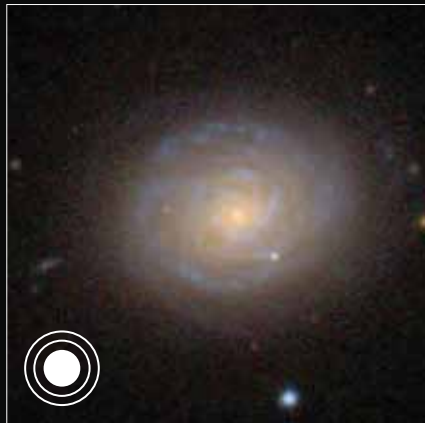


## LOS MODELOS DE FORMACIÓN ESTELAR



**MASA ELEVADA** Galaxias con masa superior a 70 mil millones de soles, tales como la NGC 6411, generan la mayoría de sus estrellas durante 5 mil millones de años, a partir del centro



**MASA CRÍTICA** Galaxias con una masa de alrededor de 70 mil millones de soles, tales como la NGC 4047, producen sus estrellas en menos de 3 mil millones de años, a partir del centro



**MASA BAJA** Galaxias con poca masa, inferior a algunas decenas de miles de millones de soles, tales como la UGC 9476, generan estrellas en forma constante en toda su extensión

# Arqueología estelar

Identifican en un estudio tres patrones de evolución de las galaxias

Igor Zolnerkevic

PUBLICADO EN JUNIO DE 2013

Un estudio pionero está comenzando a delinear la historia evolutiva de las galaxias. Encabezado por el español Enrique Pérez, del Instituto de Astrofísica de Andalucía, este trabajo ha detectado dónde y cuándo se formaron las estrellas de un centenar de galaxias que surgieron durante los últimos 10 mil millones de años y que se encuentran relativamente cerca de la Vía Láctea, la galaxia que alberga al Sol y a la Tierra. En esa investigación, publicada en enero de este año en la revista *Astrophysical Journal Letters*, se compararon distintos tipos de galaxias, lo cual permitió comprender de qué manera la masa de éstas afecta el ritmo de formación de sus estrellas. Formaron parte del equipo de científicos que la llevó a cabo, los astrofísicos brasileños Roberto Cid Fernandes, de la Universidad Federal de Santa Catarina, quien desarrolló en 2005 el Starlight, un *software* que analiza la luz que emiten las galaxias para reconstruir la historia de sus poblaciones estelares y concretar una especie de arqueología estelar, y su alumno de doctorado André Luiz de Amorim.

