



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE POSGRADO EN ASTROFÍSICA

Instituto de Astronomía

LA FRACCIÓN DE BARRAS EN AMBIENTES BIEN CONTROLADOS: EL
CATÁLOGO DE GALAXIAS AISLADAS: UNAM-KIAS

PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS ASTRONOMÍA

PRESENTA
(HUGO MÉNDEZ HERNÁNDEZ)

TUTORES O TUTOR
DR. HÉCTOR MANUEL HERNÁNDEZ, INSTITUTO DE ASTRONOMÍA
DR. OCTAVIO VALENZUELA TIJERINO, INSTITUTO DE ASTRONOMÍA

MÉXICO, D. F. (MARZO) (2013)

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
Instituto de Astronomía

**La Fracción de Barras en Ambientes
Bien Controlados: El Catálogo de
Galaxias Aisladas UNAM-KIAS**

Hugo Méndez Hernández

Para obtener el grado de
Maestría en Ciencias Astronomía

Tutores:
Octavio Valenzuela Tijerino Hector Manuel Hernandez Toledo

26 de febrero de 2013

Declaración de Autoría

Unidad de Información, Bibliotecas del ICN y del IA

Universidad Nacional Autónoma de México

Circuito Exterior de Ciudad Universitaria

Apartado Postal 70-543

04510, México D.F.

Por medio de la presente Yo: **Hugo Méndez Hernández**. Hago constar que soy titular intelectual de la obra denominada **La Fracción de Barras en Ambientes Bien Controlados: El Catálogo de Galaxias Aisladas UNAM-KIAS** en virtud de lo cual autorizo a la Unidad de Información y Bibliotecas de los Institutos de Ciencias Nucleares y Astronomía a difundir en formato electrónico el contenido de mi trabajo recepcional.

Hugo Méndez Hernández:

Resumen

La presente tesis muestra un análisis detallado para la detección de barras en una muestra de galaxias de disco provenientes del catálogo de galaxias aisladas UNAM-KIAS; utilizando un análisis isofotal, de Fourier y de filtrado de imágenes (*unsharp masking*). Se encontró que los tres análisis son congruentes entre si y arrojan resultados similares, además se encontraron familias de galaxias, en las cuales es difícil detectar la presencia de la misma debido a la presencia de otras estructuras que la enmascaran. Dichas familias fueron clasificadas como *bulbo prominente*, *alineación barra/disco*, *alineación brazos-barra*. Además se propuso un acercamiento grueso a la problemática de la detección de barras englobada en dichos casos, a través de la generación de galaxias sintéticas por medio de pares densidad potencial asumiendo perfiles exponenciales para el disco y el bulbo, perfil de Ferrers para la barra y perfil logarítmico para los brazos. Se ahondo en uno de los casos para verificar como variaciones en la componente de bulbo, enmascaran más o menos la barra, llevando a detecciones más difíciles y errores en las mediciones. Finalmente se encontró una fracción de barras $54\% \pm 5\%$ con una distribución por tipos morfológicos: $7\% \pm 16\%$, $41\% \pm 7\%$ y $52\% \pm 6\%$ para los tipos tempranos (S0-S0a); intermedios (Sa-Sb) y tardíos (Sbc-Irr) respectivamente. Se encontró que las barras están correlacionadas aparentemente con algunas propiedades de galaxia que las aloja (*color, tamaño, magnitud absoluta, concentración, masa estelar*), siendo que barras con longitudes más grandes se alojan en galaxias más grandes, con colores más rojos, de mayor concentración y de masas altas. grandes (kpc) se encuentran en galaxias mas brillantes. Sin embargo, cuando dichas longitudes se normalizan por la longitud de radio de escala del disco h se encontró que las galaxias tempranas con concentraciones más altas, alojan barras más cortas. Se analizó la fracción de barras como función del tipo morfológico, masa estelar, concentración y color, encontrando un comportamiento bimodal en el que se puede observar una disminución de la fracción de barras para galaxias tardías cuando su masa aumenta. Estos resultados, aunado al medio ambiente bien controlado de baja densidad del catalogo UNAM- KIAS, nos llevan a la conclusión que el responsable directo de la presencia/ausencia/debilitamiento de la barra en una galaxia, es la concentración central de masa.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México por haberme brindado la oportunidad de formarme dentro de sus aulas.

A cada uno de los miembros del jurado: José Antonio García Barreto, Héctor Aceves Campos, Ivanio Puerari y Rosa Amelia González por haber revisado el presente trabajo, enriqueciéndolo con cada una de sus aportaciones, a pesar de la premura del tiempo.

A mis dos tutores Héctor y Octavio, por haber aprendido de ellos invaluable lecciones no sólo durante la elaboración de la presente tesis sino a lo largo de todo el programa de posgrado.

Al Instituto de Astronomía, por las facilidades que me fueron otorgadas durante todo el programa de posgrado, y durante la elaboración de la presente tesis.

A mis compañeros y especialmente a Moises, quien ha sido mi compañero de proyecto y ha sido parte importante de cada una de las etapas de esta tesis.

Índice general

Declaración de Autoría	I
Resumen	III
Agradecimientos	IV
Índice de Figuras	VII
Índice de Tablas	VIII
1. Introducción	1
2. La muestra	4
2.1. Criterio de Selección	5
3. Métodos de Análisis	7
3.1. Análisis Isofotal	7
3.2. Análisis de Fourier	10
3.3. Filtrado (<i>Sharp Filtered Imaging</i>)	11
4. Detección de Barras	18
4.1. Casos Difíciles	21
4.1.1. Alineación barra-disco $PA_{bar} \sim PA_{disk}$	21
4.1.2. Bulbo prominente cubriendo una barra	22
4.1.3. Brazos fuertes al final de la barra.	24
4.1.4. Barras internas con $10 \text{ pix} = 4''$	26
4.2. Galaxias Sintéticas	29
4.2.1. Lecciones de la Generación de Galaxias Sintéticas	34
5. Resultados	36
5.1. Fracción de Barras	36
5.2. Propiedades de la muestra de barra.	39
5.2.1. Discusión	44
6. Conclusiones	51

A. Apéndice A

55

Bibliografía

71

Índice de figuras

3.1. Mosaico variación de imágenes filtradas UNAM-KIAS-717 ($\theta = 0^\circ$)	12
3.2. Mosaico variación de imágenes filtradas UNAM-KIAS-717 ($\theta = 45^\circ$)	13
3.3. Mosaico variación de imágenes filtradas UNAM-KIAS-717 ($\theta = 90^\circ$)	14
3.4. Mosaico variación de imágenes filtradas UNAM-KIAS 592	15
3.5. Mosaico variación de imágenes filtradas UNAM-KIAS 96	16
3.6. Mosaico variación de imágenes filtradas UNAM-KIAS 755	17
4.1. Mosaico de imágenes ópticas UNAM-KIAS 592	19
4.2. Perfiles radiales y azimutales de UNAM-KIAS 592	20
4.3. Mosaico de imágenes ópticas UNAM-KIAS 823	22
4.4. Perfiles radiales y azimutales de UNAM-KIAS 823	23
4.5. Mosaico de imágenes ópticas UNAM-KIAS 9	24
4.6. Perfiles radiales y azimutales de UNAM-KIAS 9	25
4.7. Mosaico de imágenes ópticas UNAM-KIAS 451	26
4.8. Perfiles radiales y azimutales de UNAM-KIAS 451	27
4.9. Mosaico de imágenes ópticas UNAM-KIAS 96	28
4.10. Perfiles radiales y azimutales de UNAM-KIAS 96	29
4.11. Mosaico de imágenes ópticas UNAM-KIAS 213	30
4.12. Perfiles radiales y azimutales de UNAM-KIAS 213	31
4.13. Modelaje de UNAM-KIAS 823	32
4.14. Modelaje de UNAM-KIAS 9	32
4.15. Modelaje de UNAM-KIAS 451	33
4.16. Modelaje de diferentes bulbos UNAM-KIAS 823	34
5.1. Distribución morfológica de ϵ y ℓ	40
5.2. Elipticidad (ϵ) y longitud (ℓ) vs $h \log r_{25} g - r M_g C \log M$	49
5.3. Fracción de barras como función $g - r, \log M, C$	50

Índice de tablas

4.1. Resultados de las galaxias sintéticas de UNAM-KIAS 823,9 y 451	33
4.2. Resultados de la variación de diferentes bulbos UNAM-KIAS 823	35
5.1. Distribución Morfológica	38
5.2. Resultados estadísticos por tipo morfológicos: media, mediana y desviación estándar.	44
A.1. Tabla Completa de Resultados Galaxias Barradas	55

A . . .

Capítulo 1

Introducción

Los grandes catastró de galaxias con nueva instrumentación en longitudes de onda desde el ultravioleta *Galaxy Evolution Explorer* (GALEX), óptico *Sloan Digital Sky Survey* (SDSS) [York et al., 2000]; *Hubble Space Telescope* (HST) y los telescopios en tierra de gran embergadura), infarrojo (Spitzer) hasta las longitudes de onda en el radio HI 21cm *Arecibo Legacy Fast Arecibo L-Band Feed Array* (ALFALFA) y las altas energías (Chandra, XMM Newton), así como la siguiente generación de proyectos de catastró del cielo como el *Large Synoptic Survey Telescope* (LSST) [Gawiser et al., 2013] proveerán imágenes más profundas y homogéneas de millones de galaxias, aportando nueva información sobre los discos de las galaxias y como función de la época cosmológica, lo cual estimulará la generación de nuevas ideas en torno a la evaluación morfológica de galaxias, con estudios estadísticos detallados.

El estudio morfológico de las galaxias provee evidencia acerca de los procesos físicos que están detrás de la formación y evolución de las galaxias. Cuando la morfología es evaluada con más detalle y es reconocida la presencia de perturbaciones no axisimétricas en las galaxias de disco, éstas son identificadas como las responsables de la transferencia de momento angular de los discos galácticos, redistribuyendo el gas y las estrellas que habitan en ellos, contribuyendo así a la evolución secular de las mismas (e.g., Friedli & Martinet [1993], Athanassoula [2003]).

Los discos de las galaxias de disco contienen una fracción sustancial de su materia bariónica y momento angular, y mucha de la actividad evolutiva en estas galaxias; es decir, la formación estelar, el desarrollo y evolución de brazos, estructuras de barra, anillos, alabeos (*warps*) y truncaciones en las partes externas y las diversas manifestaciones de la evolución secular, todas se llevan a cabo en los discos. La formación y evolución de los discos galácticos es particularmente importante para entender como se forman y evolucionan las galaxias y las causas de la gran variedad con la que se nos presentan.

El legado de estos grandes catastros del cielo como en el caso del SDSS, puede ser apreciado actualmente en diferentes áreas de la Astrofísica, desde aplicaciones computacionales versátiles para poder procesar de manera detallada gran cantidad de datos hasta la manera en la que muestras de objetos astrofísicos bien definidas pueden ser localizadas y seleccionadas para necesidades muy específicas. Investigaciones recientes han realizado un gran esfuerzo para estimar la frecuencia de componentes estructurales en galaxias en muestras locales [Simard et al. \[2011\]](#), otras más con especial énfasis en detectar y caracterizar barras en discos galácticos [[Masters et al., 2011](#)].

El concepto de población de galaxias de *campo* para distinguirlas de aquellas localizadas en los cúmulos de galaxias, ha existido desde los primeros días de la astronomía extragaláctica [[Hubble, 1936](#)]. La tendencia de las galaxias a localizarse en agregaciones de sistemas múltiples y cúmulos en la estructura a gran escala del universo, es aparente, pues mientras que los *campos* verdaderos, como el continuo de galaxias de baja densidad subyacente a los cúmulos de galaxias, no existen en realidad, puede decirse que un campo grumoso de grupos abiertos de galaxias ocupa una región del espacio afuera de los cúmulos y huecos. Catálogos construidos con un criterio de aislamiento como el del catálogo de galaxias aisladas UNAM-KIAS, seleccionan objetos principalmente de este medio ambiente, donde encuentros galaxia-galaxia de alta velocidad son raros en este medio ambiente, de ahí entonces, la designación al catálogo UNAM-KIAS como un catálogo de población de galaxias aisladas.

La presente tesis es una contribución a la investigación de la detección detallada de estructuras de barra en discos galácticos, sin embargo contrariamente a lo sucedido en estudios previos, se utilizó una muestra de galaxias que ha sido seleccionada para incluir galaxias en medios ambientes muy aislados. El catálogo de galaxias aisladas UNAM-KIAS, fue construido a través de un criterio de selección (3D) aplicado a la versión 5 del SDSS (SDSS-DR5), el cual captura galaxias con un amplio rango de tipos morfológicos y luminosidades y que, es estadísticamente completo hasta 15.2 magnitudes en la banda r . Esta muestra intenta proveer una representación adecuada y estadísticamente completa de la población de galaxias locales sobre un rango en magnitudes absolutas en la banda g entre $16 < g < 23$ magnitudes [[Rodríguez-Puebla et al., 2013](#)], lo suficientemente cercanas que permita un análisis de las imágenes para la detección de barras.

En la primera parte de este estudio se utilizaron imágenes ópticas en las bandas g, i del SDSS para producir perfiles radiales unidimensionales (1D) de brillo superficial y parámetros geométricos (ϵ , $P.A.$). Se analizó la variación radial de la elipticidad y el ángulo de posición para identificar barras y cuantificar su longitud y elipricidad (e.g., [Laine et al. \[2002\]](#), [Erwin \[2005\]](#), [Menéndez-Delmestre et al. \[2007\]](#)). Simultáneamente, se usó un tratamiento complementario en las mismas imágenes ópticas en la banda

i mejor conocida como *Sharp filtered images*, el cuál es una versión modificada de la técnica (*unsharp masking*), que permite confirmar o no la presencia de estas estructuras, de donde se identificaron tres conjuntos de galaxias i) barradas, ii) no barradas iii) galaxias clasificadas como barradas, pero que su identificación con las imágenes y los perfiles radiales no fuera clara. A este último conjunto de galaxias, adicionalmente a los dos análisis previos, se le implemento una descomposición de Fourier de la densidad superficial en las mismas bandas ópticas g, i [Rix & Zaritsky, 1995, Zaritsky & Rix, 1997] como un método alternativo para identificar perturbaciones no axisimétricas de la distribución de luz, y así confirmar o no la presencia de la barra.

La presente tesis está estructurada de la siguiente manera: el capítulo 2 resume el criterio de selección utilizado en la construcción del catalogo de galaxias aisladas UNAM-KIAS, el capítulo 3 describe los procedimientos utilizados para: i) el análisis de las imágenes en las bandas ópticas g, i para estimar los perfiles radiales unidimensionales (1D) de brillo superficial y parámetros geométricos, (ii) descomponer las imágenes de densidad superficial en contribuciones de los modos (m) de Fourier y (iii) filtrado de imágenes. El capítulo 4 presenta los resultados obtenidos tras aplicar los análisis antes mencionados, mientras que el capítulo 5 presenta una discusión de los resultados obtenidos (fracción de barras detectada y propiedades básicas (longitud (ℓ) y elipticidad (ϵ)), una descripción general de las propiedades que guarda la muestra de galaxias barradas estudiada y finalmente un análisis sobre la dependencia de la fracción de barras como función de algunas propiedades de las galaxias que las alojan como color ($g - r$), masa (M), concentración (C), magnitud absoluta (M_g) para finalmente presentar un resumen de los principales resultados y conclusiones en el capítulo 6.

Capítulo 2

La muestra

Para la construcción del catálogo de galaxias aisladas UNAM-KIAS [Hernández-Toledo et al., 2010], se utilizó una muestra de galaxias a gran escala obtenida del *DR4-plus* obtenido del catálogo New York University Value- Added Galaxy Catalog (NYUVAGC) [Blanton et al., 2005], el cual es similar al la quinta versión del SDSS (SDSS- DR5) [Adelman-McCarthy et al., 2007]. De este catálogo, se seleccionaron galaxias con magnitudes en la banda r en los intervalos $14.5 \leq r_{Pet} \leq 17.6$, no se utilizaron galaxias provenientes de la banda galáctica del sur, debido a la poca cobertura angular que tiene el catálogo en esas latitudes. El catálogo cubre una región de 4464 deg^2 , el cual contiene 312, 338 galaxias. Aproximadamente el 6% de ellas carece de mediciones de corrimiento al rojo (z) debido a colisiones en las fibras, las cuales tienen asignado el corrimiento al rojo del vecino más cercano.

