

MOOC sobre Sierra Nevada

MÓDULO 3

3.5 EL CIELO DESDE SIERRA NEVADA

Por **Alicia Pelegrina López**

Doctora en Ciencias Ambientales. Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC)

Sierra Nevada y su cielo

(Localización: Sierra Nevada. Exteriores OSN. Paisaje SN)

La grandiosidad del cielo nocturno ha despertado la curiosidad e interés de la humanidad desde tiempos inmemoriales. El ser humano, además de disfrutar de la fascinante belleza del firmamento, comenzó desde tiempos remotos a mirar el cielo con otros ojos. Con ojos llenos de preguntas sobre su origen, la naturaleza y posición de sus astros, la influencia de estos sobre su entorno, etc.

El estudio del firmamento ha ido de la mano del desarrollo de las diferentes civilizaciones y ha sido y es una importante fuente de conocimiento. Su observación fue determinante para el desarrollo de la navegación por mar o para precisar el inicio de la época de siembra en las sociedades agrícolas. Nos ha permitido conocer la posición de nuestro planeta en la galaxia, descubrir que compartimos composición química con las estrellas, o que estas se mueven en esa bóveda que cubre nuestras cabezas, a la par que la Tierra gira sobre su eje polar ofreciéndonos un majestuoso espectáculo estelar. Un espectáculo al alcance cada vez de menos personas debido a la amenaza de la contaminación lumínica.

Lo que convierte a un cielo en un laboratorio de ciencia desde el punto de vista astronómico son fundamentalmente dos parámetros: por un lado, la ausencia de masas de nubes y aerosoles, que tanto interfieren en las observaciones astronómicas. Por otro lado, la sequedad atmosférica. La presencia de vapor de agua en la atmósfera, impide que la radiación la atraviese, actúa como un filtro, lo que supone un problema para estudiar la radiación de los objetos astronómicos. Por tanto, cuanto más seca sea la columna atmosférica que haya sobre un observatorio, mejor será la calidad de ese cielo desde un punto de vista astronómico. En Sierra Nevada, confluyen estos dos aspectos, lo que convierte a su cielo en uno de los lugares preferidos por los astrónomos de todo el mundo para adentrarse en el conocimiento del Universo.



MOOC sobre Sierra Nevada

Historia del Observatorio de Sierra Nevada

(Localización: Sierra Nevada. Exteriores OSN. Vista OSN)

El Observatorio de Sierra Nevada (OSN) está situado en el paraje de la Loma de Dílar, dentro de la estación de esquí de Sierra Nevada (Granada), a 2900 metros de altitud.

El OSN tiene su origen en el Observatorio de Cartuja, situado en la ciudad de Granada y fundado en 1902 por los Padres Jesuitas de la Facultad de Teología de Cartuja. Erigido en una colina en las afueras de la ciudad de Granada, a 774 metros de altura, pronto se mostró como un lugar excelente para las observaciones astronómicas con un 60% de noches despejadas que permitían observaciones astronómicas regulares. El primer telescopio del Observatorio de Cartuja fue un telescopio refractor Maihlat de 33 cm de diámetro.

El éxodo rural de los años 60 con el consecuente desarrollo y crecimiento de la ciudad de Granada, provocó un aumento de la contaminación lumínica. De este modo, la colina de Cartuja deja de ser un lugar adecuado para la observación astronómica. Había que buscar una nueva localización.

En 1965 el Padre Teodoro Vives fue nombrado director del Observatorio de Cartuja y comienza una serie de reformas estructurales encaminadas a la modernización de este observatorio, con la vista puesta en la construcción de una estación astronómica de alta montaña en las cumbres de Sierra Nevada. El lugar elegido es el Mojón del Trigo, un pequeño montículo a 2600 m de altitud por encima de la Hoya de la Mora, y bien situado por su proximidad al Parador de Turismo de Sierra Nevada, al Albergue Universitario, y a la carretera que sube al pico Veleta.

