. Conclusiones del Grupo de Trabajo del Comité Español de Iluminación (CEI, 2018) ISBN: 978-84-946991-7-7, ch. 2, pp 53-79. https://www.ceisp.com/fileadmin/user_upload/Riesgos-iluminacion-led.pdf
- Bará, S. and Lima, R.C. 2018. "Photons without borders: quantifying light pollution transfer between territories", *International Journal of Sustainable Lighting* 20(2), 51-61. doi:10.26607/ijsl.v20i2.87

- Bogard, P. *The End of Night: Searching for Natural Darkness in an Age of Artificial Light*. 1st Edition, New York, USA: Little, Brown and Company. (July 9, 2013)
- Bonmati-Carrion, M.A., Arguelles-Prieto, R., Martinez-Madrid, M.J., Reiter, R., Hardeland, R., Rol, M.A., Madrid, J.A. 2014. "Protecting the Melatonin Rhythm through Circadian Healthy Light Exposure". *Int. J. Mol. Sci.* 15, 23448-23500. DOI:10.3390/ijms151223448
- Cinzano, P., Falchi, F., Elvidge, C. 2001. "The first world atlas of the artificial night sky brightness", *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 328, 689–707.
- European Union. 2018. EU Green Public Procurement criteria for road lighting and traffic signals.
- Falchi, F., Cinzano, P., Duriscoe, D., Kyba, C.C.M., Elvidge, C.D., Baugh, K., Portnov, B.A., Rybnikova, N.A., Furgoni, R. 2016. "The new world atlas of artificial night sky brightness", *Sci. Adv.* 2, e1600377, doi: 10.1126/sciadv.1600377
- Fouquet, R. and Pearson, P.J.G. 2006. "Seven Centuries of Energy Services: The Price and Use of Light in the United Kingdom (1300-2000) ". *The Energy Journal* 27(1), 139-177.
- Franceschini, S. and Pansera, M. 2015. "Beyond unsustainable eco-innovation: The role of narratives in the evolution of the lighting sector". *Technological Forecasting & Social Change* 92, 69–83. <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2014.11.007>
- Fundación Starlight. 2019. <https://fundacionstarlight.org/es/index.php>
- Gaston, K.J., Bennie, J., Davies, T.W., Hopkins, J. 2013. "The ecological impacts of nighttime light pollution: a mechanistic appraisal". *Biological Reviews* 88, 912–927.
- Gaston, K.J., Duffy, J.P., Gaston, S., Bennie, J., Davies, T.W. 2014. "Human alteration of natural light cycles: causes and ecological consequences". *Oecologia* 176, 917–931.
- Herring, H. 2006. "Energy efficiency—a critical view". *Energy* 31, 10–20.
- Herring, H. and Roy, R. 2007. "Technological innovation, energy efficient design and the rebound effect". *Technovation*, 27(4), 194–203.