Las galaxias aisladas que forman parte de nuestro catálogo están restringidas a aquellas a las cuales existen mediciones de corrimiento al rojo (z). Esta muestra inicial tiene un rango de magnitudes de tan solo 3.1 magnitudes, el cual limita significativamente el número de candidatos a ser galaxias aisladas. Para extender el rango de magnitudes, se intentó incluir galaxias brillantes con magnitudes en la banda r menores a 14.5 magnitudes. Sin embargo, la muestra espectroscópica de galaxias provenientes del SDSS no es completa para galaxias con magnitudes en la banda r_{Pet} menores a 14.5 magnitudes. Por tanto se hizo una búsqueda en la literatura de los corrimientos al rojo de las galaxias más brillantes sin espectro del SDSS, para aumentar la completés espectroscópica. Se añadieron 5195 galaxias brillantes al catálogo dentro de los límites del mismo a la muestra inicial Choi et al. [2007]. En total, la muestra final consiste de 317,533 galaxias con corrimiento al rojo y fotometría *ugriz* conocidas.

2.1. Criterio de Selección

El criterio de aislamiento está definido con base en tres parámetros: 1) la diferencia en magnitudes aparentes de Petrosian en la banda (r_{Pet}), es decir la diferencia entre un candidato a galaxia y cualquier otra galaxia vecina, (Δm_r); 2) la separación proyectada de la galaxia vecina a través de la línea de visión, Δd ; y 3) la diferencia en velocidades radiales, ΔV . Suponiendo una galaxia i que tiene una magnitud $m_{r,i}$ y un radio de Petrosian R_i en la banda i ; se considera aislada a una galaxia con respecto a posibles perturbadores, si la separación Δd entre esta galaxias i y una galaxia vecina j con una magnitud $m_{r,j}$ y un radio R_j satisfacen las siguientes condiciones para todas las galaxias vecinas:

$$\Delta d \geq 100 \times R_j \quad (2.1)$$

o

$$\Delta V \geq 1000 \text{ km s}^{-1} \quad (2.2)$$

o las condiciones

$$\Delta d < 100 \times R_j \quad (2.3)$$

$$\Delta V < 1000 \text{ km s}^{-1} \quad (2.4)$$

$$m_{r,j} \geq m_{r,i} + \Delta m_r \quad (2.5)$$

Donde, R_j es el radio de Petrosian de la galaxia j medido en la banda i corregido por efectos de *seeing*, utilizando aperturas elípticas para considerar el aplanamiento o inclinamiento de las galaxias [Choi et al., 2007]. Además se eligió $\Delta m_r = 2.5$, utilizando este criterio, se encontraron un total de 1548 galaxias candidatas. También se removieron objetos espurios debido a un pobre desdoblamiento (*deblending*) de las imágenes, estrellas brillantes dentro del área de la galaxia, imágenes con fuertes patrones de difracción, y la presencia de luz difusa de otras fuentes. Finalmente se removieron galaxias más débiles que $m_r = 15.2$ para tener una mayor confianza de las galaxias miembro de nuestra muestra, debido a que se debe cumplir $\Delta m_r = 2.5$ para galaxias en la muestra inicial definida por el límite en magnitud $m_r = 17.6$. Por tanto, el número final de galaxias aisladas que conforman el catalogo UNAM-KIAS es 1520.

La muestra final de galaxias que fueron utilizadas para el presente estudio está compuesta por imágenes en la bandas g, i de la muestra de galaxias de disco (S0-Irr=80%) del

catálogo de galaxias aisladas UNAM-KIAS, de las cuales fueron removidas galaxias altamente inclinadas ($i > 65^\circ$, $b/a > 0.54$)¹ y aquellos casos particulares cuya morfología no pudo ser determinada con precisión [Hernández-Toledo et al., 2010]. La muestra final utilizada en el presente estudio consiste de un total de 1090 galaxias de disco.

$$\cos i = \sqrt{\frac{1 - \epsilon^2 - q_0^2}{1 - q_0^2}}, \quad q_0^2 = 0.2 \quad (2.6)$$

¹Cálculo utilizando la expresion 2.6 Hubble [1926], Holmberg [1958]

Capítulo 3

Métodos de Análisis

En esta sección se discuten los tres diferentes métodos de análisis *isofotal*, *Fourier*, *sharp-filtered imaging* utilizados en nuestra muestra de galaxias de disco, como se utilizaron para la detección de barras, y como se midieron sus propiedades.

3.1. Análisis Isofotal

Ellipse es una rutina implementada por Jedrzejewski [1987] disponible a través de la paquetería IRAF ¹, el cuál ha sido ampliamente utilizado para para ajustar isofotas del brillo superficial de las galaxias, y determinar los parámetros geométricos: ángulo deposición (*P.A.*) y elipticidad (ϵ) de las isofotas ajustadas.

El ajuste fue realizado en imágenes limpias, con el cielo restado en las bandas *g*, *i*, donde se removieron estrellas y las cuales fueron reemplazadas con el valor medio del cielo utilizando aperturas circulares, sin embargo cabe señalar que los perfiles de brillo superficial en la banda *g* están constreñidos para tener los mismos parámetros geométricos determinados en la banda *i*, para garantizar estimaciones homogéneas en los perfiles de color e índices de color.

En las imágenes de galaxias regulares, el centro de las isofotas ajustadas (X_c, Y_c) del mejor ajuste obtenido usualmente convergen a valores bien definidos, con $rms \sim 0.015$. Sin embargo, en galaxias con regiones nucleares con polvo, el mejor ajuste central isofotal puede resultar en divergencias de los ajustes en el centro de la galaxia. En estos casos, un mejor estimador del centro proviene de isofotas a radios intermedios ($r \sim 10 - 20 \text{ pix}$),

¹Image Reduction Facility Anaysis, IRAF es distribuido por el Observatorio Astronómico Óptico Nacional (NOAO), el cual es operado la Asociación de Universidades para la Investigación en Astronomía (AURA), bajo colaboración de la NSF

lo suficientemente lejanos para que el polvo de la región central no perturbe el ajuste pero, lo suficientemente cercano al núcleo para dar medidas confiables de su posición.

La longitud del semi-eje mayor máximo (sma_{max}) del cual *ellipse* fue inicializado y ejecutado decreciendo en el radio en cada paso sucesivo por un factor de 1 *pixel* hasta que el centro de la galaxia es alcanzado, fue determinando por el radio al cual la intensidad de las isofotas alcanza el nivel de fondo del cielo. Este semi-eje mayor máximo depende directamente en la profundidad de las imágenes, siendo mayor en imágenes más profundas.

Siguiendo los procedimientos implementados por [Noordermeer & van der Hulst \[2007\]](#) se determinan los parámetros geométricos de la galaxia, estimando primero el centro (X_c, Y_c) de la galaxia, para ello, se ajustan elipses en la banda i con el centro, el ángulo de posición ($P.A.$) y la elipticidad (ϵ) como parámetros libres. Se utilizan los ajustes de las imágenes en la banda i como referencia estándar debido a su buena relación de en relación a su extinción por polvo y estrellas jóvenes.

A continuación, se fija el centro de la galaxia (X_c, Y_c) previamente determinado y se ejecuta *ellipse* de nueva cuenta, permitiendo que la elipticidad ϵ y el ángulo de posición ($P.A.$) sean parámetros libres con el fin de determinar los valores característicos de elipticidad (ϵ) y ángulo de posición ($P.A.$) de la galaxia basados en el mejor ajuste isofotal. Típicamente se toman los valores medios de estos parámetros en la región externa de la galaxia, donde la intensidad es aproximadamente 1σ por arriba del valor del cielo como valores característicos, y utilizamos sus desviaciones estándar en esa región como los errores asociados. Estos parámetros usualmente convergen a un valor constante dentro de esta región externa, con variaciones de 0.004 para la elipticidad (ϵ) y 2 para el ángulo de posición ($P.A.$).

Se eligieron valores iniciales para la elipticidad y ángulo de posición entre $0 < \epsilon < 1$ y entre $-90^\circ < P.A. < 90^\circ$ respectivamente, utilizando el semi-eje mayor máximo (sma_{max}) previamente determinado, manteniendo el centro (X_c, Y_c) de la galaxia fija para cada uno de los semi- ejes mayores consecuentes. Cada galaxia fue ajustada hasta cinco veces en promedio hasta que un buen ajuste se logró a desde del semi-eje mayor máximo (sma_{max}) al centro de la galaxia (X_c, Y_c), tomando cuidado en estructuras localizadas en la region interna de la galaxia que pudieran llevar a ajustes erróneos como lo son estrellas, rayos cósmicos, pixeles malos, huellas de satélites o cualquier otra estructura que pudiera llevar a un error en el ajuste o que pudiera imitar estructuras alargadas.

La bondad de cada ajuste está caracterizado por los residuales, medido por los primeros cinco amplitudes armónicas $(1 - A_0), A_1, B_1, A_1$ y B_2 , sí la elipse tiene un buen ajuste isofotal, sus valores deben ser cero, si cualquiera de estos valores se acerca a 0.1 entonces

existe un error en el ajuste, más particularmente valores no negativos de A_1, B_1 están relacionados con el centro de las galaxias (X_c, Y_c), valores no negativos de A_2, B_2 y A_4 con errores en el ángulo de posición ($P.A.$), elipticidad (ϵ) y parámetro de forma, respectivamente. Amplitudes de los armónicos mayores dan desviaciones sistemáticas de la elipticidad relacionadas con la forma de las isofotas, mientras que A_3 están relacionadas con una forma de *huevo* en las isofotas, B_3 está relacionado con una forma de *corazón* de las isofotas.

El término B_4 ($\cos 4\theta$) mide distorsiones simétricas de la elipticidad; es decir $B_4 = 0$ está relacionado con la forma de la isofota como una elipse perfecta, $B_4 < 0$ está relacionado con isofotas en forma de *caja* (*boxy*), mientras que si $B_4 > 0$ las isofotas tienen forma de *disco* (*disky*). Sin embargo este término puede ser producido por estructuras alargadas como discos, anillos estelares, y por lo cual no puede ser utilizado como una prueba irrefutable de la presencia de una barra y sólo puede ser utilizado en algunos casos.

Además, se debe tener cuidado en los efectos producidos por la *pixelización*, pues los ajustes isofotales pueden estar afectados por el límite de resolución de las imágenes y efectos atmosféricos (*seeing*), además de que ajustes en radios menores a 5 píxeles están distorsionados por errores intrínsecos de la rutina *ellipse*; pudiendo generar todo lo anterior isofotas más redondas en el centro. Mayores detalles de la rutina *ellipse* pueden ser encontrados en: Rauscher [1995], Athanassoula et al. [1990], Jedrzejewski [1987], Carter [1978].

De los ajustes isofotales finales de cada galaxia, se generaron perfiles radiales de brillo superficial, elipticidad, ángulo de posición y el cuarto término armónico B_4 , (ver fig. 4.2, panel izquierdo) utilizados para el análisis en la detección de barras. Los criterios para saber si una galaxia posee una barra están bien establecidos, si el perfil de elipticidad muestra un aumento significativo alcanzado un máximo local o global, seguido de un decremento en el mismo, al mismo tiempo de un comportamiento constante en el perfil radial del ángulo de posición.

Para casos muy bien comportados de adoptaron los siguientes valores: $\Delta\epsilon \geq 0.08$ para el incremento en la elipticidad, y ($\Delta PA \leq 20^\circ$ para el rango en el cual el ángulo de posición puede variar. Estos valores maximizan la detección de barras y minimizan detecciones espurias [Aguerre et al., 2009]. Sin embargo dependiendo de la orientación de la barra con respecto al disco, así como la inclinación del mismo, estas condiciones pueden relajarse si los otros métodos complementarios muestran evidencia de la presencia de la barra.

3.2. Análisis de Fourier

El análisis de Fourier ofrece un método independiente para identificar estructuras barradas y cuantificar sus propiedades. [Aguerri et al. \[2009\]](#) llevo a cabo un estudio de detección de barras en una muestra de galaxias de disco pertenecientes al SDSS-DR5 en la banda r utilizando el método de análisis isofotal y el método de Fourier utilizado en las mismas isofotas generadas [[Ohta et al., 1990](#), [Elmegreen & Elmegreen, 1985](#)] concluyendo que el método de Fourier es en general menos eficiente para detectar barras (ver [4.1](#)).

En el presente trabajo de tesis, se implementó una versión diferente del análisis de Fourier utilizado para detectar barras, calculando el promedio azimutal de las amplitudes (A_0 , A_1) y A_2) asociadas a los modos ($m = 0, 1, 2$), siguiendo el análisis descrito por [Rix & Zaritsky \[1995\]](#). La distribución $\mu(R, \varphi)$ en series de Fourier, puede ser expresada como:

$$\mu(R, \varphi) / \langle \mu(R) \rangle = \sum_{m=1}^{\infty} A_m(R) e^{im[\varphi - \varphi_m(R)]} \quad (3.1)$$

donde φ denota el ángulo azimutal, m es el número de onda azimutal y A_m , $\varphi(m)$ son la amplitud y fase asociados respectivamente. El brillo superficial medio a un radio r está dado por $\langle \mu(R) \rangle$. Cada una de las imágenes en las bandas g, i fueron agrupadas en una malla (R, φ) , utilizando típicamente 30 divisiones radiales y 24 divisiones azimutales, lo suficientemente buenas en una buena parte de los casos de nuestra muestra (cubriendo de dos a tres a radios de escala en la mayoría de los caso). Sin embargo hay casos donde el muestreo tuvo que se modificado para ganar sensibilidad, especialmente en aquellos casos de galaxias pequeñas.

Las barras están usualmente asociadas al primer máximo local en el perfil de amplitud (A_2) del segundo momento. Máximos subsecuentes en dicho perfil, son trazadores de brazos espirales y anillos, sin embargo en dichos casos la fase asociada varia con el radio, de hecho los brazos espirales siempre producen fases que varían radialmente, y por tanto pueden distinguirse fácilmente de la región de la barra.

Hay que hacer notar que en el caso de barras pequeñas en las regiones centrales de las galaxias. el numero de anillos utilizado en el análisis de Fourier pudiera llevar a malas detecciones de barras, por lo que el número de anillos en esos casos tuvo que ser modificado analizando dichas galaxias con un mayor número de anillos para así poder detectar aquellas barras en radios menores a 10 pixeles (ver [4.1](#)).

Una discusión más detallada del análisis de Fourier puede ser encontrada en: [Rix & Zaritsky \[1995\]](#)

3.3. Filtraje (*Sharp Filtered Imaging*)

La técnica de filtrado de imágenes *sharp filtered* es una variante de la ya conocida técnica de filtrado de imágenes *unsharp masking* [[Malin & Zealey, 1979](#)] que es utilizada para realzar y contrastar detalles específicos en objetos astronómicos. Es sensible a detalles de baja amplitud y variaciones en brillo de baja escala, y ha sido demostrado que es un método confiable para desenmascarar estructuras no visibles [[Barazza et al., 2002](#)]. Ha sido utilizada para buscar estructuras internas relacionadas con *mergers* en galaxias elípticas [[Schweizer & Ford, 1985](#)]; investigar huellas de polvo en cúmulos globulares [[Mendez et al., 1989](#)]; realzar estructuras barradas [[Buta & Crocker, 1993](#)]; distinguir entre barras y anillos que pudieran tener parámetros geométricos similares producto de un análisis isofotal [[Erwin & Sparke, 2003](#)]; identificar estructuras no-axisimétricas (*barras, brazos, discos*) [[Barazza et al., 2002](#)]; buscar estructuras morfológicas (*shells, ripples, tails*) en las regiones externas de galaxias elípticas que pudieran evidenciar la evolución de galaxias tempranas en [[Colbert et al., 2001](#)]; buscar estructuras embebidas (*barras, discos, brazos espirales, anillos*) en galaxias enanas tempranas [[Chilingarian et al., 2008](#)]; buscar estructuras en discos galácticos (*brazos espirales, barras, discos de canto*) de galaxias enanas [[Lisker et al., 2006](#)]; estructuras de marea que evidencien interacciones gravitacionales en sistemas triples de galaxias aislados (*e.g. colas de marea, puentes, extensiones, anillos polares, ripples*) [[Hernández-Toledo et al., 2011](#)] y más recientemente buscar barras en galaxias enanas en el Cúmulo de Coma [[Marinova et al., 2012](#)].

