

proporcionó un método de obtener información cinemática en una dimensión espacial hasta ahora inobservable, la dirección que une al observador con el astro. El espectro nos permitió medir la velocidad radial. Sí, velocidad radial y composición química son dos de las principales variables físicas que derivamos del análisis del espectro de los objetos celestes. Es evidente que la precisión e incertidumbre con que medimos estas variables han variado mucho desde los primeros espectros del Sol tomados y analizados por Fraunhofer. El desarrollo de la física -el código con el que interpretamos los espectros- y la tecnología de nuestros telescopios, instrumentos y detectores han mejorado considerablemente y han posibilitado lo que se denomina espectroscopía en tres dimensiones (3D).

cuya velocidad radial o composición química serán un valor promedio para toda la galaxia. Si nuestro detector tiene 10 por 10 píxeles y podemos dispersar la luz en cada píxel, ya tendríamos 100 espectros que nos darían información de cien regiones diferentes de nuestro objeto y podríamos analizar su campo de velocidades o la existencia o no de un gradiente de composición química.

El telescopio de 3.5 m de Calar Alto en Almería tiene acoplado un espectrógrafo 3D denominado PMAS que es capaz de obtener un espectro en más de 350 diferentes regiones espaciales dentro de un campo de un minuto de arco de lado, cada uno formado por 500 colores diferentes. Con este instrumento acaba de



Carmenes, Calar Alto.

Cuándo tomáis una fotografía con vuestro teléfono móvil estáis haciendo la operación inversa a la espectroscopía 3D. Cada píxel recibe la luz en tres bandas de color diferentes, en tres grandes intervalos de energía, que cuando se combinan espacial y espectralmente de forma adecuada, nos proporcionan la imagen del objeto fotografiado con sus colores más o menos naturales. Ahora imaginaos el problema al revés, tenemos una galaxia y queremos obtener su espectro en toda su superficie observable. Si tenemos un solo píxel muy gordo, y la galaxia cabe en él, obtenemos un único espectro cuya calidad dependerá de cuántos intervalos de energía hayamos definido, de cuantos colores diferentes veamos, y

finalizar **CALIFA**, uno de los proyectos de mayor éxito que se han desarrollado en el mayor observatorio de la Europa continental. Se han tomado espectros 3D de más de 600 galaxias y un equipo internacional con una nutrida y activa participación del IAA-CSIC nos ha ofrecido una nueva y, en algunos aspectos, revolucionaria visión de cómo son y evolucionan esas grandes células del universo que llamamos galaxias.



LA CIENCIA SALE A LAS CALLES

Los proyectos colaborativos unen a científicos y ciudadanos para mejorar el entorno más inmediato. Este novedoso enfoque persigue una investigación y una innovación más participativas. De la mano de la Fundación Descubre, en Andalucía se desarrollan ya diez iniciativas.

Fuente: Antonio Martín Rodríguez, Jorge Frías, José Fuentes y Teresa Cruz.

La abubilla es un ave de curioso plumaje en la cabeza. Con su tocado, parece un jefe siux. En Albolote (Granada) la conocen bien. 250 estudiantes de entre 10 y 14 años saben identificar no sólo de esta carismática especie, sino 31 más de las que habitan la sierra de Elvira, donde se asienta el municipio. Lo han logrado a través de un proyecto denominado 'Torre-On', que forma parte del programa Andalucía, mejor con ciencia. Junto con otras nueve iniciativas similares, la Fundación Descubre trata de motivar a que ciudadanos y científicos se unan para dar respuesta a un problema específico de una comunidad. Es una muestra de proyectos de ciencia ciudadana, por los que se pone en contacto el mundo de los laboratorios con el de la calle, y por los que muchos casos se abre una puerta al mundo de la ciencia y del medio ambiente tanto estudiantes de etapas preuniversitarias como para sus familias y otros colectivos.

¿CÓMO DESARROLLAR TU PROPIO PROYECTO?

El programa Andalucía, mejor con ciencia es una iniciativa abierta la participación de cualquier localidad de la comunidad autónoma. Sólo hace falta detectar un aspecto de mejora en el entorno más cercano, implicar a la comunidad educativa y las administraciones públicas vinculadas a ese territorio, buscar la colaboración de científicos de las universidades o centros de investigación más próximos y un puñado de ilusión.