La necesidad de instalar un telescopio y la correspondiente instrumentación que permitieran realizar investigaciones astronómicas de alto interés científico, llevó a buscar socios que proporcionaran estos elementos a cambio del acceso a unos cielos privilegiados. La Universidad de Georgetown en Washington donó un telescopio reflector *Sokkisha* de 32 centímetros y el Observatorio Real de Greenwich un fotómetro fotoeléctrico con salida analógica.

Teodoro Vives no solo impulsó y situó el Observatorio del Mojón del Trigo en el mapa astronómico internacional, también formó a un grupo de jóvenes físicos (Jose María Quintana, Ángel Rolland, Eduardo Battaner) que fueron los creadores de uno de los centros de investigación en astrofísica de referencia a nivel nacional e internacional, el Instituto de Astrofísica de Andalucía, que nació en 1975.

A mediados de los años 70 se observa un aumento de la altura media de la capa de inversión, por lo que, si se querían mantener las excepcionales condiciones de observación propias de Sierra Nevada había que buscar un nuevo emplazamiento a mayor altitud. El lugar elegido es la loma de Dílar, a 2900 metros de altitud, donde se construyó el actual Observatorio de Sierra Nevada.



MOOC sobre Sierra Nevada

Su construcción comienza en 1978, fruto de un acuerdo de colaboración entre el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y dos instituciones extranjeras: una inglesa, el *Science & Engineering Research Council* (SERC), y otra francesa, *Centre Nationale de la Recherche Scientifique* (CNRS). El CSIC se comprometía a la construcción del observatorio y las citadas instituciones cedían dos telescopios, de 75 cm el Observatorio Real de Greenwich y de 60 cm el Observatorio de Niza. (El telescopio de 75 cm fue cedido al Parque de las Ciencias, donde hoy en día se utiliza con fines educativos).

En el año 1980 se acaba la obra del OSN y se instalan los dos telescopios. En 1983 se comienza a observar con ambos telescopios y con una tecnología de control desarrollada en el Instituto de Astrofísica de Andalucía (fue la primera consola de control de telescopio y fotómetro fabricada en España). Sin embargo, pronto se detectaron algunas deficiencias técnicas en el telescopio de 75 cm que impedían la completa automatización de la observación astronómica.

Ciencia y tecnología a 2900 metros

(Localización: Interior OSN. Telescopios)

Desde la observación de los objetos más cercanos a la Tierra dentro de nuestro Sistema Solar hasta las galaxias más alejadas, pasando por las estrellas que habitan la Vía Láctea, el OSN ha sido y es un excelente generador de conocimiento como lo demuestran los más de 20 artículos científicos publicados en revistas internacionales cada año.

Los telescopios de 75cm y 60 cm fueron sustituidos en la década de los 90 por dos telescopios de mayor apertura, 150 cm y 90 cm (T150 y T90) que son los que operan en la actualidad. Pero el OSN, además de telescopios alberga otro tipo de instrumentación. Revisemos algunas referencias a la actividad científica e instrumentación vinculada al OSN:

Estudio de variabilidad estelar con el T90: Las estrellas se monitorizan permanentemente (se trabaja de forma coordinada con observatorios situados a lo largo de diferentes longitudes geográficas de la Tierra) para conocer con precisión la variación que experimenta su luz en el tiempo.

Estudio de planetas extrasolares: el OSN también contribuye a la detección y estudio de planetas ubicados en sistemas planetarios que orbitan alrededor de estrellas diferentes al sol.

Estudios de nebulosas planetarias: masas de gas y polvo que envuelven a algunas estrellas de masa baja e intermedia en su etapa final de vida.

Estudios de objetos transneptunianos: objetos situados más allá de la órbita de Neptuno, en el llamado Cinturón de Kuiper. Estos objetos nos dan información sobre el origen y la formación del sistema solar.

Estudios de cometas: en 2015 se realizaron medidas del cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko en apoyo a la misión Rosetta.



MOOC sobre Sierra Nevada

Estudios de otras galaxias distintas a la Vía Láctea. Dadas las magníficas condiciones del cielo del OSN, se ha podido caracterizar desde la formación estelar en galaxias aisladas hasta la contribución de la interacción gravitatoria sobre la presencia de actividad nuclear en grupos compactos de galaxias.