La técnica conlleva la convolución de las imágenes ópticas a través de una función (típicamente gaussiana), para generar una versión suavizada de la imagen original. seguida por una resta o división (como es nuestro caso) a la imagen original, para así obtener una imagen final mejor conocida como *sharp filtered image*.

Se generaron imágenes filtradas a través de una convolución circular gaussiana, implementada con la rutina *gauss* implementada y disponible en el software de reducción de imágenes IRAF. El suavizamiento puede ser controlado a través del ancho (σ) de la gaussiana ($fwhm = 2.354\sigma$), y debe tomarse cuidado en la elección del tamaño utilizado para el suavizamiento, pues dependiendo de la escala espacial de las estructuras a realzar se deberá escoger apropiadamente el tamaño. Valores pequeños de σ realzan pequeñas

estructuras (estructuras delgadas: *shells*, *barras internas*, *brazos internos*, *colas*) mientras que valores grandes de σ realzan estructuras grandes (estructuras gruesas: *barras de gran escala*, *brazos*).

Debido que se ignora el tamaño de las barras embebidas en las galaxias, así como el tamaño de las galaxias, se generaron sistemáticamente imágenes filtradas con varios tamaños de suavizamiento, convolucionando las imágenes en la banda i con funciones gaussianas circulares con tamaños: $\sigma = 2, 5, 7, 10$ pixeles equivalentes a $0''.8, 2'', 2''.8, 4''$ respectivamente. Adicionalmente para revisar posibles sesgos en la detección de barras espurias y barras no identificadas se generaron las mismas imágenes filtradas, se utilizaron funciones elípticas gaussianas para hacer el suavizamiento y la convolución final variando el cociente entre ejes y y x con valores cercanos al circular (0.8), medio (0.5), y elongado (0.2); el ángulo de orientación de la función (θ medido en relación a la estructura de barra ($0^\circ, 45^\circ$ y 90°)) con los mismos tamaños de suavizamiento para el ancho de la gaussiana utilizados previamente $\sigma = 2, 5, 7, 10$ pixeles equivalentes a $0''.8, 2'', 2''.8$ y $4''$ respectivamente.

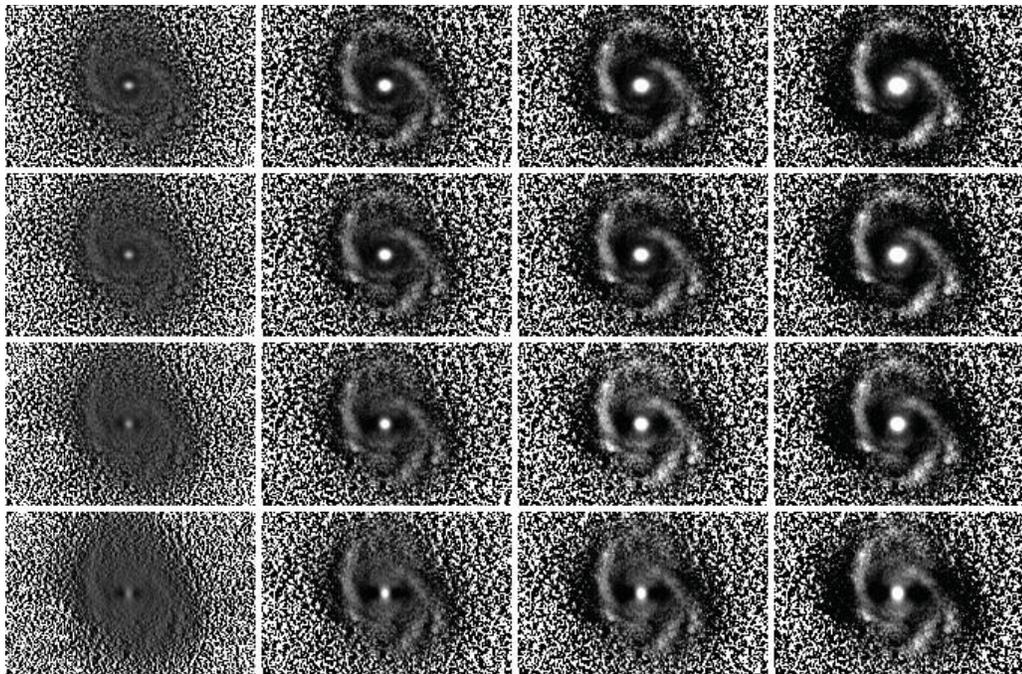
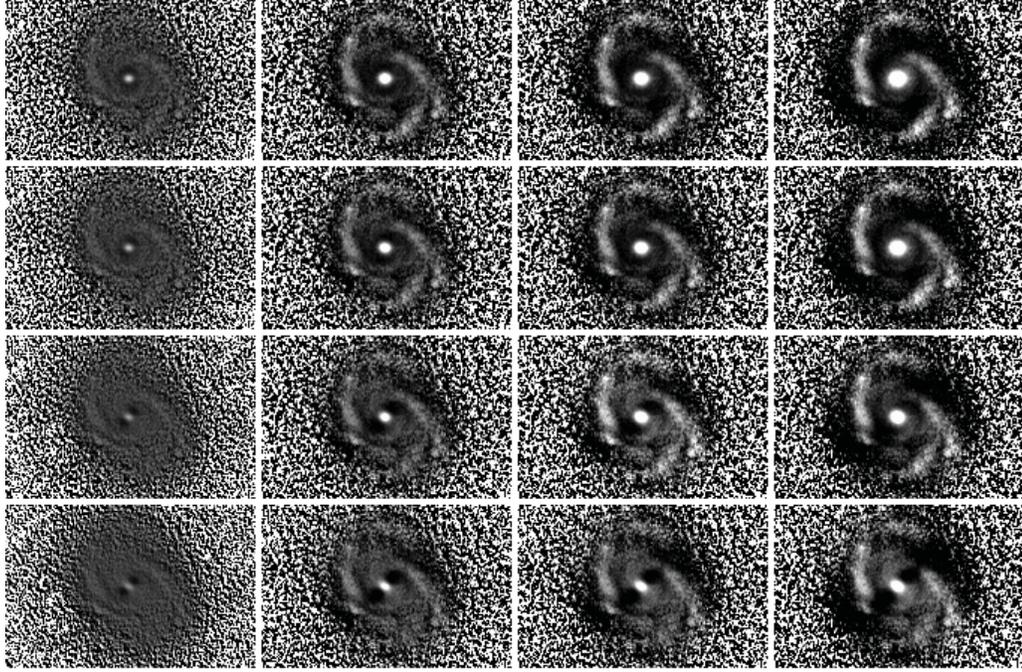


FIGURA 3.1: Mosaico de imágenes filtradas *Unsharp Masking* UNAM-KIAS -717 ($\theta = 0^\circ$). La primera fila corresponde a una función gaussiana circular, la segunda, tercera y cuarta fila corresponden a una función gaussiana elíptica con cociente de semi-ejes $y/x = 0.8, 0.5, 0.2$, mientras que la columnas 1,2,3, y 4 corresponden al ancho de la función gaussiana con valores $\sigma = 2, 5, 7, 10$ respectivamente.

Para el caso de una galaxia no barrada en el que los análisis previos (*isofotas*, *imágenes*, *Fourier*) no muestran evidencia de la presencia de barra, no se encontraron errores en la no detección de estructuras barradas (ver figs 3.1 ??, 3.3).

FIGURA 3.2: Mosaico de imágenes filtradas *Unsharp Masking* UNAM-KIAS 717 ($\theta = 45^\circ$) La primera fila corresponde a una función gaussiana circular, la segunda, tercera y cuarta fila corresponden a una función gaussiana elíptica con cociente de semi-ejes $y/x = 0.8, 0.5, 0.2$, mientras que la columnas 1,2,3, y 4 corresponden al ancho de la función gaussiana con valores $\sigma = 2, 5, 7, 10$ respectivamente.



Por otro lado se encontró para el caso de una galaxia barrada, que cuando la función elíptica gaussiana está alineada con la barra ($\theta = 0^\circ$) la barra desaparece por completo como era de esperarse, sin embargo cuando cuando ($\theta = 45^\circ, 90^\circ$) el realzamiento de la barra en las imágenes es similar a las imágenes obtenidas utilizando gaussianas circulares (ver fig 3.4) no dando lugar a sesgos por detecciones espurias. De hecho, se encontró que estas variaciones en los parámetros de la función gaussiana son de gran utilidad, cuando estás son iguales a los parámetros geométricos de la barra ($\theta = P.A._{bar} + 90^\circ$, $y/x \sim \epsilon_{bar}$), y para aquellos casos de barras localizadas en límite inferior establecido ($r_{max} \sim 5 \pi x$) delineando perfectamente las barras, no dejando lugar a dudas de su presencia (ver figura 3.5).

Por último para verificar que no hubiera sesgos en la detección de barras por un inadecuado filtraje de las imágenes, se generó un filtraje con una función elíptica gaussiana cuyos parámetros fueran iguales a los parámetros geométricos representativos del disco externo de la galaxia ($\theta = P.A._{glx}$, $y/x = \epsilon_{glx}$). [Lisker et al., 2006] notó que una buena forma de detectar barras embebidas en la región central es a través de aplicar un filtraje como el descrito previamente, notando que una mala elección de los parámetros de la función elíptica puede generar estructura espurias a lo largo del eje menor x , generando

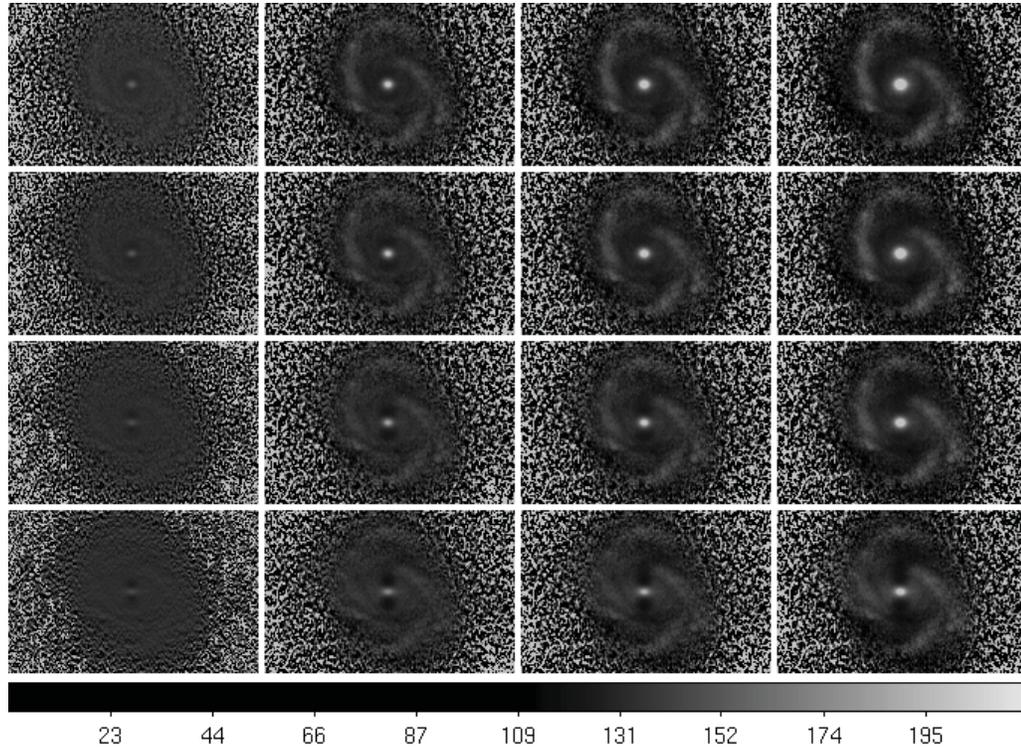


FIGURA 3.3: Mosaico de imágenes filtradas *Unsharp Masking* UNAM-KIAS 717 ($P.A. = 90^\circ$). La primera fila corresponde a una función gaussiana circular, la segunda, tercera y cuarta fila corresponden a una función gaussiana elíptica con cociente de semi-ejes $y/x = 0.8, 0.5, 0.2$, mientras que la columnas 1,2,3, y 4 corresponden al ancho de la función gaussiana con valores $\sigma = 2, 5, 7, 10$ respectivamente.

un filtraje circular como referencia para verificar que dicha estructura sea real y no generar así detecciones espurias. La figura 3.6, ejemplifica el caso anterior, mostrando que no se encontraron sesgos en la detección de barras que no fueran detectadas debidas a un mal filtraje.

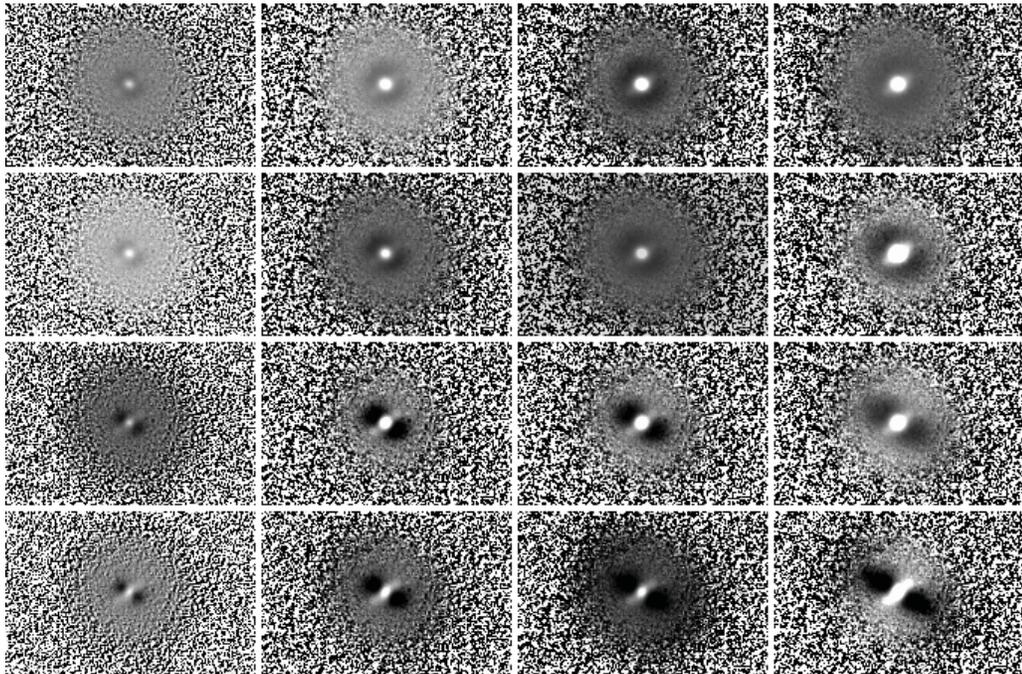


FIGURA 3.4: Mosaico de imágenes filtradas *Unsharp Masking* UNAM-KIAS 592. La primera fila corresponde a una función gaussiana circular, la segunda, tercera y cuarta fila corresponden a una función gaussiana elíptica con cociente de semi-ejes $y/x = 0.8, 0.5, 0.2$, mientras que la columnas 1,2,3, y 4 corresponden al ancho de la función gaussiana con valores $\sigma = 2, 5, 7, 10$ respectivamente.