Se trata de proyectos colaborativos, por lo que es indispensable fomentar la participación activa de la comunidad. El principal eje en el que pivota el programa es la ciencia. Concienciar a cerca de la importancia del conocimiento científico y de cómo puede ayudar a resolver el problema es una de las labores de los promotores. El otro es el respeto al medio ambiente. Se deben promover prácticas respetuosas con el entorno.

Una vez identificado qué aspecto del entorno se quiere mejorar, se debe enviar la propuesta de proyecto a la Fundación Descubre. Aceptada la solicitud, el proyecto pasa a formar parte del programa y recibe el sello de participación digital para el material divulgativo que se genere (blogs, webs...). No en vano, un objetivo fundamental es la difusión de todo el trabajo realizado. Los proyectos adscritos al programa han de elaborar material audiovisual como videos o documentales en los que se detalle el trabajo realizado.

La Fundación Descubre ha diseñado un curso en línea para personas interesadas en coordinar proyectos. Se denomina Tu entorno, mejor con ciencia. Además, pone a disposición de los participantes la red de expertos de la fundación, para encontrar el asesoramiento científico requerido. Descubre también ayuda en el asesoramiento y apoyo en la comunicación de los proyectos y facilita recursos didácticos.

Más información en: <https://andaluciamejorconciencia.fundaciondescubre.es/es/sobre-el-programa/>



El proyecto CREECE, primera iniciativa que se puso en marcha.

En el caso del municipio granadino, se pretendía "generar un conocimiento del entorno natural de Albolote que redundara en un mayor aprecio al mismo. Conocer es querer", explica Jorge Frías, promotor del mismo. Oropéndolas, golondrinas, palomas... Las aves que surcan los azules cielos de la localidad han sido registradas en una aplicación móvil, que conserva la información para dispositivos Apple. "Este tipo de iniciativas requieren de pocos recursos para alcanzar los objetivos divulgativos", resume Frías. Dicho de otra manera, usted mismo puede plantear crear el plan para su entorno más cercano.

Los proyectos de *Andalucía, mejor con ciencia* son tan diversos como puede serlo la ciencia y las localidades que los acogen. El programa plantea una estrategia de divulgación que favorece que la ciudadanía sea consciente y valore la importancia de la ciencia en su día a día. "Queremos conseguir que una comunidad se ponga de acuerdo con los científicos de su entorno para identificar un problema y solucionarlo", expone Teresa Cruz, directora de la Fundación Descubre, la entidad que promueve la iniciativa.

La iniciativa es un ejemplo de ciencia ciudadana, una forma de entender la colaboración entre el ámbito investigador y la sociedad que gana terreno. En 2016, la Fundación Ibercivis ha lanzado un observatorio que registra iniciativas existentes en España. En su lista constan 140 proyectos.

En los proyectos que coordina Descubre han participado un total de 2.500 personas en alguna de las iniciativas. Alumnado, docentes, científicos, asociaciones, empresas, ayuntamientos... los grupos de interés son muy variados. El programa busca un hueco fuera de los límites de Andalucía.

El origen

Para explicar este fenómeno expansivo, hay que retrotraerse a 2014. Entonces se puso en marcha el proyecto 'CREECE: Comunidad para la Restauración Ecológica del Estanque del Corredor verde', en Atarfe (Granada). Fue una experiencia piloto y germen del programa.

Durante 10 meses, diferentes agentes de la localidad trabajaron para recuperar uno de los estanques de la localidad, que estaba degradado y donde sólo habitaban especies exóticas invasoras. Un total de 1.200 personas



Alumnos trabajan en el proyecto 'CapaCITados' de Atarfe.

EN BUSCA DE ALIADOS NATURALES PARA LOS CULTIVOS

El catálogo de Andalucía, mejor con Ciencia llega a la costa almeriense. En 2017, se llevarán a cabo por primera vez dos proyectos en esta provincia. Ambos se dirigen a mejorar el entorno en comunidades agrícolas.

'Echa a volar en Roquetas de Mar' pretende convertir infraestructuras públicas urbanas en refugios para especies animales locales. En el término municipal existen casetas y torretas de antiguos motores de los pozos de agua que han quedado en desuso. Este patrimonio industrial puede recuperarse en un sentido medioambiental. Algunas especies (como los aviones, las golondrinas o los murciélagos) pueden controlar las plagas que afectan a los cultivos de la

zona. Otros insectos pueden ser los transmisores del polen de estos cultivos. Los habitáculos abandonados pueden alojar estas comunidades biológicas.