Entre la instrumentación asociada al OSN cabe destacar:

SATI: es un interferómetro que mide la luminiscencia nocturna o airglow, que es una débil emisión de luz en la atmósfera que se origina por la recombinación durante la noche de átomos que fueron ionizados durante el día por la incidencia de la luz del sol. Su observación visual es compleja ya que requiere de cielos muy oscuros, sin contaminación lumínica y en todo caso nuestro ojo lo captaría como un resplandor blanquecino o grisáceo, nunca de color.

Cámaras CCD: 5 cámaras conforman una estación de detección que vigila el cielo de Sierra Nevada permanentemente en busca de meteoroides en un radio de unos 500-600 kilómetros.

El cielo de Sierra Nevada como recurso

(Localización: cualquiera)

El cielo comienza a incorporarse como recurso en las políticas de gestión de las áreas protegidas. Las líneas principales de trabajo son la identificación de los impactos de cielos contaminados en la biodiversidad y los ecosistemas o en la salud humana, el desarrollo normativo, la utilización del cielo como recurso educativo y turístico y la protección de los observatorios astronómicos como puntos de referencia y garantes de la calidad del cielo.

La alimentación, la respuesta ante los depredadores o la reproducción son algunos de los aspectos del comportamiento de los seres vivos condicionados por los ciclos diarios de luz y oscuridad. La desaparición de la oscuridad nocturna en muchas áreas de nuestro planeta es además una amenaza para nuestra salud. Los seres humanos estamos preparados para estar despiertos y activos durante el día y para dormir durante la noche. Es decir, disponemos de un reloj biológico (ritmos circadianos) que regula nuestras funciones fisiológicas para que estas sigan un ciclo regular de 24 horas. Los mayores índices de actividad fisiológica se producen durante el día, asociados a los índices de mayor iluminación, mientras que esta actividad decrece significativamente durante la noche. El exceso de iluminación durante la noche altera nuestro orden temporal interno, produciéndose lo que se conoce como una cronodisrupción, que se traduce en alteraciones afectivas y cognitivas, enfermedades cardiovasculares, alteraciones del sueño y alteraciones reproductoras, envejecimiento prematuro y cáncer.

La preservación del cielo nocturno y la limitación de la contaminación lumínica son objetivos inalcanzables sin un desarrollo normativo adecuado, que tenga en cuenta los conocimientos científicos y los avances tecnológicos actuales y sea resultado de un proceso participativo y consensuado entre los diferentes agentes implicados.



MOOC sobre Sierra Nevada

En este sentido, la administración autonómica andaluza está haciendo una apuesta fuerte por la preservación del cielo nocturno. La regulación de la contaminación lumínica se incorporó a la reglamentación autonómica mediante una norma pionera de las más avanzadas de Europa, 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* ([Decreto 357/2010, de 3 de agosto](#)). Tras un periodo de aplicación de seis años, el decreto quedó anulado por sentencia judicial, alegándose un defecto de forma en la tramitación de la norma. En la actualidad se trabaja en la elaboración de un nuevo reglamento. Durante el periodo de transición hasta la aprobación del mismo, la regulación de la contaminación lumínica en Andalucía se rige por lo establecido en la [Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental](#) (Ley GICA) y el [Real Decreto 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](#).

El hecho de que el 99% de la población de la Unión Europea viva bajo cielos contaminados (*"The first world atlas of the artificial night sky brightness"*, Cinzano et al., 2001) convierte la observación desde cielos de calidad en una actividad cada vez más demandada, lo que se traduce en un aumento del turismo astronómico.

Cetursa, la empresa que gestiona la estación de esquí de Sierra Nevada, organiza cada año eventos de observación astronómica en su campaña de verano. Los observatorios astronómicos son también potenciales recursos turísticos, como ocurre con el Observatorio de Sierra Nevada (OSN). La visita guiada al observatorio muestra los telescopios, la instrumentación y su funcionamiento.