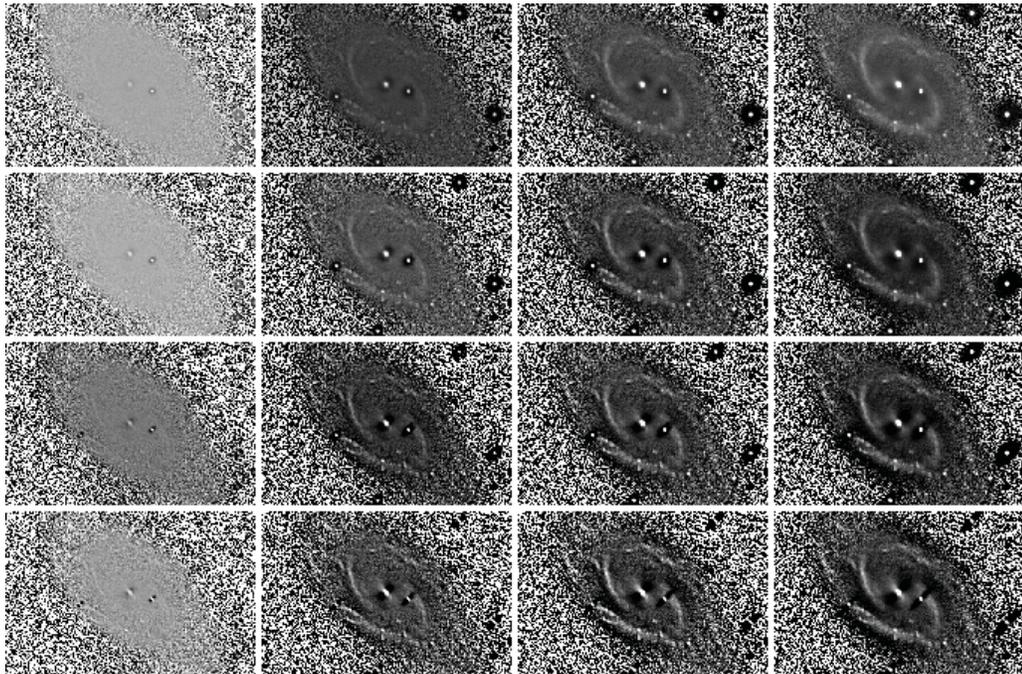


FIGURA 3.5: Mosaico de imágenes filtradas *Unsharp Masking* UNAM-KIAS 96. La primera fila corresponde a una función gaussiana circular, la segunda, tercera y cuarta fila corresponden a una función gaussiana elíptica con cociente de semi-ejes $y/x = 0.8, 0.5, 0.2$, mientras que la columnas 1,2,3, y 4 corresponden al ancho de la función gaussiana con valores $\sigma = 2, 5, 7, 10$ respectivamente.

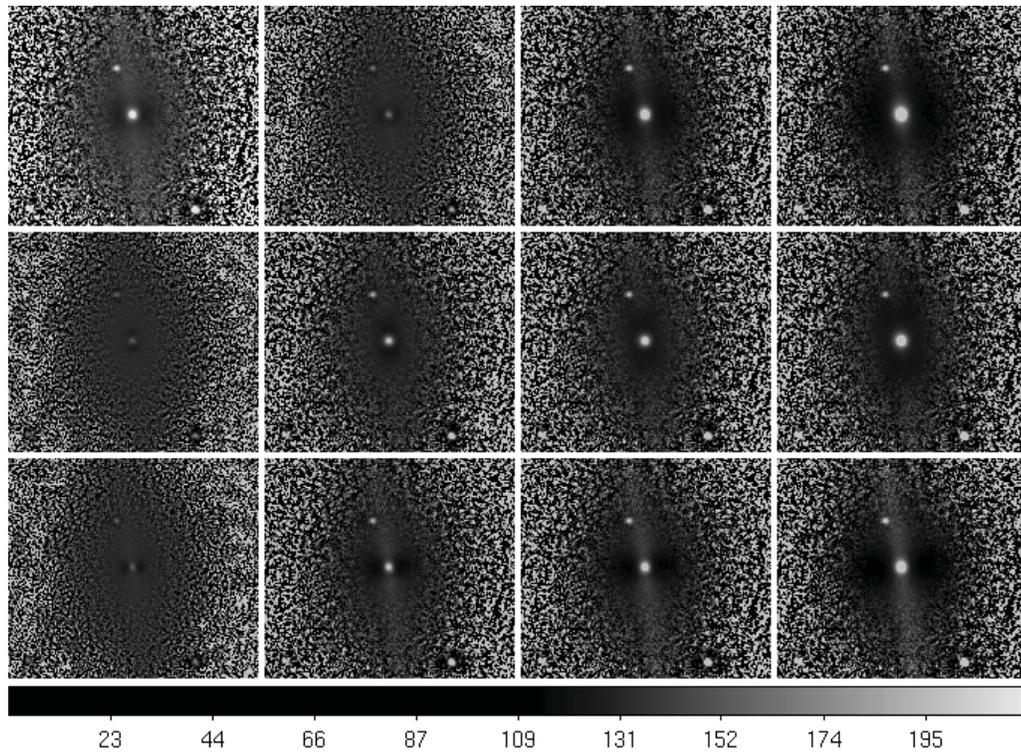


FIGURA 3.6: Mosaico de imágenes filtradas *Unsharp Masking* UNAM-KIAS 755. La primera fila corresponde a una función gaussiana circular, la segunda, tercera y cuarta fila corresponden a una función gaussiana elíptica con cociente de semi-ejes $y/x = 0.57$ y orientación del filtro gaussiano con respecto a la orientación de la galaxia, $\theta = 0, 90^\circ$, mientras que la columnas 1,2,3, y 4 corresponden al ancho de la función gaussiana con valores $\sigma = 2, 5, 7, 10$ respectivamente.

Capítulo 4

Detección de Barras

La estrategia seguida para la detección de barra toma en cuenta la experiencia reportada por trabajos previos y fue diseñada para usar nuestros tres métodos de análisis gradualmente y no al mismo tiempo. Cuando los perfiles radiales de los parámetros geométricos de cada una de las galaxias fueron obtenidos, se hizo una detección automática por medio de la implementación de un código que reconoce la huella característica de una barra (ver sec 3.1) utilizando el criterio establecido por [Aguerri et al. \[2009\]](#) ($\Delta PA \geq 20^\circ$ $\Delta \epsilon_{max} \geq 0.2$).

Una detección limpia por medio del análisis isofotal es aquella en la que existe un contraste en la elipticidad proyectada ($\Delta \epsilon_{max}$) mayor a 0.2, con un perfil del ángulo de posición que es constante y al que se le permite tener una variación $\Delta PA \leq 20^\circ$. Se identificaron un subconjunto de galaxias con parámetros geométricos con las características típicas de la huella de una barra muy cercanas a la detección óptima, las cuales además no presentan polvo, regiones de formación estelar, ni efectos de proyección en sus imágenes correspondientes que pudieran llevar a malas identificaciones. En una segunda iteración, se revisó que las imágenes filtradas fueran consistentes con las detecciones previas.

En primera instancia clasificamos a una barra como aparente (AB), bajo dos circunstancias:

- Cuando los perfiles isofotales no mostraran resultados contundentes a pesar de que las imágenes filtradas pudieran evidenciar la presencia de la barra. En estos casos, se estimaron los perfiles azimutales por medio del análisis de Fourier, para así obtener una detección independiente.
- Cuando los perfiles isofotales muestran una detección marginal dentro con una ubicación radial de $5 \leq r_{\epsilon_{max}} < 10$ y además no muestran la huella característica

(ϵ_{max}) de la presencia de una barra (ver sec 4.1, UNAM-KIAS 451 para detalles en la determinación del radio al cual se observa el máximo en elipticidad (ϵ_{max}). Al igual que en el caso anterior se estimaron perfiles azimutales por medio del análisis de Fourier, para así obtener una detección independiente.

Sólo se incluyeron detecciones con localización radial $r_{\epsilon_{max}} \geq 5 \text{ pix}$ debido a distorsiones en las elipses ajustadas ($sma < 5 \text{ pix}$ [Jedrzejewski, 1987]) y efectos atmosféricos cuyo *seeing* típico es $\sim 1''.8 \sim 5 \text{ pix}$ en la banda i — para las imágenes provenientes del SDSS images.

Se clasificó una galaxia como no barrada cuando el algoritmo no reconoce la huella característica de una barra ni el procesamiento de las imágenes en la banda i muestra evidencia de la presencia de la misma.

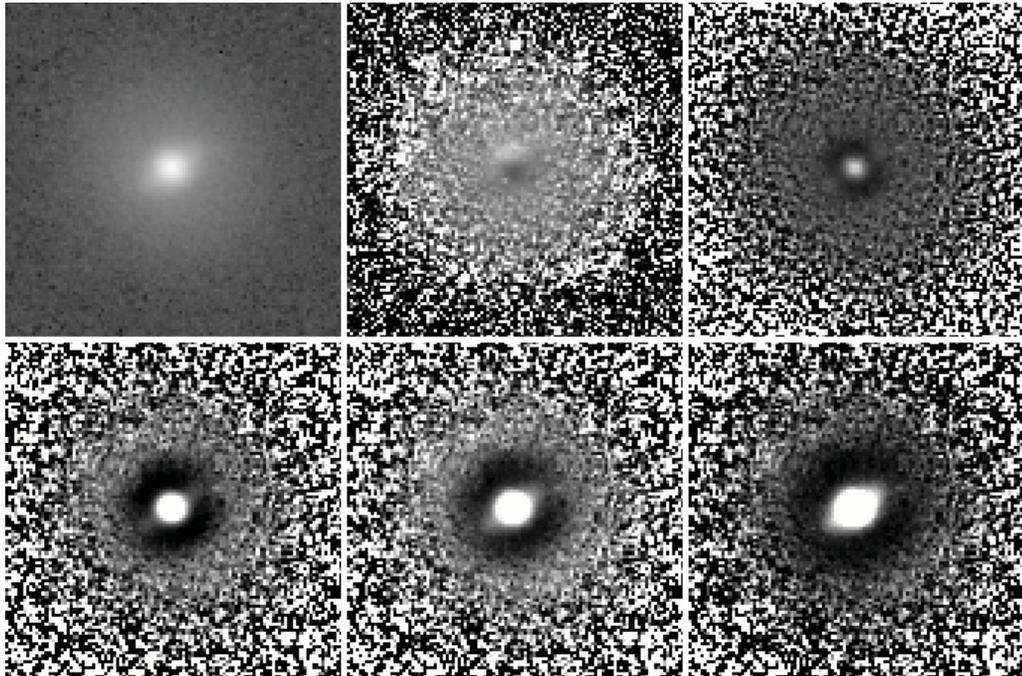


FIGURA 4.1: Mosaico de imágenes en la banda i para la galaxias UNAM-KIAS 592: panel superior izquierda: imagen logarítmica; superior en medio: mapa de color ($g - i$); superior derecha, inferior izquierda, en medio, derecha: imágenes filtradas *unsharp mask* utilizando gaussianas circulares con $\sigma = 2, 5, 7, 10$

Como ejemplo de los métodos utilizados en la detección de barras usados en la muestra de galaxias de disco, se presenta el caso de la galaxia **UNAM-KIAS 592**, la cual muestra claramente la presencia de una barra. Esta galaxia lenticular (S0) con una inclinación moderada ($b/a = 0.94$ $i = 20.38^\circ$) muestra en sus imágenes en la banda i (ver fig 4.1) un bulbo bien definido con una barra fuerte embebida en el núcleo. Todas las imágenes (logarítmica, índice de color, filtradas) muestran claramente la barra. Los

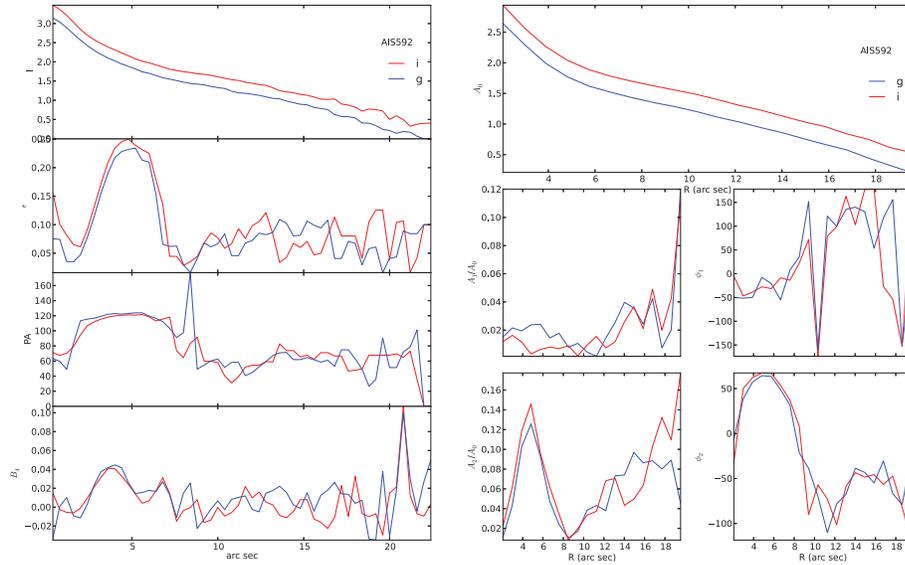


FIGURA 4.2: Perfiles radiales y azimutales de UNAM-KIAS 592: Panel izquierdo: Ajuste isofotal en las bandas g, i : Perfiles radiales de *intensidad* (i), ϵ , $P.A.$, B_4 . Panel derecho: Análisis de Fourier: Perfiles azimutales de los armónicos $m = 1, 2$ amplitudes: A_0 , A_1/A_0 , A_2/A_0 y fases φ_1 , φ_2 correspondientes.

diferentes valores utilizados de σ para generar las imágenes filtradas llevan a diferentes realzamientos de la galaxia, el valor más pequeño $\sigma = 2$ muestra un bulbo pequeño mientras que la barra pareciera desaparecer, sin embargo $\sigma = 5, 7, 10$ muestra claramente la presencia de la barra.

Los parámetros geométricos (fig 4.2 panel izquierdo) obtenidos del análisis isofotal muestran la huella típica de una barra, con un pico en elipticidad ($\epsilon_{max} = 0.3$) localizado a un radio $r_{\epsilon_{max}} = 5''$ con un comportamiento constante en el ángulo de posición ($PA \sim 110^\circ$) dentro de la región de la barra, el cuarto armónico B_4 muestra un pico $B_4 > 0$ en la misma región, congruente con con formas isofotales con forma de disco (*disky*, sin embargo como se mencionó en la sección 3.1, lo anterior no puede ser prueba irrefutable de la presencia de la barra. Por completitud se muestran los perfiles azimutales obtenidos del análisis de Fourier, los cuales se correlacionan bien con lo mostrado por los perfiles isofotales (ver fig 4.2 panel derecho), los cuales muestran la huella típica de una barra para un perfil azimutal (ver sec 3.2), mostrando un máximo A_2/A_0 en un radio similar al que lo hacen las isofotas $r = 4.8''$ mientras que la fase φ_2 permanece constante.

A continuación, juzgando los perfiles de elipticidad (ϵ) y PA simultáneamente con las imágenes filtradas generadas, se detectaron subconjuntos de galaxias donde los perfiles geométricos muestran posibles huellas de la presencia de una barra, las cuales no siempre

satisfacen las condiciones requeridas ya mencionadas de elipticidad y ángulo de posición $\epsilon > 0.2$ $\Delta P.A. \leq 20^\circ$, y que sin embargo sus imágenes filtradas evidencian la misma. En primera instancia se identificaron todos estos casos (ver 4.1 para mayores detalles) como galaxias barradas a la espera de confirmar su presencia con el análisis de Fourier.