'Diversifica-T' se desarrolla en Vícar, a pocos kilómetros. La agricultura intensiva supone una pérdida de biodiversidad, lo que, en última instancia, también afecta a la productividad de las explotaciones. Los peores enemigos de los parásitos de estos cultivos suelen ser depredadores y parasitoides autóctonos. El proyecto promueve la creación de setos de vegetación autóctona y refugios para insectos beneficiosos, para expandir estas comunidades y favorecer la presencia de estos rivales naturales de las plagas.

asistieron en las actuaciones de regeneración del estanque, para culminar con la introducción de especies de anfibios y reptiles autóctonos. Esta iniciativa no sólo contó con ventajas en el medio ambiente. También facilitó a los estudiantes de la zona conocer los ecosistemas acuáticos.

Teresa Cruz: "Queremos conseguir que una comunidad se ponga de acuerdo con los científicos de su entorno para identificar un problema y solucionarlo"

"Para participar en un proyecto tiene que involucrarse la comunidad educativa, el ayuntamiento, alguna asociación cultural o empresarial y la universidad o los centros de investigación que están en el entorno", explica Cruz. La presencia de personal científico es fundamental, ya que actúa como asesores. "En nuestro caso, hicimos



Participantes en los proyectos de [Andalucía] Mejor con Ciencia en Atarfe.

un llamamiento a través de un vídeo y nos respondió un investigador de la Universidad de Granada", explica José Fuentes, coordinador del proyecto 'Cuídate, cuídalo', uno de los proyectos con más éxito.

Fuentes es maestro en el colegio San Pascual Bailón de Pinos Puente (Granada). En el centro había observado el progresivo sedentarismo y malos hábitos en la alimentación, que suponen factores de riesgo para la obesidad. Involucró a una comunidad de 400 personas para retornar a unos hábitos más saludables y, con el vídeo, buscaron el aval científico con una producción audiovisual en forma de *petición de ayuda*. Respondió al mensaje el investigador del grupo de Fisiología y Bioquímica Nutricional del Estrés Oxidativo de la Universidad de Granada Julio José Ochoa. El proyecto, además de mejorar las condiciones de salud del alumnado y concienciar a sus padres, ha legado nuevos espacios para el colegio. Uno de ellos es un circuito saludable, usado en educación física. Junto a él queda un huerto ecológico. Todo material reciclado como neumáticos de tractores.

Una de las labores más complejas es buscar apoyo institucional. En el caso del proyecto 'Cuídate, cuídalo' se buscaron formas de financiación originales. Una campaña de venta de camisetas, con un margen de beneficio muy reducido, sirvió para costear los materiales del proyecto. El uso de neumáticos y otros materiales de reciclado también contribuyó para ahorrar dinero. En su conjunto, el programa está cofinanciado por la Fundación Descubre, la Consejería de Economía y Conocimiento de la Junta de Andalucía y la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT).

El recorrido tipo

Para conocer cómo se gesta un proyecto de divulgación científica y mejora del entorno se puede viajar a Atarfe, donde ya se han desarrollado tres. Uno de ellos es 'CapaCITados'. La iniciativa, que nació en septiembre de 2015, se inicia cuando el alumnado del CEIP Atalaya rastreó la localidad en busca de puntos de difícil acceso para las personas con diversidad funcional. Las conclusiones de

su análisis se plasmaron en un informe que presentaron al ayuntamiento de la localidad. Se partía de la idea de que la tecnología podría contribuir a derrotar las barreras urbanísticas y se pergeñó un plan.

Teresa Cruz: "Tiene que involucrarse la comunidad educativa, el ayuntamiento, alguna asociación cultural, centros de investigación del entorno".

Los escolares diseñaron una silla de ruedas adaptada al público infantil. Sus propias familias enseñaron al alumnado a coser y poder ajustar sus diseños a la silla modificada. Posteriormente, para comprender conceptos científicos y aplicarlos en su ingenio, los estudiantes actuaron con una plataforma de podobarometría, donde observaron sus propias pisadas en movimiento, las fases y

subfases de la marcha, y cómo la información recogida de esta manera se puede traducir en el diseño y fabricación de productos ortopédicos, como unas plantillas. El proyecto finalizó con la incorporación de los productos y sugerencias arquitectónicas a la realidad del día a día en la localidad.