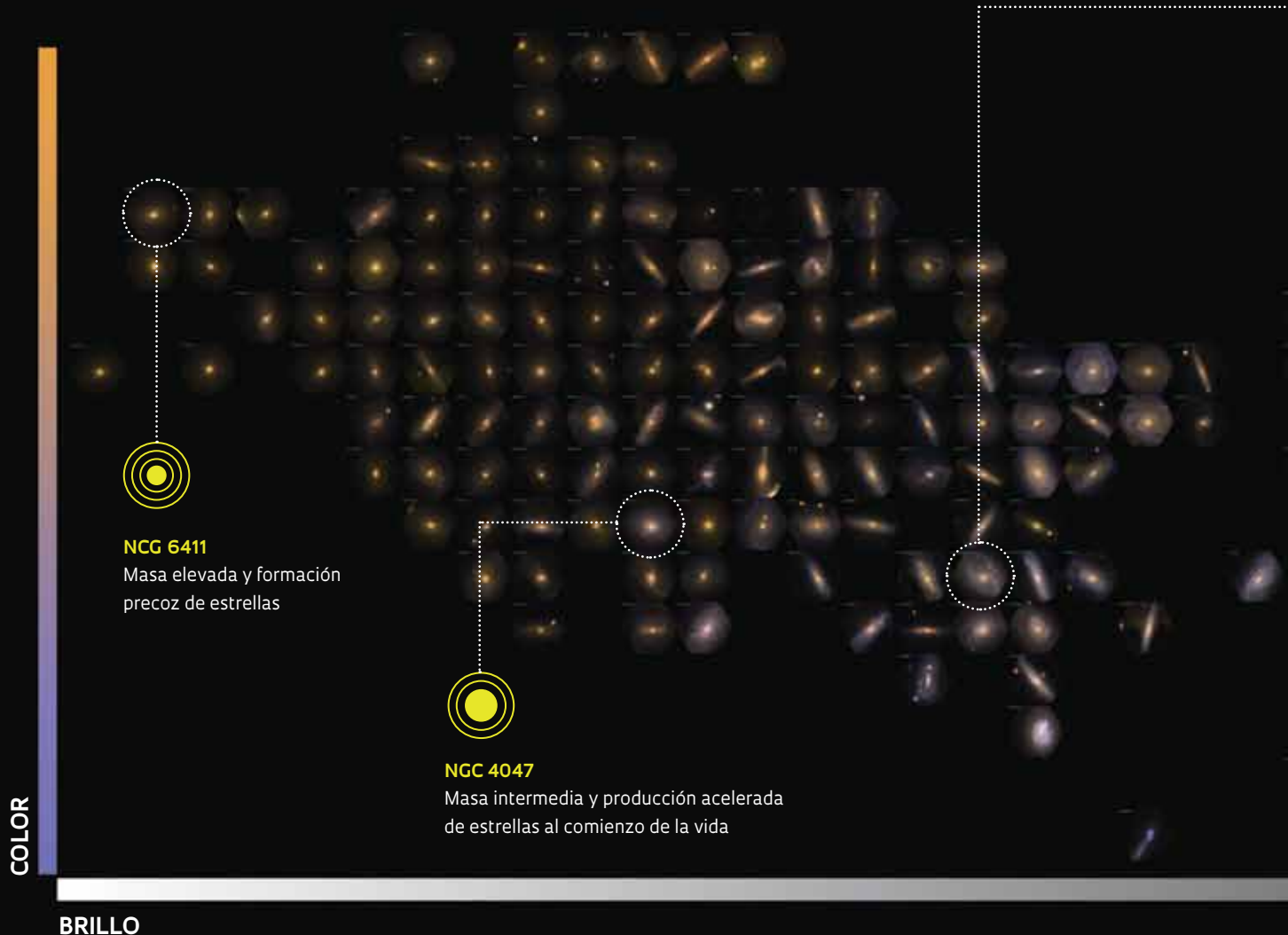
El estudio confirmó que las galaxias con centenas de miles de millones de estrellas y una masa sumamente elevada, generaron la mayoría de dichas estrellas hace más de 5 mil millones de años, primero en el centro y después en la periferia, y actualmente constituyen verdaderos asilos estelares. En tanto, las galaxias menores, con pocos miles de millones de estrellas, siguen produciéndolas en todas las zonas, aun siendo ya ancianas.

La investigación tomó como base datos del estudio Califa (Calar Alto Legacy Integral Field Area Survey), una colaboración entre 80 investigadores de 13 países destinada a observar minuciosamente la formación de estrellas en alrededor de 600 galaxias. Este proyecto, que se puso en marcha en 2010, se vale de las observaciones realizadas con un telescopio del Observatorio de Calar Alto, en Andalucía, España.

# Perfil evolutivo

La masa de las galaxias influye sobre el ritmo de formación de las estrellas

Las galaxias con masa más elevada generaron sus estrellas antes y aparecen en un color amarillo rojizo en la parte izquierda superior del diagrama. Las galaxias de masa menor (en una coloración azulada) se ubican en la zona inferior derecha



La muestra de 105 galaxias, descrita en *Astrophysical Journal Letters*, es ínfima si se la compara con los miles de millones de galaxias que existen en el Universo visible. También es pequeña, comparada con el total de galaxias –casi un millón– observadas por el mayor estudio astronómico hecho hasta ahora, el Sloan Digital Sky Survey (SDSS), producto del esfuerzo de otro consorcio internacional, que emplea un telescopio ubicado en Estados Unidos. Pero, mientras que el SDSS analizó la luz de las galaxias como si cada una fuese un punto en el cielo, el Califa emplea una

técnica más cara y compleja, que divide a cada galaxia en mil fragmentos y analiza la luz de éstos por separado. El resultado es un mapa que revela diferencias en las propiedades químicas y físicas de las diversas partes de la misma.

El Califa observa galaxias ubicadas a distancias relativamente cercanas –entre 70 millones y 400 millones de años luz– de la Vía Láctea. No están ni tan lejos como para ser observadas cómo eran en el pasado remoto del Universo, ni tan cerca como para que se puedan detectar sus estrellas individualmente.