De la evaluación anterior se pudieron reconocer galaxias pertenecientes a los tres subconjuntos arriba mencionados y los cuales fueron clasificados como *casos difíciles*. Estos casos incluyen barras alineadas con el disco galáctico, barras cubiertas/escondidas por un bulbo prominente y barras alineadas con brazos localizados al fin de las mismas. Adicionalmente, se detectaron casos que fueron etiquetados como posibles barras donde se aprecia la presencia de distorsiones ovals cuya extensión espacial es menor a los 10 pixeles. La tabla A.1 que se encuentra en el apéndice A contiene la identificación asociada a cada una de las barras detectadas.

4.1. Casos Difíciles

4.1.1. Alineación barra-disco $PA_{bar} \sim PA_{disk}$

A través de las imágenes filtradas se puede concluir que una barra existe y que, sin embargo su presencia por medio de los perfiles radiales y azimutales no es clara. Puede suceder que la barra este alineada a lo largo del semi-eje mayor del disco galáctico externo ($PA_{bar} \sim PA_{disk}$) no permitiendo un contraste claro en la elipticidad. Las figuras 4.3 y 4.4 muestran un ejemplo de estos casos.

UNAM-KIAS 823, SB0(r), $b/a = 0.78$, $i = 39.69^\circ$.

Las imágenes de esta galaxia lenticular (ver fig 4.3) muestran una barra que puede ser apreciada marginalmente en las imágenes en escala logarítmica y en el mapa de color $g - i$, mientras que las imágenes filtradas con valores ($\sigma = 5, 7$) muestran claramente la presencia de la barra. El análisis isofotal muestra un incremento en el perfil de elipticidad ϵ , alcanzando un máximo de $\epsilon = 0.32$ a $\sim 4''$ que tiene un comportamiento decreciente suave más allá de $\sim 16''$ mientras que el ángulo de posición ($P.A.$) muestra un comportamiento constante $\sim 100^\circ$ hasta $sma_{max} \sim 24''$. Esta galaxia es un buen ejemplo de una sobre estimación de la longitud de la barra (ℓ), si se le considera como el radio al cual el ángulo de posición muestra un cambio mayor a 20° ($\ell = \ell_{\Delta PA} \gg \ell = \ell_{r_{emax}}$), lo anterior es debido a que el disco y la barra están alineados ($PA_{bar} = PA_{disk}$) y tienen un diferencia en sus ángulos de posición respectivos menor a 20° , lo cual también puede ser apreciado en el contraste suave observado en el perfil de elipticidad ($\Delta\epsilon < 0.08$) y un perfil radial plano del ángulo de posición (PA). El análisis de Fourier muestra un comportamiento similar, mostrando un máximo en el perfil A_2/A_0 a un radio de $6''$,

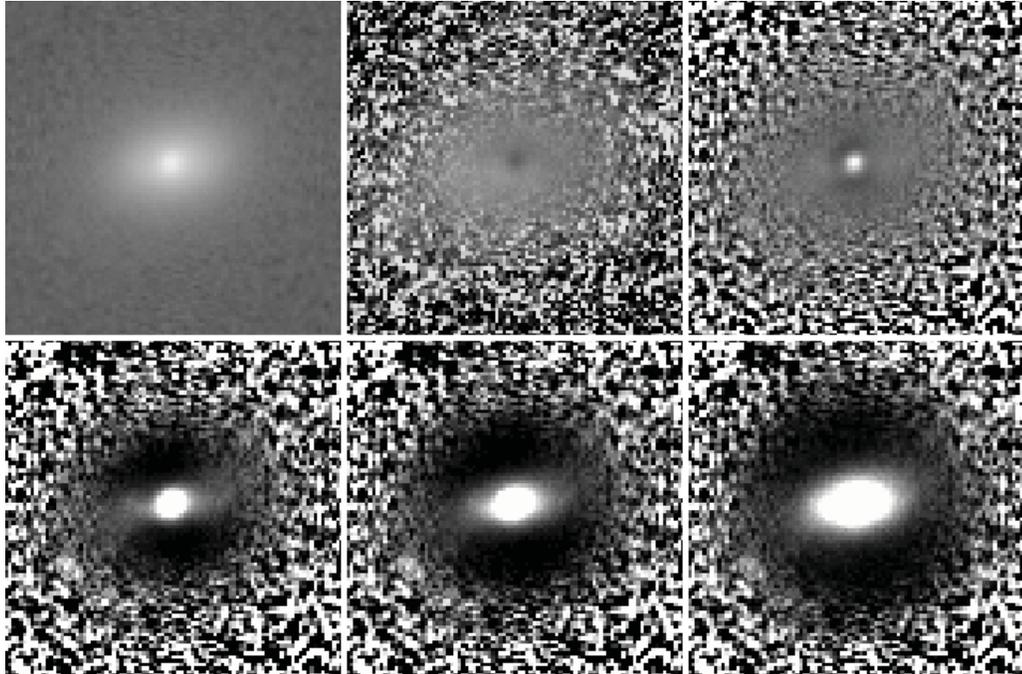


FIGURA 4.3: Mosaico de imágenes en la banda i para la galaxias UNAM-KIAS 823: panel superior izquierda: imagen logarítmica; superior en medio: mapa de color ($g - i$); superior derecha, inferior izquierda, en medio, derecha: imágenes filtradas *unsharp mask* utilizando gaussianas circulares con $\sigma = 2, 5, 7, 10$

sin embargo una variación en φ_2 puede ser observada en la región externa del disco galáctico $\sim 14''$ lo cual permite su detección de una manera más clara. Después de ver las evidencias de los tres análisis se confirma la presenciad de la barra.

4.1.2. Bulbo prominente cubriendo una barra

Los perfiles radiales y azimutales de estos casos no satisfacen estrictamente las condiciones para una detección de barra, sin embargo los mismos muestran huellas de una posible barra. Una explicación para esto, es que dentro de las componentes estructurales en un disco, existe una cuyo brillo superficial domina al resto, enmascarando una barra subyacente, las figuras 4.5, 4.6 muestran estos casos.

UNAM-KIAS 9, SBo, $b/a = 0.77$, $i = 40.63^\circ$.

Las imágenes (ver fig 4.5) muestran los bordes de una estructura elongada embebida en un bulbo prominente, la cual es observada marginalmente en las imagenes con escala logarítmica y el mapa de color $g - i$. Todas las imágenes filtradas $\sigma = 2, 5, 7, 10$ evidencian esta estructura elongada. Mientras que el análisis isofotal (ver fig 4.6) muestra un comportamiento creciente en el perfil de elipticidad (ϵ), alcanzando un pico ϵ_{max} a $\sim 4.4''$ el cual que tiene una pequeña caída, seguida nuevamente por un comportamiento

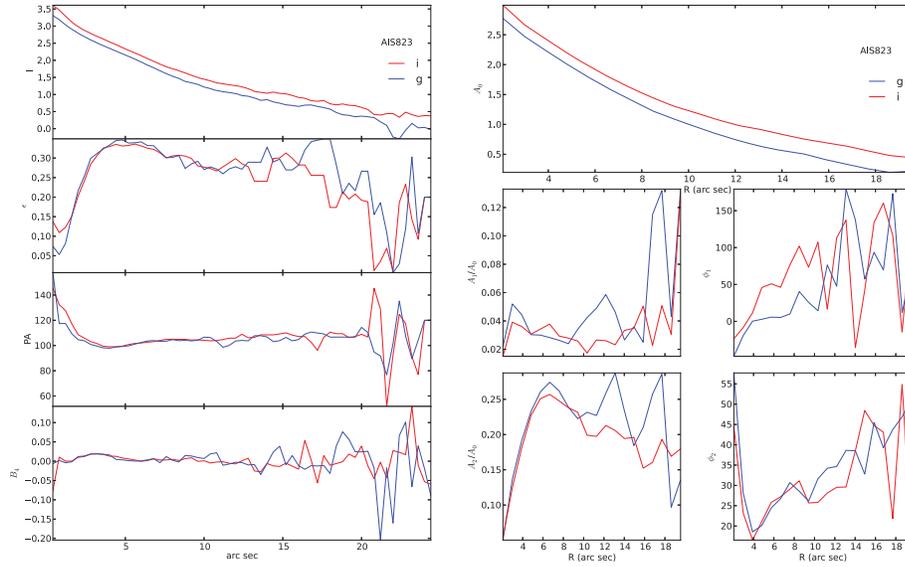


FIGURA 4.4: Perfiles radiales y azimutales de UNAM-KIAS 823: Panel izquierdo: Ajuste isofotal en las bandas g, i : Perfiles radiales de *intensidad* (i), ϵ , $P.A.$, B_4 . Panel derecho: Análisis de Fourier: Perfiles azimutales de los armónicos $m = 1, 2$ amplitudes: A_0 , A_1/A_0 , A_2/A_0 y fases φ_1 , φ_2 correspondientes.

creciente que alcanza un segundo máximo en las regiones externas del disco galáctico a ($\sim 22''$), el perfil de ángulo de posición ($P.A.$) muestra un comportamiento constante $\sim 68^\circ$ a lo largo de el perfil radial hasta que el pico en elipticidad $sma_{max} \sim 28''$ es alcanzado, debido a esta alineación barra-disco, el perfil B_4 muestra un aplanamiento con pico apenas visible B_{4max} a $\sim 16''$. Esta galaxia es un buen ejemplo de enmascaramiento de una barra debido a la presencia de un bulbo prominente, reflejado en una disminución del pico de elipticidad (ϵ_{max}), además de la alineación barra-disco ya mencionada ($PA_{bar} \sim PA_{disk}$) y del aplanamiento del término B_4 . Lo anterior lleva a que el contraste en elipticidad (ϵ) no satisfaga las condiciones isofotales estrictas para la detección de una barra $\Delta\epsilon = \epsilon_{bar} - \epsilon_{disk} \geq 0.08$ (ver sec 3.1), y ejemplifica de buena manera aquellos casos de galaxias que pueden tener una longitud de la barra (ℓ) sobre estimada si es medida al radio en el que perfil en elipticidad muestre un contraste en elipticidad mayor a 0.08 ($\ell = \ell_{\Delta\epsilon} \gg \ell = \ell_{r_{e_{max}}}$), $\Delta\epsilon \geq 0.08$. El análisis de Fourier (ver fig 4.6) muestra un comportamiento congruente con lo observado en los perfiles isofotales, mostrando un máximo en el perfil azimutal A_2/A_0 a $4.8''$, seguido por un comportamiento constante en el perfil de fase φ_2 , sin embargo dicho perfil muestra variaciones en las regiones externas del disco galáctico, que no es observado en el perfil de elipticidad ϵ . Después de ver las evidencias de los tres análisis se confirma la presencia de la barra.

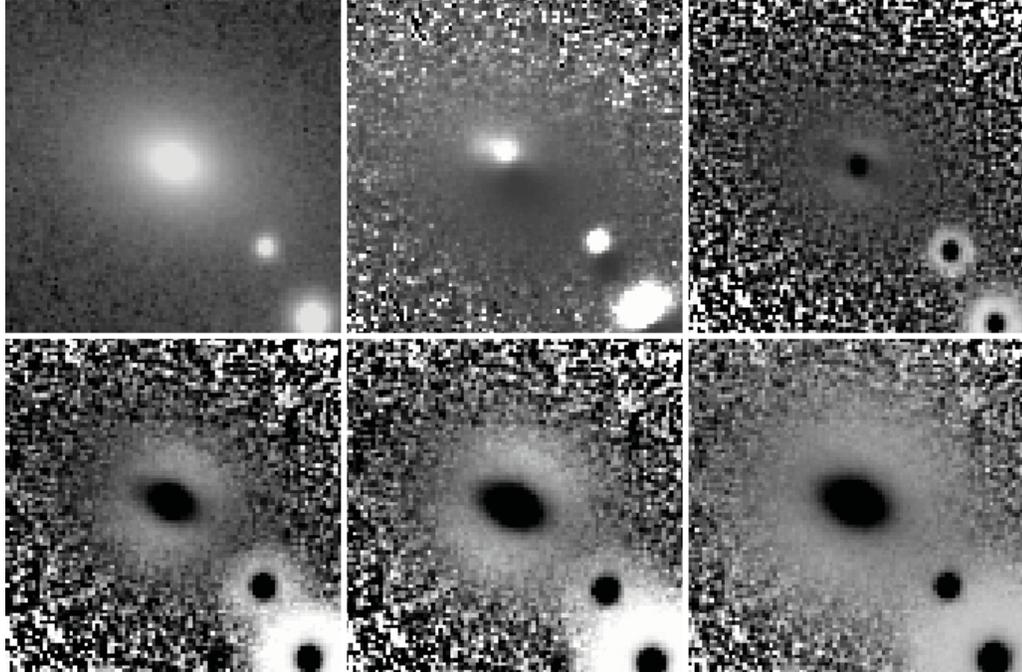


FIGURA 4.5: Mosaico de imágenes en la banda i para la galaxias UNAM-KIAS 9: panel superior izquierda: imagen logarítmica; superior en medio: mapa de color ($g - i$); superior derecha, inferior izquierda, en medio, derecha: imágenes filtradas *unsharp mask* utilizando gaussianas circulares con $\sigma = 2, 5, 7, 10$

4.1.3. Brazos fuertes al final de la barra.

El subconjunto de casos de galaxias que sugieren la presencia de una barra, se da después de una revisión detallada de los perfiles y las imágenes, cuya longitud de las barras pareciera ser mayor que lo visto en las imágenes. Se encontró que el cambio en la elipticidad y el ángulo de posición ($\Delta\epsilon$, $\Delta P.A.$) en la zona de transición entre la barra y los brazos espirales puede ser influenciado por la intensidad de los brazos espirales. Esto causa que el límite exterior de la barra sea sobre estimado debido a la alineación de la barra con los brazos. En estos casos se utilizó la ubicación radial de un pico en ϵ cuya longitud fuera consistente con el tamaño aparente de la barra, cuando dicho tamaño radial era proyectado en las imágenes como medida del tamaño de la barra

UNAM-KIAS 451, RSBbc(r), $b/a = 0.61$, $i = 53.97^\circ$.

Todas las imágenes (ver fig 4.7) de esta galaxia muestran claramente una barra, tanto la imágenes logarítmica, como al mapa de color $g - i$, así como las imágenes filtradas $\sigma = 2, 5, 7, 10$ evidencian de manera clara la misma. Además pueden apreciarse un par de brazos en la dirección norte-sur los cuales emergen de un par de nudos visibles al final de la barra; este par de brazos se extiende hacia regiones externas del disco galáctico desenrollándose formando un anillo externo. El perfil radial isofotal (ver fig 4.8) muestra un pico en la elipticidad, alcanzando un máximo local $\epsilon = 0.32$ a $\sim 8.8''$ (ver figura

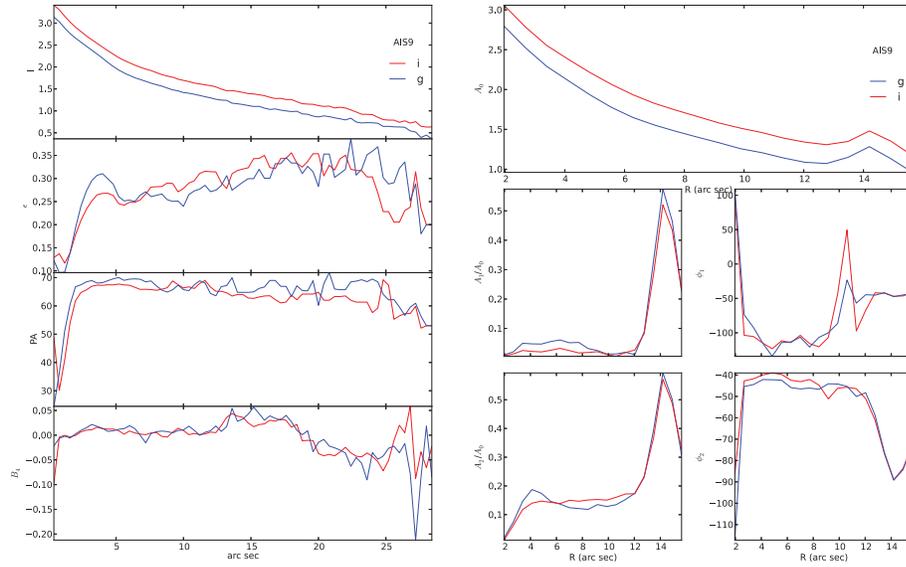


FIGURA 4.6: Perfiles radiales y azimutales de UNAM-KIAS 9: Panel izquierdo: Ajuste isofotal en las bandas g, i : Perfiles radiales de *intensidad* (i), ϵ , $P.A.$, B_4 . Panel derecho: Análisis de Fourier: Perfiles azimutales de los armónicos $m = 1, 2$ amplitudes: A_0 , A_1/A_0 , A_2/A_0 y fases φ_1 , φ_2 correspondientes.