- Hölker, F., Moss, T., Griefahn, B., Kloas, W., Voigt, C.C., Henckel, D., Hänel, A., Kappeler, P.M., Völker, S., Schwoppe, A., Franke, S., Uhrlandt, D., Fischer, J., Klenke, R., Wolter, C., Tockner, K. 2010. "The dark side of light: a transdisciplinary research agenda for light pollution policy. *Ecology and Society* 1 (4): 13. (<http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art13/>)
- IDA. 2019. International Dark Sky Places conservation program. International Dark-Sky Association. <https://www.darksky.org/our-work/conservation/idsp/>
- Kyba, C.C.M., Kuester, T., Sánchez de Miguel, A., Baugh, K., Jechow, A., Hölker, F., Bennie, J., Elvidge, C.D., Gaston, K.J., Guanter, L. 2017. "Artificially lit surface of Earth at night increasing in radiance and extent", *Sci. Adv.* 3, e1701528, doi: 10.1126/sciadv.1701528
- Kyba, C.C.M., Mohar, A., Pintar, G., Stare, J. 2018. "Reducing the environmental footprint of church lighting: matching façade shape and lowering luminance with the EcoSky LED". *International Journal of Sustainable Lighting IJSL* (2018) 1-10 <https://doi.org/10.26607/ijsl.v19i2.80>
- Longcore, T. and Rich, C. 2004. "Ecological light pollution". *Frontiers in Ecology and the Environment* 2, 191-198.
- Longcore, T., Rodríguez, A., Witherington, B., Penniman, J.F., Herf, L., Herf, M. 2018. "Rapid assessment of lamp spectrum to quantify ecological effects of light at night". *J Exp Zool.* 2018:1–11. <https://doi.org/10.1002/jez.2184>
- Marchant, P. 2004. "A demonstration that the claim that brighter lighting reduces crime is unfounded". *Br. J. Criminol.* 44 (3), 441–447. <https://doi.org/10.1093/bjc/azh009>.
- Marchant, P. 2010. "What is the contribution of street lighting to keeping us safe? An investigation into a policy". *Radic. Stat.* 102, 32–42. <http://www.radstats.org.uk/no102/Marchant102.pdf>.
- Navara, K.J., Nelson, R.J. 2007. "The dark side of light at night: physiological, epidemiological, and ecological consequences". *J. Pineal Res.* 43, 215-224.

- Nobel Media AB. 2019. The Nobel Prize in Physics 2014. NobelPrize.org. Sat. 23 Mar 2019. <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2014/summary/>
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) / International Energy Agency (IEA). 2006 Light's labour's lost - policies for energy-efficient lighting. Paris: OECD/IEA.
- Pauley, S.M. 2004. "Lighting for the human circadian clock: recent research indicates that lighting has become a public health issue". *Medical Hypotheses* 63:588–596.
- Perkins, C., Steinbach, R., Tompson, L., Green, J., Johnson, S., Grundy, C., Wilkinson, P., 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* 3, 11 National Institute for Health Research.
- Rich, C., Longcore, T., editors. *Ecological consequences of artificial night lighting*. Washington, D.C.: Island Press 2006.
- Stark, H., Brown, S.S., Wong, K.W., Stutz, J., Elvidge, C.D., Pollack, I.B., Ryerson, T.B., Dube, W.P., Wagner, N.L., Parrish, D.D. 2011. "City lights and urban air". *Nature Geoscience* 4, 730-731.
- Steinbach, R., Perkins, C., Tompson, L., Johnson, S., Armstrong, B., Green, J., Grundy, C., Wilkinson, P., Edwards, P. 2015. "The effect of reduced street lighting on road casualties and crime in England and Wales: controlled interrupted time series analysis". *J. Epidemiol. Community Health*. 2015;69:1118–1124. <https://doi.org/10.1136/jech-2015-206012>.
- Tsao, J.Y. and Waide, P. 2010. "The World's Appetite for Light: Empirical Data and Trends Spanning Three Centuries and Six Continents". *Leukos* 6(4), 259–281.
- Walker, M.F. 1970. "The California Site Survey". *Publ. Astron. Soc. Pac.* 82, 672-698.

ANEXO

A.1. Normativa galega

Galicia non conta con lexislación específica de rango autonómico relativa á protección da noite fronte aos efectos da contaminación luminosa. As emisións de luz artificial, incluídas as que directamente afectan á protección do patrimonio cultural, están basicamente reguladas por normas de ámbito europeo, estatal ou por (escasas) ordenanzas municipais. Porén, a **Lei 5/2016, do 4 de maio, do patrimonio cultural de Galicia**, dentro das súas previsións de protección, deixa abertas interesantes posibilidades para o control da contaminación luminosa en tanto que factor que pon en risco a correcta apreciación dos bens de interese cultural, tanto inmobles como inmateriais.

