

**Investigadores del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), miembros del grupo Consolider-GTC Estallidos, revelan nuevos datos sobre las galaxias “guisante verde”.**

Año 2009. Unos objetos compactos, redondos y verdes. No es de extrañar que los astrónomos aficionados del programa *GalaxyZoo*, que cuenta con un banco de imágenes online, los llamaran “guisantes verdes” (*green peas*, en inglés).

Buscando en las placas obtenidas por el cartografiado

*Sloan Digital Sky Survey*

(SDSS), encontraron 250 entre más de un millón, algo que ningún astrónomo profesional podría haber hecho del mismo modo en una investigación. Sólo el trabajo en equipo de cientos de aficionados hizo posible la clasificación de los guisantes verdes como un tipo de galaxia diferenciada de las demás.

El objetivo de los participantes en el *Galaxy Zoo* era encontrar objetos que tuvieran algo extraordinario en su morfología. Al principio no se sabía exactamente qué eran estos “guisantes verdes”. Al estudiar las imágenes se vio que sus tamaños físicos eran, realmente, muy pequeños. Muchas de estas galaxias se habían clasificado, de hecho, como estrellas, por lo compactas que eran.

Empezó entonces una carrera por saber cuál era la naturaleza de estos objetos. Los *green peas*

llamaron la atención de un grupo de la Universidad de Yale, que adelantó algunas conclusiones en un primer artículo. En él, con los datos que tenían en aquel momento, se deducía que eran galaxias muy evolucionadas porque parecían tener muchos metales pero, al mismo tiempo, eran muy compactas, propiedad que caracteriza a las galaxias menos evolucionadas.

El color también era algo extraño: las galaxias evolucionadas tienden al rojo debido a que sus estrellas ya son viejas y se están enfriando (las estrellas jóvenes y activas se ven azules) y éstas eran de un verde intenso. Este color se debe a que estas galaxias tienen, en la zona de su espectro correspondiente al verde (en torno a los 500 nanómetros), unas fuertes líneas de emisión debidas al oxígeno ionizado dos veces, lo que aumenta la luminosidad de este color en las composiciones de las placas del cartografiado SDSS.

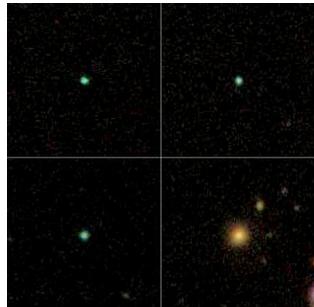
Por otro lado, el equipo de Yale destacó que la propiedad más notable de estas galaxias era su tasa de formación estelar por unidad de masa que, al parecer, era inmensa. Esto resulta común en el universo muy lejano, pero se trata de una zona que no está tan alejada: el Universo tiene unos 13.700 millones de años, el Sistema Solar se formó hace unos 5.500 millones de años y se cree que, hace aproximadamente 3.000 millones de años, se activaron las galaxias “guisante verde”.

Por último, el grupo afirmaba que estos objetos ya habían alcanzado casi el contenido de metales que tiene el Sol, lo que resultaba un dato bastante contradictorio. Evolucionadas y con mucha metalicidad pero, al mismo tiempo, compactas, con propiedades de galaxias mucho más primitivas: había cosas que no encajaban.

## **Nuevos análisis desde el IAA: El Oxígeno frente al Nitrógeno**

Gracias a la información recopilada para tres de estos objetos a partir de observaciones realizadas previamente con el Telescopio Espacial Hubble por otros proyectos, y a la aplicación de modelos desarrollados por el grupo, el equipo liderado por José Vílchez, investigador del IAA-CSIC, junto con Enrique Pérez-Montero y Ricardo Amorín (del mismo centro de investigación), reveló nuevos datos sobre estas peculiares galaxias verdosas. “Nos dimos cuenta de que la morfología, al irnos a muy alta resolución espacial, no era tan redonda como se creía en un principio y las galaxias parecían estar divididas en pequeñas partes, lo que podía indicarnos un choque de galaxias muy compacto y fuerte”, afirma Vílchez.

Sin embargo, era fundamental conocer cómo era la población estelar de estas galaxias, y obtener mayor sensibilidad y resolución espacial: para ello era necesario observar con el Gran Telescopio Canarias (GTC). “Pedimos tiempo para realizar imagen muy profunda con el fin de ver hasta dónde podíamos delimitar la extensión del posible disco de estrellas que están “debajo” del brote de formación estelar; a su vez, queríamos realizar espectroscopía para obtener, no sólo mejor información sobre metalicidades y propiedades físicas, sino también para intentar ver la población más joven de estrellas”.



En un primer análisis a partir de la espectroscopía del cartografiado SDSS, se observó que la naturaleza de estas galaxias era distinta de lo que se creyó en un principio y se llegó a unas conclusiones, en cierto modo, más razonables. Los objetos, pequeños y compactos, parecían ser realmente jóvenes químicamente hablando, por lo que no se trataría de objetos evolucionados. Pero, al mismo tiempo, cuando se observaban en relación con otras galaxias conocidas que presentaban formación estelar, se veía que su masa estelar, frente al contenido de metales, ofrecía una información que las diferenciaba de las demás: “Estas galaxias están produciendo estrellas muy rápido, pero aún están por debajo de la tasa de producción de otras

galaxias locales, y tienen menos metales", explica Pérez-Montero.