4.8 panel izquierdo), mientras que el perfil radial de ángulo de posición muestra un comportamiento constante $\sim 180^\circ$ dentro la región de la barra. Sin embargo este máximo ϵ_{max} no corresponde con la verdadera ubicación de la barra, sino con el comienzo del par de brazos apretados que están alineados con la barra. Antes de este ϵ_{max} , ningún otro máximo es visible. Sin embargo en la región interna de la galaxia el perfil de elipticidad (ϵ) muestra un comportamiento monótono creciente, mientras que el perfil radial del cuarto momento armónico B_4 muestra un pico $B_{4max} \sim 6''$ evidenciando la presencia de isofotas con forma de disco *disky* típicamente relacionadas con una barra (ver sec 3.1), aún cuando ningún máximo local ϵ_{max} es visible en la región.

La huella típica de barra esta siendo enmascara por el par de brazos, no permitiendo que el perfil de elipticidad decrezca mostrando así un máximo local a $\sim 7.2''$, sino aplanandolo, provocando el comportamiento monótono creciente que domina la región hasta alcanzar el máximo global $\epsilon_{max} = 0.55$ a $\sim 8.8''$. La ubicación radial del pico en elipticidad "máximo" (ϵ_{max}) asociado a la presencia de la barra fue determinando el cambio de comportamiento creceitne en el perfil radial de elipticidad en la región plana del mismo, que corresponde a la misma región donde el máximo B_{4max} es visto. El radio anteriormente medido fue contrapuesto con las imágenes filtradas, correspondiendo perfectamente con la localización de la barra. El perfil azimutal (ver fig 4.8) muestra un comportamiento similar, mostrando un máximo en el perfil A_2/A_0 a $8''$, con un cambio previo en la pendiente de A_2/A_0 a $\sim 6 \text{ arcsec}$ relacionados con la barra y los dos brazos.

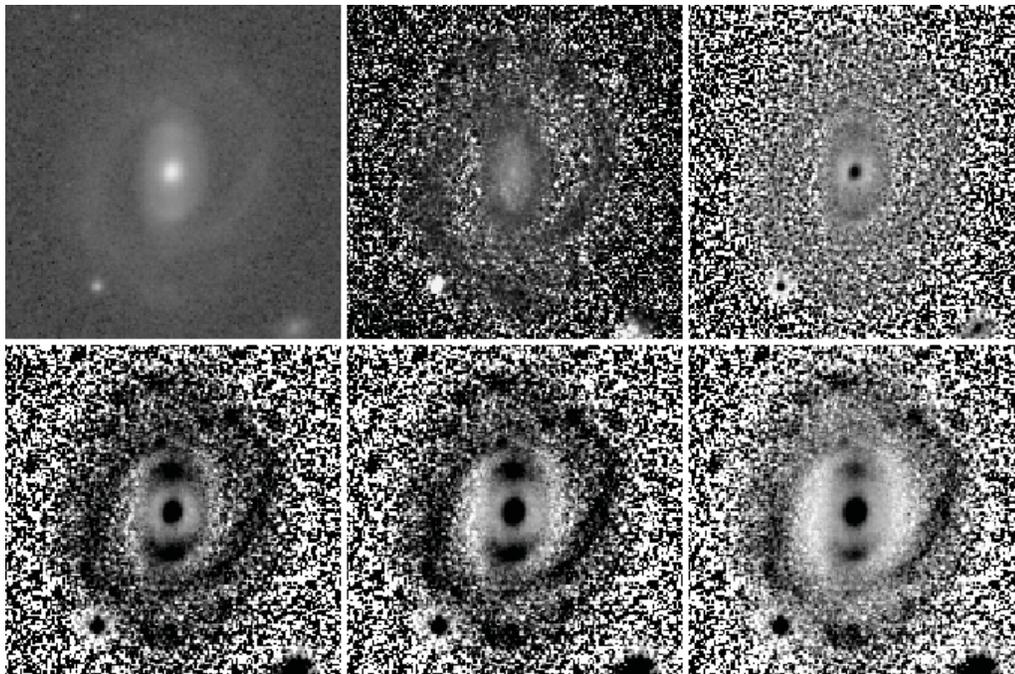


FIGURA 4.7: Mosaico de imágenes en la banda i para la galaxias UNAM-KIAS 451: panel superior izquierda: imagen logarítmica; superior en medio: mapa de color ($g - i$); superior derecha, inferior izquierda, en medio, derecha: imágenes filtradas *unsharp mask* utilizando gaussianas circulares con $\sigma = 2, 5, 7, 10$

El análisis de Fourier confirma la presencia de la barra presumida por el comportamiento observado en el perfil isofotal y que es vista claramente en las imágenes filtradas.

Este es un buen ejemplo donde, el enmascaramiento de la huella típica de una barra es extremo pues no es posible identificar claramente un máximo global o local (ϵ_{max}), y que puede ser provocado por otro tipo de estructuras (*i.e. bulbo prominente, anillos, alineación barra-disco*). Este subconjunto de casos representa el ($\sim 9\%$) de las galaxias barradas detectadas y fueron identificadas como barras aparentes (AB), y sus máximos en la elipticidad (ϵ_{max}) fueron determinados como lo descrito anteriormente (ver tabla la tabla final de resultados del apéndice A) para la identificación de cada uno de estos casos.

4.1.4. Barras internas con $10 \text{ pix} = 4''$

La peculiaridad de esta familia de galaxias barradas, radica en la ubicación del pico máximo en elipticidad ϵ_{max} , el cual puede ser una detección clara donde las condiciones de detección de barra ($\Delta\epsilon \geq 0.08$ $\Delta PA \leq 20^\circ$) se cumplen a cabalidad (como lo es UNAM-KIAS 96, ver fig 4.9), o bien son parte de cualquiera de los primeros tres subconjuntos de casos mencionados anteriormente (como lo es UNAM-KIAS 213 ver fig 4.11).

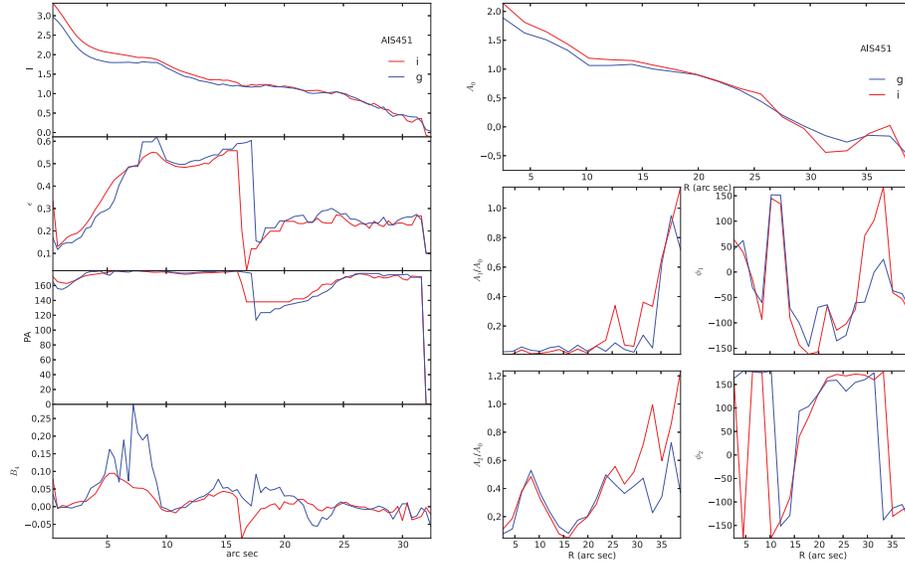


FIGURA 4.8: Perfiles radiales y azimutales de UNAM-KIAS 451: Panel izquierdo: Ajuste isofotal en las bandas g, i : Perfiles radiales de *intensidad* (i), ϵ , $P.A.$, B_4 . Panel derecho: Análisis de Fourier: Perfiles azimutales de los armónicos $m = 1, 2$ amplitudes: A_0 , A_1/A_0 , A_2/A_0 y fases φ_1 , φ_2 correspondientes.

En ambos casos las imágenes muestran distorsiones ovales internas, mientras los valores típicos para los parámetros geométricos están localizados dentro de los radios en el rango 5–10 píxeles. El límite inferior ϵ_{maxinf} fue determinado para evitar efectos atmosféricos y de pixelización (3.1) y el límite superior fue establecido para garantizar detecciones de barra con radios dos veces el límite inferior ($r_{maxsup} = 2 \times r_{maxinf}$). Todos estos casos fueron identificados como posibles barras (AB). Además como ya se mencionó previamente, el número de anillos utilizado en el análisis se aumentó para ganar señal y poder determinar la presencia de la barra.

UNAM-KIAS 96, $Sb_c(r)$, $b/a = 0.41$ $i = 30^\circ$.

Las imágenes logarítmicas y el mapa de color $g-i$ (ver fig 4.7) no muestran una evidencia clara de la presencia de una estructura elongada en la región interna, sin embargo su presencia puede ser vista en las imágenes filtradas con tamaños $\sigma = 7, 10$ en la dirección NE-SO; además de un bulbo bien definido y una estructura de brazos. Los parámetros geométricos (fig 4.10 panel izquierdo) obtenidos a través del análisis isofotal, muestra la huella típica de una barra con un máximo en el perfil de elipticidad ($\epsilon_{max} = 0.4$) a $r_{\epsilon_{max}} = 2''$ con un comportamiento constante del perfil radial del ángulo de posición ($P.A.$) dentro de la región de la barra ($\sim 45^\circ$); mientras que el perfil radial del término armónico B_4 , muestra un máximo en la misma región. Como lo visto anteriormente en la galaxia UNAM-KIAS 451 debe tomarse cuidado con la localización del pico en elipticidad ϵ_{max} , debido a que los dos brazos pueden llevar a errores en la correcta ubicación del

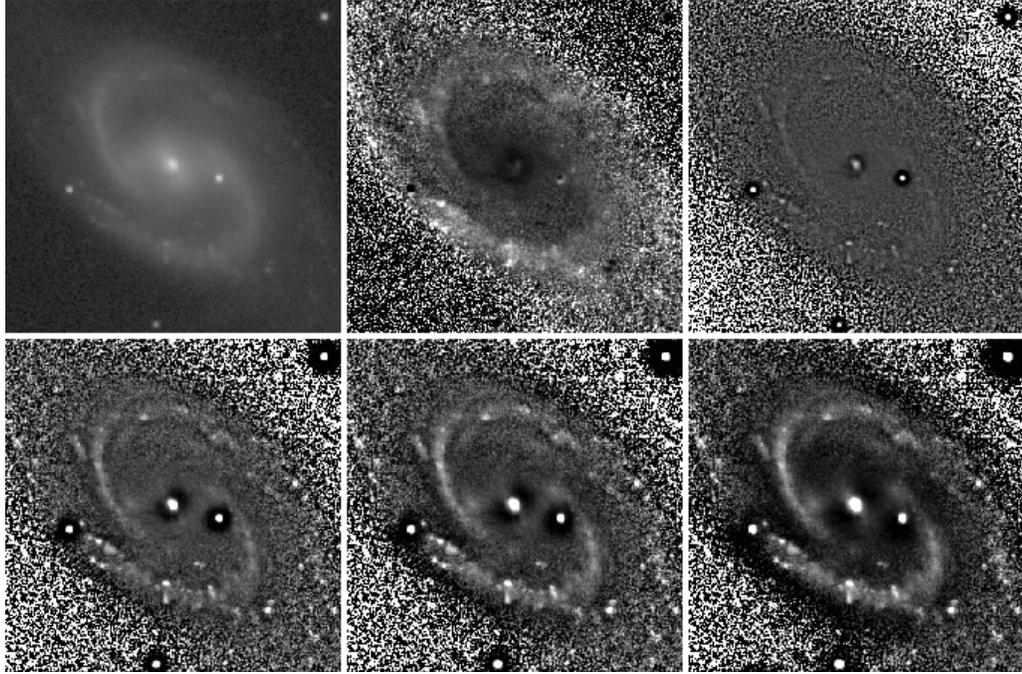


FIGURA 4.9: Mosaico de imágenes en la banda i para la galaxias UNAM-KIAS 96: panel superior izquierda: imagen logarítmica; superior en medio: mapa de color ($g - i$); superior derecha, inferior izquierda, en medio, derecha: imágenes filtradas *unsharp mask* utilizando gaussianas circulares con $\sigma = 2, 5, 7, 10$

mismo. El análisis de Fourier realizado con 60 anillos (ver fig 4.10 panel derecho) muestra un comportamiento congruente con lo observado en los perfiles isofotales, mostrando un máximo en el perfil azimutal A_2/A_0 a $\sim 6''$, seguido por un comportamiento constante en el perfil de fase φ_2 . Este es un ejemplo de una galaxia barrada interna localizada en los primeros cinco pixeles, la cual muestra la huella clásica de una barra y la cual fue necesario la utilización de las imágenes filtradas generadas para confirmar su presencia.

UNAM-KIAS 213, SABc, $b/a = 0.83$, $i = 20^\circ$.

Las imágenes ópticas (ver figura 4.11) muestran un bulbo prominente con una estructura elongada embebida y tres brazos; sin embargo tanto el mapa de color $g - i$ como las imágenes filtradas con valores extremos ($\sigma = 2, 10$) clarifican su detección. Sin embargo, las imágenes filtradas con anchos de filtro intermedios ($\sigma = 5, 7$) una estructura elongada puede ser vista. Los parámetros geométricos (fig 4.12 panel izquierdo) obtenidos del análisis isofotal muestran la huella típica de la presencia de una barra con un máximo en el perfil radial de elipticidad ($\epsilon_{max} = 0.3$) a $r_{\epsilon_{max}} = 2.8''$, sin embargo el perfil radial de ángulo de posición (PA) no es constante en los primeros segundos de arco, para después alcanzar un valor promedio de ($\sim 128^\circ$) en la región donde se ve el pico en elipticidad ϵ_{max} ; mientras que el perfil radial del armónico B_4 muestra un máximo $B_4 > 0$, en la misma región. El análisis de Fourier realizado con 30 anillos (ver

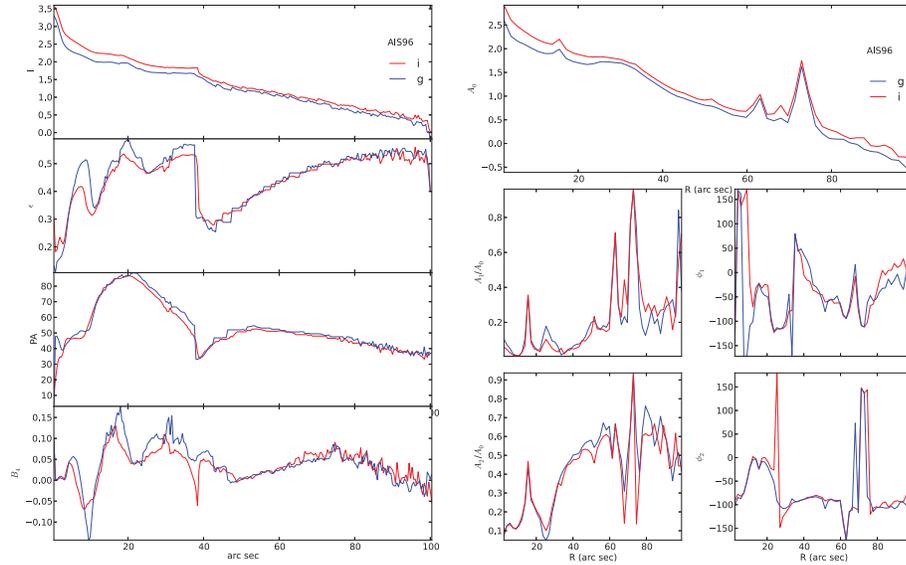


FIGURA 4.10: Perfiles radiales y azimutales de UNAM-KIAS 96: Panel izquierdo: Ajuste isofotal en las bandas g, i : Perfiles radiales de *intensidad* (i), ϵ , $P.A.$, B_4 . Panel derecho: Análisis de Fourier: Perfiles azimutales de los armónicos $m = 1, 2$ amplitudes: A_0 , A_1/A_0 , A_2/A_0 y fases φ_1 , φ_2 correspondientes.

fig 4.10 panel derecho) muestra un comportamiento congruente con lo observado en los perfiles isofotales, mostrando un máximo en el perfil azimutal A_2/A_0 a $\sim 3''$, seguido por un comportamiento constante en el perfil de fase φ_2 . Este es un ejemplo de una galaxia barrada interna localizada en los primeros cinco pixeles, la cual muestra la huella clásica de una barra y la cual fue necesario la utilización de las imágenes filtradas generadas y los perfiles azimutales para confirmar su presencia.