Pola súa relevancia de cara á protección do patrimonio cultural inmaterial, aínda que non forme parte do corpo normativo, cabe destacar a **Declaración Institucional do Parlamento de Galicia en Defensa do Ceo Nocturno**, aprobada por unanimidade na sesión do 29 de setembro de 2015, e que transcribimos a continuación:

"O Parlamento de Galicia asume na súa integridade a Declaración sobre a defensa do ceo nocturno e o dereito á luz das estrelas (Declaración de La Palma, 2007), e de maneira explícita recolle algunhas das súas ideas fundamentais:

- 1. O dereito a un ceo nocturno non contaminado que permita gozar da contemplación do firmamento debe considerarse un dereito inalienable da Humanidade, equiparable ao resto dos dereitos ambientais, sociais e culturais.*
- 2. A difusión da astronomía e dos valores científicos e culturais asociados deberán considerarse contidos básicos a tratar na actividade educativa.*
- 3. É imprescindible o control da contaminación luminosa en todo o territorio galego dado o impacto que xera sobre moitas especies, hábitats, ecosistemas e paisaxes. Deberá promoverse e exixirse o uso racional da iluminación artificial para minimizar o resplandor que provoca no ceo e evitar a nociva intrusión de luz sobre os seres humanos e o medio natural.*

4. Os lugares que presenten condicións excepcionais para a contemplación do ceo, e en particular aqueles máis aptos para a observación con fins científicos, serán obxecto dunha protección especial.

5. Deberá fomentarse o turismo responsable e sustentable que faga da paisaxe nocturna un recurso que debemos protexer e poñer en valor."

A.2. Normativa de ámbito europeo

Á hora de abordar os problemas derivados da contaminación luminosa en relación coa protección do Patrimonio Cultural cómpre ter en conta a normativa xeral de iluminación de ámbito europeo, entre a que se encontra:

- O *REGLAMENTO (CE) No 245/2009 DE LA COMISIÓN de 18 de marzo de 2009 por el que se aplica la Directiva 2005/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo a los requisitos de diseño ecológico para lámparas fluorescentes sin balastos integrados, para lámparas de descarga de alta intensidad y para balastos y luminarias que puedan funcionar con dichas lámparas, y se deroga la Directiva 2000/55/CE del Parlamento Europeo y del Consejo (DOUE do 24.3.2009)*, no que se define a «Contaminación lumínica» como a "suma de todos los efectos negativos de la luz artificial en el medio ambiente, incluido el impacto de la luz intrusa".
- O estándar europeo *EN 13201:2015 Road lighting (Part 1: Selection of lighting classes; Part 2: Performance requirements; Part 3: Calculation of performance; Part 4: Methods of measuring lighting performance; Part 5: Energy performance indicators)* que establece os requerimentos básicos de iluminación das vías públicas.
- O recente documento de recomendacións para as administracións públicas *EU green public procurement criteria for road lighting and traffic signals [SWD(2018) 494 final]*, de 10 de decembro de 2018, que establece, entre outras novidades relevantes, límites ás temperaturas de cor das fontes de luz utilizadas en entornos residenciais (3000 K) ou cercanos a zonas de interese medioambiental (2700 K).
Dispoñible en

http://ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/toolkit/181210_EU_GPP_criteria_road_lighting.pdf

A.3. Normativa de ámbito estatal

A normativa de ámbito estatal directa ou indirectamente relacionada cos sistemas de iluminación artificial inclúe entre outras, no momento de redactar este texto, as seguintes disposicións:

- A *Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de las Bases del Régimen Local* (BOE núm. 80, de 3 de abril de 1985, Referencia: BOE-A-1985-5392. Texto consolidado de 15 de xuño de 2017), que establece no seu artigo 26 a obrigatoriedade da prestación do servizo de alumbrado público por parte das entidades locais.
- A *Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera* (BOE núm. 275 de 16 novembro 2007), que no seu artigo 3.f define a "Contaminación Lumínica" como:

"El resplandor luminoso nocturno o brillo producido por la difusión y reflexión de la luz en los gases, aerosoles y partículas en suspensión en la atmósfera, que altera las condiciones naturales de las horas nocturnas y dificultan las observaciones astronómicas de los objetos celestes, debiendo distinguirse el brillo natural, atribuible a la radiación de fuentes u objetos celestes y a la luminiscencia de las capas altas de la atmósfera, del resplandor luminoso debido a las fuentes de luz instaladas en el alumbrado exterior"

e cuxa Disposición Adicional Cuarta establece que:

"Las Administraciones públicas, en el ámbito de sus competencias, promoverán la prevención y reducción de la contaminación lumínica, con la finalidad de conseguir los siguientes objetivos:

a) Promover un uso eficiente del alumbrado exterior, sin menoscabo de la seguridad que debe proporcionar a los peatones, los vehículos y las propiedades.

b) Preservar al máximo posible las condiciones naturales de las horas nocturnas en beneficio de la fauna, la flora y los ecosistemas en general.

c) Prevenir, minimizar y corregir los efectos de la contaminación lumínica en el cielo nocturno, y, en particular en el entorno de los observatorios astronómicos que trabajan dentro del espectro visible.

d) Reducir la intrusión lumínica en zonas distintas a las que se pretende iluminar, principalmente en entornos naturales e interior de edificios."

- O R.D. 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión (BOE núm. 224, de 18 septiembre 2002), que regula a conformidad de las luminarias con diversas normas técnicas.

- O R.D. 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07 (BOE núm. 279, de 19 noviembre 2008), actualmente en proceso de consulta pública para a su revisión, que en su parte expositiva indica que:

"El uso irracional de la energía y la contaminación lumínica suponen un impacto negativo sobre el medio ambiente, por lo que, ante la escasez de recursos naturales, se hace imperativo evitarlos, en la medida de lo posible.

Aunque existen algunos antecedentes normativos parciales sobre el aspecto considerado, éstos son limitados, o bien por su objetivo (por ejemplo, la Ley 31/1988, de 31 de octubre, sobre protección de la calidad astronómica de los observatorios del Instituto de Astrofísica de Canarias) o bien por restringirse al ámbito de la Comunidad Autónoma o Ayuntamiento que los promulgó."

Resultan de particular relevancia las Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-EA-02 ("Niveles de iluminación") e ITC-EA-03 ("Resplandor luminoso nocturno y luz intrusa o molesta").

- A Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad (BOE núm. 299, de 14 de diciembre de 2007)

- A *Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental* (BOE núm. 296, de 11 de diciembre de 2013), contén diversas disposicións relevantes para a avaliación dos efectos da contaminación luminosa en espazos naturais protexidos, en particular nos art 5, 6, 7, 35, disp. adic. sétima e anexos IV e VI.
- A *Resolución de 6 de marzo de 2017, de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 24 de febrero de 2017, por el que se aprueban los criterios orientadores para la inclusión de taxones y poblaciones en el Catálogo Español de Especies Amenazadas* (BOE núm. 65, de 17 de marzo de 2017), no seu Anexo II (Listado de amenazas) inclúe explicitamente a *contaminación lumínica* dentro do apartado *H06 Exceso de energía (liberada al medio)*.
- A *Orden circular 36/2015 del Ministerio de Fomento sobre criterios a aplicar en la iluminación de carreteras a cielo abierto y túneles* (Rede de Estradas do Estado).

A.4. Normativa de ámbito autonómico

Como referencia informativa, a normativa de ámbito autonómico sobre contaminación lumínica comprende actualmente as seguintes disposicións:

Andalucía

- *LEY 7/2007, de 9 de julio de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental* (BOE núm. 190, de 9 de agosto de 2007).
- *ACUERDO de 3 de agosto de 2010, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Programa Andaluz de Adaptación al Cambio Climático* (BOJA núm. 159, de 13 de agosto de 2010).
- *DECRETO 357/2010, de 3 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento para la Protección de la Calidad del Cielo Nocturno frente a la contaminación lumínica y el establecimiento de medidas de ahorro y eficiencia energética.* (BOJA núm. 159 de 13 de agosto de 2010, ANULADO por STS 1714/2016).
- *DECRETO 6/2012, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía, y se modifica el Decreto 357/2010,*

de 3 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento para la Protección de la Calidad del Cielo Nocturno frente a la contaminación lumínica y el establecimiento de medidas de ahorro y eficiencia energética (BOJA núm. 24, de 6 de febrero de 2012).