En el marco del proyecto, se analizaron **105** galaxias situadas a entre 70 millones y 400 millones de años luz del Sol

# “La galaxias de menor masa siguen formando estrellas, en tanto que, para las de masa elevada, la fiesta terminó”, dice Fernandes



## UGC 9476

Poca masa y generación constante de estrellas



### MASA CRÍTICA

Pero el criterio de selección más importante consistió en observar galaxias de los más diversos colores y brillos. Vistas más o menos a la misma distancia, las galaxias jóvenes son azuladas, y las más antiguas, rojizas. En tanto, el brillo funciona como un indicador de la masa de la galaxia: cuanto más brillante, más estrellas posee. “La intención fue asegurarnos la diversidad de galaxias para tener una visión global de las mismas”, comenta Fernandes.

Al analizar los datos del Califa con el Starlight, los investigadores determinaron qué combinación de estrellas jóvenes y ancianas contribuía en la luz de cada fragmento de las galaxias. Así, los astrofísicos identificaron cuándo y con qué frecuencia se formaron las estrellas en las diversas regiones galácticas.

La primera diferencia que se confirmó con el estudio se refiere al ritmo de producción de estrellas. Las galaxias con masa superior a 70 mil millones de soles condensaron todo su gas en estrellas rápidamente en su juventud, y produjeron la mayoría de sus estrellas hace más de 5 mil millones de años. En tanto, las galaxias de igual edad, pero con menos de 10 mil millones de masas solares, gastan su gas con parsimonia. “Las galaxias con menor masa siguen formando estrellas a una tasa respetable, en tanto que, para las de masa elevada, la fiesta terminó”, dice Fernandes.

Otra diferencia se encuentra en el orden de formación de las estrellas. Las galaxias con masa menor generaron sus estrellas más o menos al mismo tiempo en toda su extensión, empezando un poco antes en las zonas externas. Pero en las galaxias con gran masa sucedió lo contrario: la formación estelar empezó antes en el centro y avanzó hacia la periferia. Este patrón parece, por cierto, haberse repetido en la propia Vía Láctea, una galaxia con alrededor de 60 mil millones de masas solares. “Las regiones más alejadas del centro de la Vía Láctea son más pobres en elementos químicos pesados que la parte interna”, explica el astrofísico Hélio J. Rocha-Pinto, de la Universidad Federal de Río de Janeiro, quien estudia los vestigios de colisión de la Vía Láctea con galaxias enanas. “Esto constituye una evidencia indirecta de que las estrellas de la parte interna se formaron primero y enriquecieron químicamente a esa parte de la galaxia más rápido.”

Sin embargo, esta diferencia entre el centro y el borde no siempre aumen-

ta con la masa de la galaxia. Llega a su máximo en las galaxias con una masa de alrededor de 70 mil millones de masas solares, en las cuales las estrellas de la región central se formaron más de dos veces más rápido que las del borde.

“Esta masa crítica tiene algo que es especial”, dice Fernandes. Pero nadie sabe exactamente qué es eso. Rocha-Pinto sugiere que la masa crítica es la masa a partir de la cual las galaxias no crecen aisladamente. Se cree que las galaxias mayores nacieron como producto de la fusión de galaxias menores, eventos en los cuales la formación estelar aumenta en la parte central de la galaxia recién formada.

Con todo, Fernandes menciona otra posibilidad. Las galaxias grandes tienen agujeros negros tan gigantes en su centro que obstaculizarían la formación estelar. En tanto, en las galaxias pequeñas, se forman menos estrellas pues parte del gas es expelido de ellas durante las explosiones de supernovas. Ambos efectos podrían ser menores en galaxias con masa crítica, con lo cual aumentaría la formación estelar. “La cuestión”, pondera Rocha-Pinto, “radica en probar que los efectos que planteamos tienen una magnitud tal como para explicar lo que observamos”.

El año que viene, los astrónomos del SDSS esperan iniciar un estudio similar, que lleva el nombre de MaNGA y mapeará 10 mil galaxias. “El tamaño 100 veces mayor de la muestra será transformacional”, dice el astrofísico Kevin Bundy, de la Universidad de Tokio, Japón, coordinador del MaNGA. “Pondremos a prueba las conclusiones del Califa y mucho más.” ■

### Artículo científico

PÉREZ, E. *et al.* The evolution of galaxies resolved in space and time: an inside-out growth view. *The Astrophysical Journal Letters*, v. 763, ene. 2013.