4.2. Galaxias Sintéticas

En la sección anterior se identificaron conjuntos de casos particulares donde la detección de barras es difícil, pero que se pudo discernir la presencia de una barra utilizando los tres métodos ya descritos. Adicionalmente incluimos un modelo de pruebas de control, que fueron utilizados para generar galaxias sintéticas que imitan lo más posible los parámetros estructurales e inclinaciones de los *casos difíciles* arriba descritos.

Se asumió que la distribución de brillo superficial de las galaxias sintéticas es la suma de las contribuciones de tres componentes estructurales: *bulbo*, *disco*, *barra*; además se asumió que la distribución de brillo superficial de cada componente siguen un ley paramétrica [Binney & Tremaine , 2008]. Para el bulbo se asumió un perfil de densidad exponencial:

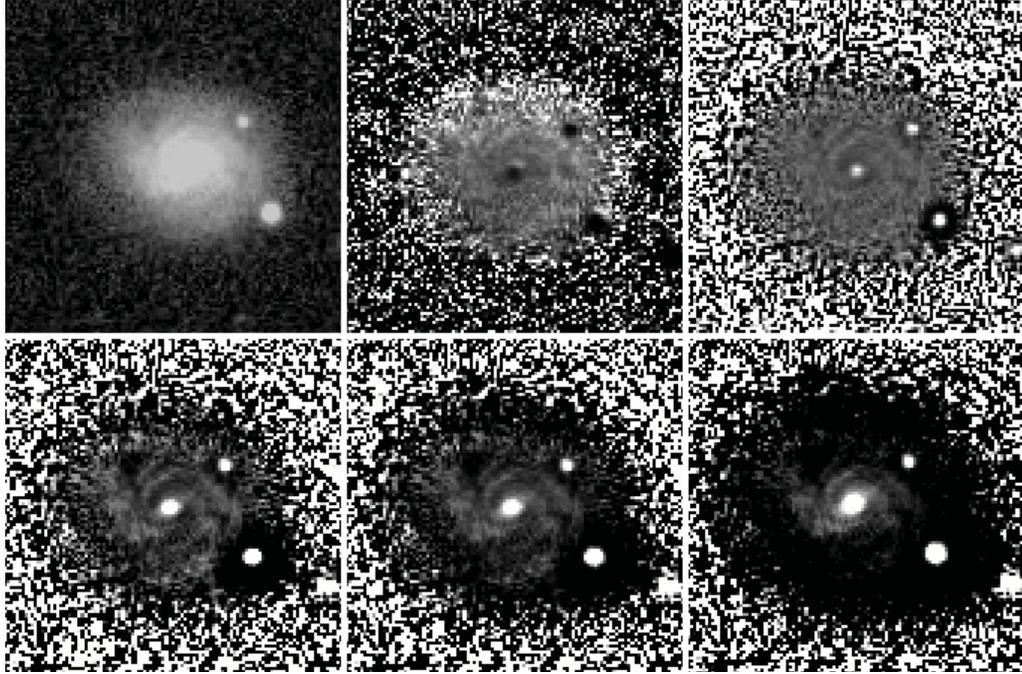


FIGURA 4.11: Mosaico de imágenes en la banda i para la galaxias UNAM-KIAS 213: panel superior izquierda: imagen logarítmica; superior en medio: mapa de color ($g - i$); superior derecha, inferior izquierda, en medio, derecha: imágenes filtradas *unsharp mask* utilizando gaussianas circulares con $\sigma = 2, 5, 7, 10$

$$I_{bulbo}(r) = I_{0bulbo} \exp^{-r/r_e} \quad (4.1)$$

donde r_e , I_{0bulbo} y n son el radio efectivo, el brillo superficial central del bulbo, y un parámetro de forma que describe la curvatura del perfil .

Se asumió un perfil exponencial [Freeman, 1970] para describir el perfil de brillo superficial del disco:

$$I_{disco}(r) = I_{0disco} e^{-r/h} \quad (4.2)$$

donde h y I_{0disco} son la longitud de escala y brillo superficial central del disco, respectivamente, la luminosidad total del disco, esta dada por:

$$L_{disco} = 2\pi I_{0,disco} (1 - \epsilon_{disco}) h^2 \quad (4.3)$$

donde ϵ_{disc} es la elipticidad observada del disco.

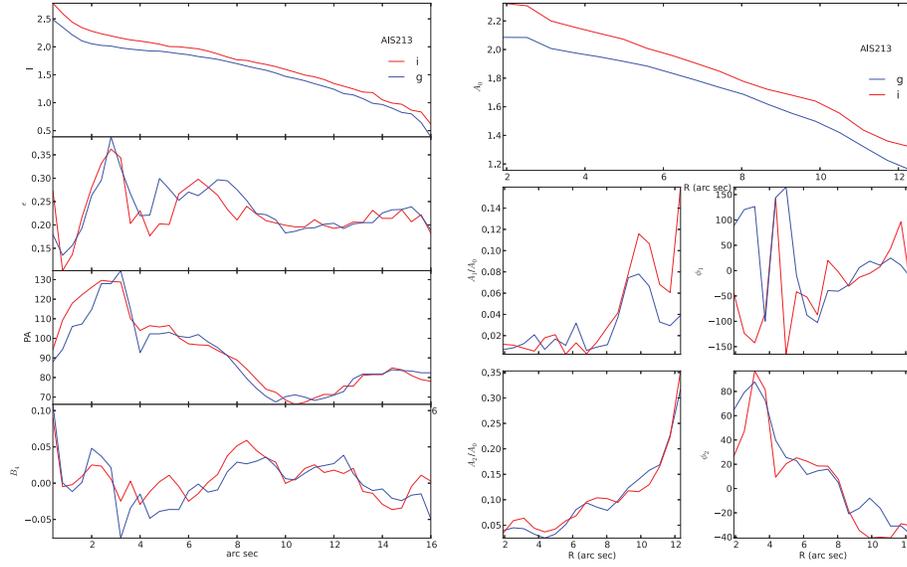


FIGURA 4.12: Perfiles radiales y azimutales de UNAM-KIAS 213: Panel izquierdo: Ajuste isofotal en las bandas g, i : Perfiles radiales de *intensidad* (i), ϵ , $P.A.$, B_4 . Panel derecho: Análisis de Fourier: Perfiles azimutales de los armónicos $m = 1, 2$ amplitudes: A_0 , A_1/A_0 , A_2/A_0 y fases φ_1 , φ_2 correspondientes.

Para el perfil de brillo superficial de la barra se asumió un perfil de densidad de Ferrers [Ferrers , 1877]:

$$I_{barra}(r) = \begin{cases} I_{0barra} \left(1 - \left(\frac{r}{r_{barra}}\right)^2\right)^{n_{bar}+0.5} & r \leq r_{barra} \\ 0 & r > r_{barra} \end{cases} \quad (4.4)$$

donde I_{0bar} , r_{bar} , y n_{bar} son el brillo superficial central de la barra, la longitud y un parámetro de forma de la barra.

Mientras que para los brazos se asumió un perfil de densidad logarítmico:

$$I_{brazos}(r) = \log_b(r/a) \quad (4.5)$$

Los rangos de valores para el radio efectivo del bulbo, longitud de escala del disco, longitud de la barra fueron escogidos de tal forma que tuvieran valores similares a los casos seleccionados. Las elipticidades y ángulos de posición de las componentes estructurales fueron seleccionados de manera similar en cada uno de los casos.

Las galaxias sintéticas generadas fueron creadas en pixeles, añadiendo a cada uno de ellos ruido para que las imágenes tengan una señal a ruido (S/N) similar a las imágenes

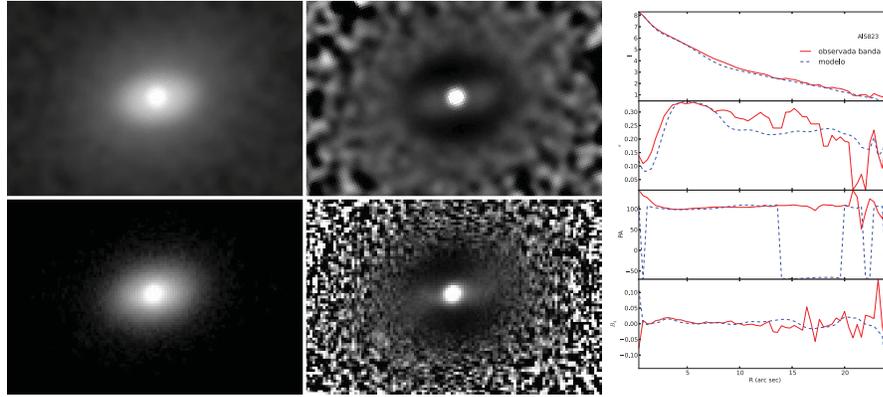


FIGURA 4.13: Modelaje de la galaxia UNAM-KIAS 451 **Izquierda:** Mosaico de imágenes: *superior:* imágenes sintéticas generadas a través de un modelado *bulbo-barra-disco* izquierda: escala logarítmica; derecha: imágenes final resultante tras aplicar *unsharp mask* utilizando un kernel gaussiano $\sigma = 5$. *inferior:* imágenes ópticas en la banda *i*, izquierda: escala logarítmica; derecha: imágenes final resultante tras aplicar *unsharp mask* utilizando un kernel gaussiano $\sigma = 5$. **Derecha:** Análisis isofotal de la galaxia sintética generada (azul) y en la banda óptica *i*(roja) con perfiles radiales de: intensidad, elipticidad (ϵ), ángulo de posición (PA), y (B_4).

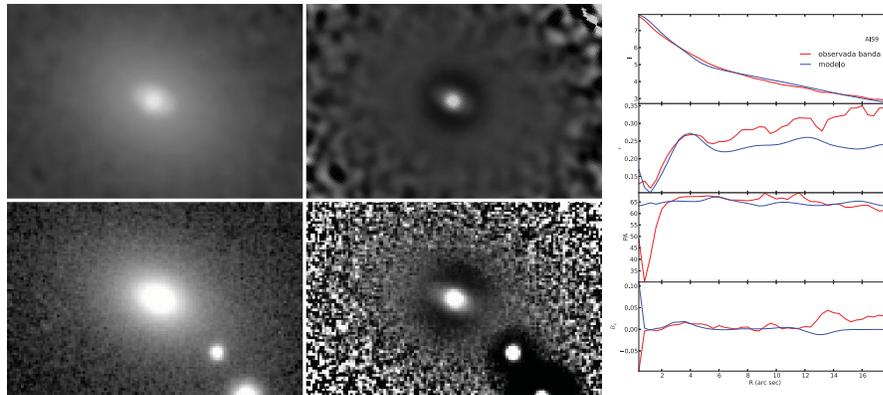


FIGURA 4.14: Modelaje de la galaxia UNAM-KIAS 9, igual a la figura 4.16.

del SDSS usadas en el análisis. El ruido está dado con una distribución poissoniana, asociada al número de cuentas de fotones debida a la galaxia, al cielo de fondo y un *read-out-noise* para simular la instrumentación utilizada en las imágenes provenientes del SDSS. Además de lo anterior se añadieron efectos atmosféricos a las imágenes sintéticas generadas, las cuales fueron convolucionadas con un PSF Por sus siglas en inglés *Point Spread Function*. gaussiano con $fwhm = 5 \text{ pixels}$.

Cabe aclarar que las imágenes sintéticas producidas no son una reproducción exacta de las imágenes reales, nuestro acercamiento es robusto y consiste en seleccionar un caso representativo de los *casos difíciles* para después reproducir los parámetros geométricos observados (ϵ , PA . and brillo superficial) del perfil radial provenientes del análisis isofotal. Después de haber pesado las diferentes componentes estructurales y adoptar la

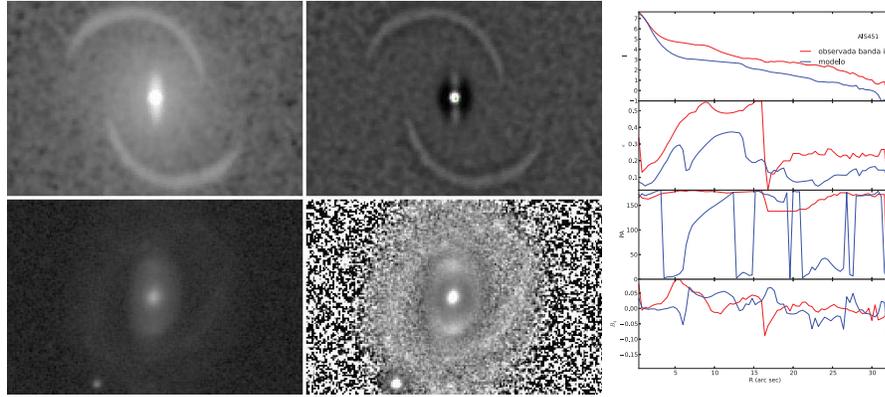


FIGURA 4.15: Modelaje de la galaxia UNAM-KIAS 451, igual a la figura 4.16.

AIS		$r_{\epsilon_{max}}$ ''	ϵ_{max}	B_{4max}
823	<i>i</i>	4.4	0.33	0.01951339
823	s	4.8	0.34	0.01638836
9	<i>i</i>	4.4	0.26	0.01609198
9	s	4	0.27	0.01830735
451	<i>i</i>	8.8	0.55	0.09648491
451	s	7.6	0.58	0.08494847

TABLA 4.1: Resultados obtenidos de aplicar los mismos criterios de detección a ambas imágenes: sdss banda *i* e imagen sintética generada con un ruido poissónico y un seing de 2". Columna uno; número de identificación, Columna 2: imagen, Columna 3: radio al cual se detecta el pico en elipticidad (ϵ), Columna 4: Elipticidad máxima, Columna 5: B_{4max}

inclinación observada (*i*) en el disco galáctico, fueron estimados los perfiles geométricos de manera iterativa para poder reproducir de mejor manera los perfiles reales observados. Además se incluyo el perfil radial del cuarto armónico, el cual es útil en identificar componentes estructurales bisimétricas.

Las figuras 4.16, 4.14 y 4.15 muestran las galaxias sintéticas finales generadas (paneles superiores), las imágenes observadas en la banda *i* utilizadas en el presente análisis (paneles inferiores), todas desplegadas en escala logarítmica y un enmascaramiento con una función gaussiana circular con un $\sigma = 5$, y los perfiles geométricos obtenidos tras aplicar el análisis isofotal en las galaxias sintéticas (azul) y observadas (rojo) para las *galaxias difíciles* UNAM-KIAS 823,9 y 451 respectivamente.