- *DECRETO 75/2014, de 11 de marzo, por el que se modifica el Decreto 357/2010, de 3 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento para la protección de la calidad del cielo nocturno frente a la contaminación lumínica y el establecimiento de medidas de ahorro y eficiencia energética (BOJA núm. 58, de 26 de marzo de 2014).*

Canarias

- *LEY 31/1998, de 31 de octubre, sobre Protección de la Calidad Astronómica de los Observatorios del Instituto de Astrofísica de Canarias.*
- *REAL DECRETO 243/1992, de 13 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley 31/1988, de 31 de octubre, sobre protección de la calidad astronómica de los observatorios del Instituto de Astrofísica de Canarias (BOE núm. 96, de 21 de abril de 1992).*
- *REAL DECRETO 580/2017, de 12 de junio, por el que se modifica el Real Decreto 243/1992, de 13 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley 31/1988, de 31 de octubre, sobre Protección de la Calidad Astronómica de los Observatorios del Instituto de Astrofísica de Canarias (BOE núm. 156, de 1 de julio de 2017)*

Cantabria

- *LEY 6/2006, de 9 de junio, de Prevención de la Contaminación Lumínica (BOE núm. 184, de 3 de agosto de 2006).*
- *DECRETO 48/2010, de 11 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento por el que se desarrolla parcialmente la Ley de Cantabria 6/2006, de 9 de junio, de prevención de la contaminación lumínica (BOC núm. 165 de 26 de agosto de 2010).*
- *Corrección de errores al Decreto 48/2010 de 11 de agosto de 2010, por el que se aprueba el reglamento por el que se desarrolla parcialmente la Ley de Cantabria*

6/6006, de 9 de junio de Prevención de la Contaminación Lumínica, publicado en BOC nº 165 de 26 de agosto de 2010 (BOC núm. 177 de 13 de septiembre de 2010)

Castilla y León

- *LEY 15/2010, de 10 de diciembre, de prevención de la contaminación lumínica y del fomento del ahorro y eficiencia energéticos derivados de instalaciones de iluminación (BOE núm. 317, de 30 de diciembre de 2010).*

Cataluña

- *LLEI 6/2001, de 31 de maig, d'ordenació ambiental de l'enllumenament per a la protecció del medi nocturn (D.O.G.C. Núm. 3407, de 12.06.2001)*
- *DECRET 190/2015, de 25 d'agost, de desplegament de la Llei 6/2001, de 31 de maig, d'ordenació ambiental de l'enllumenament per a la protecció del medi nocturn (D.O.G.C. Núm. 6944, de 27.8.2015)*

Extremadura

- *LEY 16/2015, de 23 de abril, de protección ambiental de la Comunidad Autónoma de Extremadura (BOE núm. 119, de 19 de mayo de 2015)*

Illas Baleares

- *LEY 3/2005, de 20 de abril, de protección del medio nocturno de las Illes Balears (BOE núm. 123, de 24 de mayo de 2005).*

Navarra

- *LEY FORAL 10/2005, de 9 de noviembre, de ordenación del alumbrado para la protección del medio nocturno (BOE núm. 304, de 21 de diciembre de 2005).*
- *DECRETO FORAL 199/2007, de 17 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo de la Ley Foral 10/2005, de 9 de noviembre, de ordenación del alumbrado para la protección del medio nocturno (Boletín Oficial de Navarra de 10 de octubre de 2007).*