La variabilidad temática es constante en *Andalucía, mejor con ciencia*, que en 2015 fue elegido el proyecto más inspirador por la Red de Unidades de Cultura Científica. Lo importante es pensar en una necesidad de la comunidad, involucrar a los colectivos, buscar asesoramiento científico y ser ingenioso a la hora de buscar las soluciones. Como se haría en cualquier laboratorio.

Otras iniciativas

También en Atarfe se ha desarrollado 'Somos Biodiversidad'. El proyecto ha implicado a más de 250 personas para mejorar la biodiversidad de plantas autóctonas y favorecer la presencia de su fauna asociada, en especial de mariposas. Alrededor de 200 personas han participado en el proyecto 'Mójate por el río' desarrollado en el tramo del río Cabra que atraviesa

ATRAPA UN TIGRE Y HAZ UN CENTENAR DE AVENTURAS MÁS

Una de las iniciativas de ciencia ciudadana más exitosas de ciencia ciudadana de los últimos tiempos ha sido Mosquito Alert. A partir de una aplicación móvil, se ha tejido una red de usuarios que identifican con sus terminales el lugar donde han visto un ejemplar de mosquito tigre. ¿Qué tiene de malo este díptero? Pues se trata de una especie exótica invasora muy dañina tanto como vector de enfermedades como el dengue para los seres humanos, como para los hábitats autóctonos.

'Atrapa el tigre', como se llamaba la iniciativa en su nacimiento, es una de las 140 iniciativas de ciencia ciudadana que ha registrado el observatorio creado a tal efecto por la Fundación Ibercivis. Hay proyectos de casi cualquier naturaleza: para identificar asteroides cercanos a la Tierra, para denunciar los feminicidios, para poner sobre un mapa los cadáveres inmobiliarios

que dejó el boom, para proteger las praderas marinas, para localizar las urracas que viven en las ciudades. Hay más información en: <http://ciencia-ciudadana.es/>

La ciencia ciudadana es una forma de entrelazar dos realidades que se necesitan mutuamente: ciencia y sociedad. La comunidad científica necesita el respaldo social para su correcto desarrollo. Las personas necesitan de los avances científicos para la mejora de su bienestar. Para generar esta relación simbiótica, la Comisión Europea ha incluido en el programa marco actual (Horizonte 2020) el fomento de la investigación y la innovación responsable (RRI, Responsible Research and Innovation). Este enfoque defiende el desarrollo de una ciencia más abierta y participativa, que tenga en cuenta los efectos tanto en el medio ambiente como en la sociedad.



Participantes en el proyecto 'Cuidate, cuidalo', desarrollado en Pinos Puente (Granada).

la ciudad cordobesa con su mismo nombre. El objetivo consistía en que la ciudadanía tomase conciencia de la importancia de preservar el cauce en un buen estado ecológico. Para ello, primero se organizaron acciones de limpieza a cargo de y se analizó la calidad de agua en el nacimiento de la corriente fluvial.

Las experiencias en Albolote, Pinos Puente, Atarfe y Cabra han llegado a su fin, pero no así el programa *Andalucía, mejor con ciencia*. Bajo el título 'Sin ruido en mis oídos', 150 participantes de la comunidad educativa de El Padul (Granada) identifican *puntos negros* donde se desarrollan actuaciones de mejora acústica. El proyecto 'Juntos hacia la agroecología' de Huétor Tájar (Granada), en el que participan más de 700 personas, se ha dirigido a dar a

conocer algunas de las técnicas utilizadas en agroecología para los cultivos desarrollados en la localidad, con la finalidad de favorecer una mayor conservación del suelo y fomentar la biodiversidad de la zona.

Mientras se expande en Andalucía, la Fundación Descubre pretende llevar la iniciativa más allá del océano Atlántico. "Queremos dar el salto y desarrollar el proyecto en Iberoamérica, para ello hemos llegado a un acuerdo con la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura, y también por supuesto llevarlo a otras comunidades autónomas", avanza Cruz.