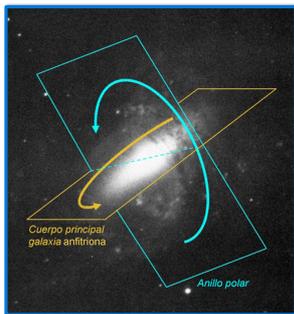


INICIANDO EL CATÁLOGO FOTOMÉTRICO DE SIERRA NEVADA DE GALAXIAS CON ANILLO POLAR CON FORMACIÓN ESTELAR

Eduard Garcia-Ribera⁽¹⁾, Enrique Pérez-Montero⁽²⁾, Rubén García-Benito⁽²⁾, José M. Vilchez⁽²⁾
(1) Parc Astronòmic Montsec - PAM, (2) Instituto de Astrofísica de Andalucía – CSIC.

1. RESUMEN

Se describen las observaciones fotométricas de una muestra preliminar de 16 candidatas a galaxia de anillo polar (PRGs) con el telescopio de 1.5m del Observatorio de Sierra Nevada (OSN). Se ha realizado un análisis de las imágenes en banda ancha (BVR) para la caracterización de las galaxias anfitrionas y sus anillos y en Ha para identificar aquellas que presentan formación estelar en el anillo. La fotometría de las PRGs permite analizar distintos parámetros físicos y realizar un cartografiado de las regiones HII. La finalidad última del trabajo es la elaboración de un catálogo de PRGs con anillo con formación estelar con el máximo de candidatas posibles, que permita complementar su estudio mediante espectroscopia de campo integral que ayude a comprender el escenario de formación más probable de estos objetos.



Eduard Garcia-Ribera a partir de Merkulova et al. 2008

2. POR QUÉ ESTUDIAR PRGS

Las PRGs son galaxias peculiares compuestas principalmente por dos estructuras cinemáticamente diferenciadas:

- Un anillo de estrellas, gas molecular y polvo.
- Una galaxia anfitriona alrededor de la cual rota el anillo (generalmente de forma casi ortogonal).

El marco teórico de formación de las PRGs se puede resumir desde un punto de vista actual en:

- Se debaten 3 escenarios de formación del anillo: fusión de galaxias, acreción por marea, acreción cósmica.
- Estructura compleja: anillos y discos polares, anillos y discos polares circunucleares.
- Importancia de la presencia de formación estelar en los anillos: permite conocer las propiedades de la población estelar y del gas ionizado, la confirmación de auténtica PRG mediante curvas de rotación y realizar modelos sobre la cantidad de materia oscura presente.

Los catálogos más extensos de candidatas a PRGs son:

- Whitmore et al. 1990, A.J, 100, 1489
- Moiseev et al. 2011, MNRAS, 418, 244 (SDSS)

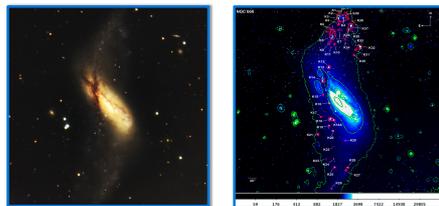
No obstante, estos catálogos no especifican qué estructuras presentan formación estelar para hacer una subclasificación que conduzca a una caracterización cinemática, química de los anillos y a un mejor conocimiento de su origen.

3. CARACTERIZACIÓN

- A. BIBLIOGRÁFICA: permite conocer mejor las características físicas de las galaxias y saber si han sido ya confirmadas o descartadas como PRG por otros autores.
- B. FOTOMÉTRICA Ha: mediante el análisis de imágenes compuestas BVR y de la línea del Hidrogeno Alfa, se ha realizado una estimación cualitativa de la galaxia y de las posibles regiones de formación estelar.



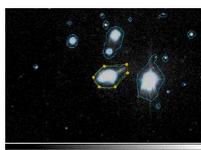
Proceso de caracterización para UGC3562. De izquierda a derecha: imagen compuesta BVRHa con Pixinsight, imagen H-alpha en bruto e imagen de la línea del H-alpha con el continuo restado.



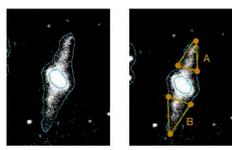
NGC 650. Izquierda: Imagen compuesta BVRH. Derecha: H-continuum con las isotopías filtro V superpuestas. En rojo, localización de regiones HII para su posterior estudio espectroscópico.

4. ANÁLISIS FOTOMÉTRICO – BVR

Con el fin de determinar la contribución del anillo en el perfil fotométrico de la galaxia anfitriona, se miden la contribución integrada de la galaxia + anillo (FG) y sólo anillo (FA).



Fotometría FG para UGC 4261. Representación de polígonos con IRAF y DS9. La isotopa externa equivale al doble de la desviación estándar del fondo del cielo.



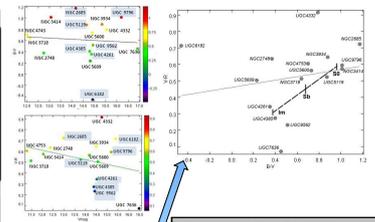
Fotometría FA para UGC 9796. Fotometría del anillo mediante 2 secciones poligonales A y B.

5. RESULTADOS PRELIMINARES

Resultados del proceso de caracterización y del análisis fotométrico BVR, para una muestra preliminar de 16 galaxias. La fotometría FG y FA ha permitido conocer el color global de las galaxias y la influencia del anillo en su estructura general. Todo ello, ha posibilitado realizar un análisis de los escenarios de formación de los anillos, de los tipos morfológicos de las galaxias y de las poblaciones estelares de anillos y galaxias.