La cantidad de metales nos dice cuán eficiente ha sido una galaxia en su historia a la hora de transformar el hidrógeno en elementos más pesados. Es como una fábrica, un enorme horno en el que el hidrógeno se ha ido convirtiendo en metales liberados al medio a través de vientos y eyeciones estelares tras la explosión de las estrellas en forma de supernova.

Comparando la abundancia de Nitrógeno con la de Oxígeno se pueden obtener datos reveladores. Se sabe que el Oxígeno lo producen las estrellas más masivas que tienen una vida corta; y el Nitrógeno lo producen, sobre todo, estrellas que duran mucho más, las que tardan más tiempo en morir. Esto nos da una idea de la evolución de la galaxia.

La mayoría de las galaxias siguen una relación entre la cantidad de Nitrógeno y la de Oxígeno que viene marcada por su contenido metálico, siendo esta relación constante cuando tienen muy poco Oxígeno. Sin embargo, las *green peas* parecen alterar esta norma. Los anteriores investigadores que midieron la abundancia de Oxígeno de estas galaxias utilizaron solo sus líneas de Nitrógeno: de ahí se extrajeron resultados contradictorios y por eso llegaban a la conclusión de que la metalicidad era alta.

"Para encontrar la proporción real entre el Nitrógeno y el Oxígeno en estas galaxias, había que ir un paso más allá y calcular la abundancia de Oxígeno midiéndola directamente. Para ello, se utilizaron las líneas de emisión del Oxígeno. Como explica Vílchez, "cuando hicimos el análisis del espectro utilizando estas líneas más débiles, dedujimos, por un lado, que el contenido de Oxígeno no era tan alto como se había sugerido y, por otro, que el de Nitrógeno sí lo era. Al analizar el problema en más profundidad vimos que el Oxígeno de estas galaxias es muy bajo".

Esto podría darse en galaxias en las que está cayendo una enorme cantidad de gas nuevo, poco procesado, produciendo gran cantidad de nuevas estrellas, llegando a "diluir" parte del Oxígeno disponible en ese momento en la galaxia. Por tanto, la teoría del equipo del IAA es que, probablemente, estas galaxias están acumulando cantidades inmensas de gas que se está procesando con una gran actividad de formación estelar. Esto explica que la tasa de

formación estelar observada sea tan alta, que sean muy compactas y que químicamente estén prácticamente empezando a enriquecerse.

“Ahora vemos que estas galaxias, en un universo relativamente cercano, son objetos extraordinarios. Para nosotros pueden ser unos trazadores locales, pistas más cercanas de lo que podría haber sucedido hace muchos miles de millones de años. No obstante, parece que no se trata de un fenómeno frecuente, en parte porque son objetos poco brillantes y se necesitan telescopios como el GTC o incluso mayores para observarlos”.

La masa de estas galaxias es del orden de entre mil y diez mil millones de masas solares. Nuestra Vía Láctea tiene del orden de cien mil millones; las galaxias “guisante verde” son dos órdenes de magnitud menos masivas que una galaxia espiral como la nuestra. Son más pequeñas en tamaño y más compactas.

“En la imagen profunda que hemos hecho con GTC, algunas de estas galaxias ya se ven algo elongadas, empieza a revelarse su auténtica morfología; por ejemplo, en algunas se adivinan misteriosos objetos satélites o compañeros del cuerpo principal, aunque aún no se llega a ver si son objetos extendidos. Aún no sabemos, sin embargo, cuántas de ellas no son completamente compactas. Con los nuevos datos de GTC lo que buscábamos era ver el contenido estelar de esas galaxias, la fracción de estrellas muy jóvenes frente al total, despejando el peso real de una posible población subyacente más vieja. El GTC ha proporcionado además nuevos espectros muy profundos en los que se puede ver claramente la población de estrellas más masivas: ya estamos obteniendo datos sobre las estrellas jóvenes, su edad, su contenido metálico... la investigación está en marcha”. Nuevos datos que nos irán aclarando el misterio de los “guisantes verdes”.

### Más información:

Artículo: "[On the Oxygen and Nitrogen Chemical Abundances and the Evolution of the "Green Pea" Galaxies](#)"

Autores: [Amorín, Ricardo O.](#) ; [Pérez-Montero, Enrique](#) ; [Vílchez, J. M.](#)

**Enlaces:**

<http://www.galaxyzoo.org/>

<http://www.sdss.org/>

**Imagen:** Carolin Cardamone and Sloan Digital Sky Survey

Montaje: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Wiki\\_Peas\\_Montage.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Wiki_Peas_Montage.jpg)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Pea\\_galaxy](http://en.wikipedia.org/wiki/Pea_galaxy)