MOOC sobre Sierra Nevada

BIBLIOGRAFÍA

CINZANO, Pierantonio, FALCHI, Fabio, ELVIDGE, Christopher. “The first World Atlas of the artificial night sky brightness.” *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 328, Issue 3, 11 December 2001, Pages 689–707

ESPINAR, Manuel, ESQUIVEL, Jose Antonio y PEÑA, Jose Antonio, (2003). *Historia del Observatorio de Cartuja*. Instituto Andaluz de Geofísica. <http://iagpds.ugr.es/>

FERNÁNDEZ PÉREZ, Iván (2010). *Aproximación histórica al desarrollo de la astronomía en España*. Univ. de Santiago de Compostela, A Coruña.

GOZALBES CRAVIOTTO, Enrique (2009). “Sierra Nevada en las fuentes clásicas”. *Revista del Centro de Estudios Históricos de Granada y su Reino*, 21, II Época, pp. 49-61.

KYBA Christopher, KUESTER Theres, SÁNCHEZ DE MIGUEL Alejandro et al. (2017) “Artificially lit surface of Earth at night increasing in radiance and extent.” *Science Advances* Vol. 3, no. 11, e1701528.

ROLLAND, Ángel, (2017). “Astrofísica en Granada”. En [Jiménez Vicente, J.](#), [Zurita Muñoz, A.](#), [Florido Navío, E.](#) (Eds.), *50 años escudriñando y descifrando el universo: Historia reciente de la astrofísica española*. Univ. de Granada. Granada, 37-54.



MOOC sobre Sierra Nevada

BIBLIOGRAFÍA

Blanca López, G., López Onieva, M.R., Lorite, J., Martínez Lirola, M.J., Molero Mesa J., Quintas, S., Ruiz Girela, M., Varo, M.A. & Vidal, S. (2002). Flora amenazada y endémica de Sierra Nevada. Granada: Universidad de Granada, 407 pp.

https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Publicaciones_Divulgacion_Y_Noticias/Documentos_Tecnicos/Flora_S_Nevada/pdfs/flora_amenazada_1.pdf

Lorite, J. (2016). "An updated checklist of the vascular flora of Sierra Nevada (SE Spain)" Phytotaxa 261 (1): 1-57

http://www.mapama.gob.es/en/red-parques-nacionales/boletin/phytotaxa_tcm38-69640.pdf

Molero, J. & Marfil, J.M. (2015). "The bioclimates of Sierra Nevada National Park" International Journal of Geobotanical Research 5: 1-11

<http://www.editaefa.com/uploads/IJR-05-MOLERO-10-enero-1-refs-2016-01-13.pdf>

Marfil, J.M., Molero, J., Cantó, P. & Rivas-Martínez, S. (2017). "Bioindicators and bioclimatic data as essential tools towards a consistent biogeographic district typology of Sierra Nevada National Park (Spain)" Lazaroa 38 (1): 7-25

<https://revistas.ucm.es/index.php/LAZA/article/download/55439/51163>

Molero, J. & Marfil, J.M. (2017). "Betic and Southwest Andalusia" En J. Loidi (Editor) The Vegetation of the Iberian Peninsula, Plant and Vegetation 13: Chapter 4: 143-247. Springer International Publishing AG

Enlaces a algunos artículos sobre la flora de Sierra Nevada:

Flora vascular de Andalucía Oriental: http://www.jolube.es/entrada_jolube_FVA.htm

High altitude flora...: <http://www.herbmedit.org/flora/21-247.pdf>

Flora amenazada...: https://ac.els-cdn.com/S0006320797001699/1-s2.0-S0006320797001699-main.pdf?_tid=8412c81f-16b0-4a82-b40d-cb006ff504fa&acdnat=1530095479_529d4af32e158fd8dc36249baf9cf460

Flora cumbres de Sierra Nevada (video): <https://www.youtube.com/watch?v=-rgylyhZKrA>

Sierra Nevada, isla de biodiversidad (video): <https://www.youtube.com/watch?v=UWUMGJw82cM>

El bosque protector: <https://www.youtube.com/watch?v=eONojuhrLNq>