SF-PR	nSF-PR	nSF-PR	eR	nR
NGC485	UGC319	UGC319	NGC414	NGC748
UGC421	UGC976	UGC976	NGC718	NGC934
UGC885			UGC800	NGC753
UGC962			UGC432	
			UGC609	
			UGC936	

SF-PR: Anillo polar con formación estelar (Star Forming Polar Ring).
nSF-PR: Anillo polar con posible formación estelar (Star Forming Polar Ring).
eR: Anillo con formación estelar (Star Forming Polar Ring).
nR: Anillo con posible formación estelar (Star Forming Polar Ring).
L: Posible anillo polar circunucleares (Circumgalactic Polar Ring) de difícil caracterización.
C: Sin anillo polar (Star Ring).
L: Posible anillo polar circunucleares (Circumgalactic Polar Ring) de difícil caracterización.
C: Sin anillo polar (Star Ring).
L: Posible anillo polar circunucleares (Circumgalactic Polar Ring) de difícil caracterización.
C: Sin anillo polar (Star Ring).



CARACTERIZACIÓN: En la tabla resumen se contemplan 6 tipos de candidatas a PRG, de las cuales: 6 descartadas como PRG, 3 con morfología compleja, 4 con anillo con formación estelar, 1 con posible anillo de formación estelar y 2 con anillo sin formación estelar (arriba-izquierda).

"POBLACIÓN ESTELAR" DE LAS GALAXIAS: Diagramas Color-Magnitud (fotometría FG) para todas las galaxias. Se ve la relación luminosidad y masa estelar de las galaxias. (arriba-centro).

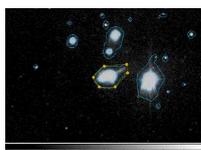
TIPOS MORFOLÓGICOS: Diagrama Color-Color (Fotometría FG) para determinar el tipo morfológico de las galaxias, según Buta et al. 1994 (arriba-derecha).

ESCENARIO DE FORMACIÓN DE LOS ANILLOS: Tabla de magnitudes FG y FA. Si el color de las galaxias se ve contaminado por las propiedades del anillo (FG=FA), indica que es favorable el escenario de fusión y, en caso contrario, el de acreción (derecha).

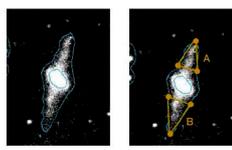
MAGNITUDES E INDICES DE COLOR ESTELAR ANILLO DE LAS GALAXIAS	Band	Value	Range	B-V	V-R
UGC 485	14.70	14.28	15.10	+0.58	+0.52
UGC 708	16.02	16.47	16.40	+0.46	+0.57
UGC 885	14.54	12.96	12.26	+0.58	+0.58
NGC 314	15.06	12.05	11.47	+1.01	+0.57
UGC 476	11.96	11.56	10.66	+0.40	+0.46
UGC 976	12.74	12.37	11.37	+0.37	+0.45
UGC 800	14.92	16.29	14.70	+0.86	+0.93
UGC 962	16.00	14.17	13.61	+1.72	+0.43
UGC 319	14.81	14.56	14.07	+0.25	+0.50
UGC 432	12.22	11.48	10.96	+0.84	+0.63
UGC 609	14.95	14.42	14.16	+0.51	+0.51
UGC 718	10.54	10.44	10.02	+0.10	+0.41
NGC 414	15.37	14.49	13.84	+0.88	+0.54
UGC 753	16.20	15.10	14.60	+1.10	+0.50
UGC 401	14.46	14.51	14.17	+0.35	+0.38
UGC 936	14.48	13.97	13.55	+0.51	+0.51

4. ANÁLISIS FOTOMÉTRICO – BVR

Con el fin de determinar la contribución del anillo en el perfil fotométrico de la galaxia anfitriona, se miden la contribución integrada de la galaxia + anillo (FG) y sólo anillo (FA).



Fotometría FG para UGC 4261. Representación de polígonos con IRAF y DS9. La isotopa externa equivale al doble de la desviación estándar del fondo del cielo.



Fotometría FA para UGC 9796. Fotometría del anillo mediante 2 secciones poligonales A y B.

6. CONCLUSIONES

A partir de esta muestra de 16 galaxias (y a falta de reducir más datos) podemos ofrecer las siguientes conclusiones sobre los resultados:

- En el diagrama Color-Magnitud (C-M), existe una tendencia de las galaxias a agruparse en el "Valle Verde", (parte central del diagrama) debido seguramente a la influencia de los anillos en el color global de las galaxias, las cuales se vuelven más azules.
- Las galaxias nR, eR, nSF-PR se distribuyen hacia la "Secuencia Roja" (parte alta de C-M) y las SF-PR hacia la "Nube Azul" (parte baja de C-M).
- En general, las galaxias más luminosas (más masivas), son más rojas que las más débiles.
- Anillos con formación estelar muestran índices de color con tendencia azul.
- Resultados bastante consistentes con la bibliografía referente a tipos morfológicos (>50%) y a los escenarios de formación de los anillos (>50%).

7. TRABAJO FUTURO

- En un futuro inmediato se seguirá trabajando en los siguientes apartados:
 - Reducción fotométrica en banda ancha BVR de las campañas de observación restantes a las que se añadirán de nuevas.
 - Reducción fotométrica de las candidatas a PRGs en banda estrecha Ha (no realizada hasta la fecha).
 - Estudio paralelo y complementario espectroscópico de campo integral para algunas candidatas.
- Todo este material permitirá confeccionar un catálogo de PRGs con formación estelar en los anillos.