La tabla 4.1 muestra los resultados de las mediciones de ϵ_{max} y $r_{\epsilon_{max}}$ para las galaxias sintéticas y observadas (banda *i*), para las galaxias difíciles UNAM-KIAS 823,9 y 451. Los resultados obtenidos para las galaxias sintéticas difieren en 1.5%, 1.4% y 6% de las galaxias observadas para las mediciones de ϵ_{max} y 9%, 9% and 13% para $r_{\epsilon_{max}}$ para las galaxias UNAM-KIAS 823,9 y 451 respectivamente. La discrepancia mayor es vista

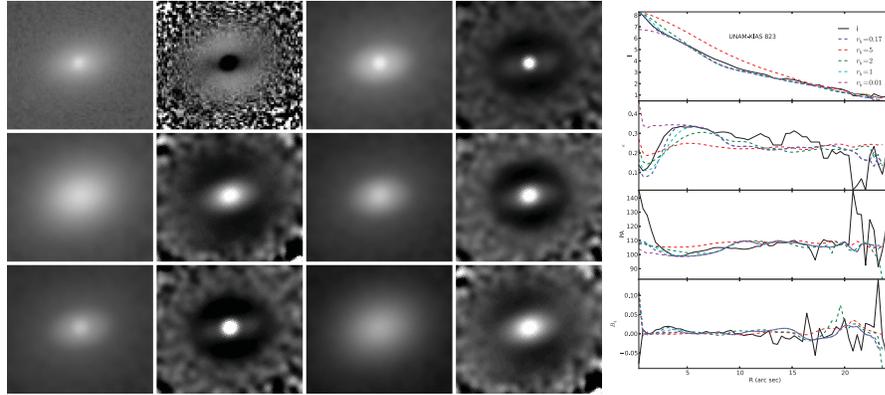


FIGURA 4.16: Panel izquierdo: Mosaico de imágenes observadas (banda i , negro) y sintéticas (escala logarítmica y filtradas con $\sigma = 5$) para la mejor solución encontrada ($r_e = 0.17$) en azul, así como las diferentes variaciones del bulbo: $r_e = 5, 2, 1, 0.01$ Panel derecho: Perfiles geométricos radiales (*intensidad*, ϵ , PA , B_4) obtenidos tras aplicar el análisis isofotal para cada las imágenes observadas, la galaxia sintética solución y cada una de las variaciones del bulbo $r_e = 5, 2, 1, 0.01$, en colores rojo, verde, cyan y magenta respectivamente.

para la galaxia UNAM-KIAS 451 donde el modelado de los brazos no es trivial debido a variaciones diferenciales radiales del ángulo de enrollamiento *p.a.* (*pitch angle*) de los brazos. Mientras que las galaxias UNAM-KIAS 823 y 9 muestran menores discrepancias entre las mediciones observadas y las galaxias sintéticas debido a la menor complejidad del modelo que sólo incluyen *bulbo, barra* y *disco*.

4.2.1. Lecciones de la Generación de Galaxias Sintéticas

Una vez que se logró reproducir una galaxia sintética que simulara de manera razonable la galaxia observada dada, aplicamos nuestros métodos de detección de análisis isofotal y filtrado de imágenes, medimos y comparamos el máximo en elipticidad (ϵ_{max}) y el radio al cual está localizado ($r_{\epsilon_{max}}$), variando los parámetros iniciales de alguno de los parámetros estructurales de la mejor solución encontrada que lograba reproducir el perfil encontrado. A continuación se presentan los resultados obtenidos para uno sólo de esos casos: *barra enmascarada por un bulbo prominente*

En el caso de una galaxia con una barra enmascarada por un bulbo prominente, se procedió a variar el bulbo de la galaxia sintética para poder probar si el procedimiento adoptado para la medición de la longitud de la barra fue o no apropiado. La figura 4.16 muestra la solución encontrada ($r_e = 0.17$) en azul, así como la variación en el radio de escala del bulbo con valores $r_e = 5, 2, 1, 0.01$, en colores rojo, verde, cyan y magenta respectivamente. Se encontró que un bulbo más prominente ($r_e = 5, 2, 1$) (ver tabla 4.2), conlleva a detecciones de barras más difíciles y a una sobre estimación de la longitud

AIS		$r_{\epsilon_{max}}$ "	ϵ_{max}	$\ell_{\Delta\epsilon}$ "	$\ell_{\Delta P.A.}$ "	B_{4max}
823	i	4.4	0.33	4.4	14.4	0.0195
823	m_{sol} ($r_e = 0.17$)	4.8	0.34	9.6	9.6	0.0163
823	m_1 ($r_e = 5$)	4.8	0.24	9.6	15.6	0.0014
823	m_2 ($r_e = 2$)	6.4	0.30	14.8	10.4	0.0106
823	m_3 ($r_e = 1$)	5.6	0.33	9.6	10	0.0119
823	m_4 ($r_e = 0.01$)	3.2	0.34	9.6	9.6	0.0041

TABLA 4.2: Resultados obtenidos de aplicar los mismos criterios de detección a ambas imágenes: SDSS en la banda i y las imágenes sintéticas generadas variando la prominencia del bulbo, para la galaxia UNAM-KIAS 823. Columna uno; número de identificación, Columna 2: imagen, Columna 3: radio al cual se detecta el pico en elipticidad (ϵ), Columna 4: Elipticidad máxima, Columna 5: B_{4max}

de la misma (ℓ) cuando se adopta $\ell = \epsilon_{max}$ como estimador de la longitud de la barra. Lo anterior puede verse en la ubicación radial de la elipticidad máxima (ϵ_{max}) alcanzada asociada a la barra inicial de 5".

Cuando el radio de escala del bulbo aumenta, la detección de la barra es más difícil, pues el bulbo se hace más prominente, cubriendo aún más la barra, esto puede verse en la ubicación radial de la misma y en su valor de la elipticidad el cual disminuye, por otro lado para un valor menor del radio de escala del bulbo ($r_e = 0.01$) la barra se detecta más fácilmente, haciendo que la elipticidad y el radio al cual se ubica sean similares a los encontrados originalmente.

Capítulo 5

Resultados

5.1. Fracción de Barras

Se han combinado tres métodos los cuales no fueron usados simultáneamente, para determinar la clasificación final de barras de la muestra de galaxias de disco pertenecientes al catálogo UNAM-KIAS. Un subconjunto de galaxias fueron clasificadas como galaxias barradas de manera clara por el método isofotal, clasificadas como barradas y que de cualquier forma fueron revisadas con los otros dos métodos descritos para verificar su presencia. Si los análisis isofotal y de Fourier consideran a una galaxia como barrada, se revisó que los tamaños de la barra detectada tuvieran tamaños similares ($\ell_{iso} - \ell_{Fou} < 10$) pixeles, proyectando dicho tamaño radial en la imágenes filtradas generadas.

Si se sospecha la presencia de una barra en una galaxia dada por el método isofotal, se procedió a hacer una revisión visual en la imágenes filtradas generadas, si era confirmada, se procedió a verificar su presencia con el método de Fourier, e investigar la posibles causas de lo anterior. No todas las detecciones ambiguas pudieron ser resueltas, y la clasificación final se etiqueto como incierta.

Para las galaxias en las que se presumiera la presencia de una barra dentro de los primeros diez pixeles, se inspeccionaron las imágenes filtradas y los perfiles azimutales obtenidos por el análisis de Fourier. De una comparación directa de los tres métodos se pudieron reconocer posibles barras cuyas longitudes fuera mayor a cinco pixeles ($\ell \geq 5$ *pixeles*) y fueron etiquetadas como posibles barras (AB). Galaxias en las que se presumió la presencia de una posible barra en radios menores a 5 pixeles se etiquetaron como no barradas. En el conjunto de galaxias barradas con longitudes menores a diez pixeles, se buscaron posibles fuentes de error, tales como presencia de polvo, a través de una inspección del mapa de color ($g - i$) correspondiente.

Una galaxia es clasificada como no barrada si ninguno de los tres métodos la detectan. En cuanto al tamaño de la barra, y a las galaxias detectadas a través del método isofotal, se midieron sus longitudes a través de sus parámetros geométricos. Cuando las barras sólo fueran sospechosas a través del análisis isofotal, se procedió a verificar su presencia por medio del análisis de Fourier y las imágenes filtradas. Bajo estas circunstancias se pudieron encontrar diagnósticos de barra similares por medio del análisis isofotal y de Fourier. En el apéndice A se adjunta un tabla A.1 que resume la clasificación final de barras y algunos de sus parámetros básicos derivados de nuestros análisis.

Se compararon los resultados del presente trabajo contra los resultados preliminares ([Hernández-Toledo et al., 2010]) basados en una clasificación visual. La clasificación visual original obtuvo una fracción total de barras $58\% (\pm 4\%)$, con $41\% (\pm 6\%)$, clasificadas como B, y $59\% (\pm 5\%)$ clasificadas como AB. Por otro lado, después de aplicar diferentes métodos de detección, el presente análisis encontró una fracción total de barras $54\% \pm 5\%$ ($n = 543$), donde son consideradas aquellas galaxias clasificadas como barradas como aquellas en las que se presume la existencia de una barras (AB+B), con una fracción $70\% \pm 5\%$ para B y $30\% \pm 8\%$ para AB.

Cuando se compararon las fracciones por tipo morfológico, la distribución de la fracción total de barras (f_{barbin}/f_{barT}) es: de la clasificación visual original se encontró $5\% \pm 18\%$ para los tipo tempranos (S0-S0a), $45\% \pm 6\%$ para los tipos intermedios (Sa-Sb) y $50\% \pm 6\%$ para los tipos tardíos (Sbc- Irr), mientras que en el presente trabajo se encontró $7\% \pm 16\%$, para los tipos tempranos (S0-S0a) ($n = 36/543$); $41\% \pm 7\%$ para los tipos intermedios (Sa-Sb), ($n = 222/543$); y $52\% \pm 6\%$ para los tipos tardíos (Sbc-Irr), ($n = 285/543$); los cuales son consistentes, indicando que en ambientes aislados, las barras parecieran ser más comunmente localizadas en tipos tardios.

Sin embargo cuando dichas fracciones barradas son normalizadas por bin de tipo morfológico $f_{barbin} = f_{barbin}/(f_{barbin} + f_{no-barbin})$, las fracciones de la inspección visual son: $23\% \pm 18\%$, $77\% \pm 6\%$ y $56\% \pm 6\%$ para tipos tempranos, intermedios y tardios respectivamente; mientras que en el presente trabajo se encontraron $25\% \pm 16\%$ ($n = 36/141$); $64\% \pm 7\%$, ($n = 222/344$); y $54\% \pm 6\%$, ($n = 285/529$) para los tipos tempranos, intermedios y tardios respectivamente, haciendo parecer que es más común encontrar galaxias barradas en tipos intermedios en ambientes aislados.

La tabla 5.1 contiene un descripción detallada de la distribución morfológica de toda la muestra de galaxias de disco, no barradas, barradas(B) y barradas aparentes(AB), por todos los tipos morfológicos y agrupadas por tempranas(S0-S0a), intermedias(Sa-Sb) y tardias(Sbc-Irr).

T	All	NB		Bar		B		AB	
		UK	ET	UK	ET	UK	ET	UK	ET
	n								
S0	104	85	76	19	27	9	17	10	10
S0a	37	24	29	13	9	6	7	7	2
Sa	72	27	31	45	41	17	30	28	11
Sab	118	29	47	89	72	51	53	38	19
Sb	154	23	45	131	109	67	84	64	25
Sbc	163	50	70	113	92	58	67	55	25
Sc	243	144	118	99	126	4	74	95	52
Scd	80	28	38	52	42	23	30	29	12
Sd	34	6	13	28	21	11	15	17	6
Sdm	5	1	1	4	3	1	1	3	2
Sm	4	3	3	1	1	0	0	1	1
Irr	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	1014	420	471	594	543	247	378	347	165
S0-S0a	141	109	105	32	36	15	24	17	12
Sa-Sb	344	79	123	265	222	134	167	130	55
Sbc-Irr	529	232	243	297	285	97	187	200	98

TABLA 5.1: Distribución Morfológica de la muestra de galaxias aisladas de disco pertenecientes al catálogo de galaxias aisladas (UNAM-KIAS) utilizadas. La Columna 1 corresponde al código morfológico (T) S0-Irr y agrupadas por tipos morfológicos tempranos (S0-S0a), intermedios (Sa-Sb) y tardíos (Sbc-Irr); la Columna 2 contiene el número total de galaxias de disco, las Columnas 3 y 4 contienen el número de galaxias clasificadas como no barradas, las Columnas 5 y 6 el número total de galaxias de disco clasificadas como Barradas (AB+B); las Columnas 7 y 8, el número total de galaxias barradas clasificadas como B, la Columna 9 y 10, el número total de galaxias clasificadas como barras aparentes (AB), correspondientes a la identificación visual previa [Hernández-Toledo et al., 2010] (UK) y la obtenida en el presente trabajo (ET).

Recientemente [Aguerri et al. \[2009\]](#) conjunto una muestra de 2016 galaxias de disco no interactuantes de la quinta versión del catalogo SDSS (SDSS-DR5), y las analizó a través del método isofotal, encontrando una fracción total de barras $f_{bar} = 45\%$. [Barazza et al. \[2008\]](#) consideró una muestra de 1961 galaxias pertenecientes a la segunda versión del catalogo SDSS (SDSS-DR2) disponibles también en NYAGC¹ [[Blanton et al., 2005](#)], más brillantes que $17.7 mag$ en la banda r . Realizo un análisis isofotal, excluyendo aquellas galaxias con inclinaciones $i > 60^\circ$ y barras nucleares (enfocándose principalmente a barras de gran escala $> 2 kpc$) con corrimientos al rojo en el intervalo ($0.01 < z < 0.03$), encontrando una fracción total de barras $f_{bar} = 48 - 52\%$. Puesto que estos autores no tienen una clasificación morfológica detallada, sino sólo una estimación gruesa bulbo/disco basada en el radio efectivo y en el radio a $24mag/m^2$, sugiriendo que los tipos tardíos con un bajo cociente bulbo/disco o sin bulbo *bulgeless* en fracciones tan altas como 70% .

¹Por sus siglas en inglés *New York Added-Value Galaxy Catalog*

5.2. Propiedades de la muestra de barra.

La longitud y elipticidad de la barra fueron determinadas principalmente a través del análisis isofotal realizado sobre las imágenes en la banda i , con la idea de realizar en un futuro el mismo análisis en muestras de mayor tamaño. Sólo en algunas circunstancias, se derivó la longitud de las barras directamente de las imágenes filtradas. El análisis isofotal fue nuestra principal fuente de la longitud de las barras, midiendo sus respectivos parámetros geométricos (ϵ , $P.A.$, B_4).

Para determinar la longitud de la barra, se han propuesto varios métodos alternativos al utilizado en el presente estudio: el radio al cual la elipticidad muestra un mínimo después del máximo global/local encontrado, el radio al cual el ángulo de posición muestra un cambio de 10° , el radio al cual el parámetro B_4 muestra un máximo, el cual es relacionado a estructuras alargadas como lo son las barras, el radio al cual la elipticidad decrece en un 15 % de su valor alcanzado en el pico de elipticidad observado y variaciones y combinaciones de los anteriores.

Una buena aproximación de la influencia que ejerce la barra a las componentes de bulbo y disco de las galaxias, debe ser a través de las fuerzas ejercidas en ellas, [Buta & Block \[2001\]](#) encontró que el valor máximo de Q_g , como el cociente entre la fuerza tangencial y la media de la fuerza radial axisimétrica, es una medida cuantitativa de la fuerza de la barra, la cual no depende de ningún parámetro de forma (*i.e.* ϵ , A_2/A_0), sino exclusivamente de la fuerza debida a la presencia de la barra embebida en el disco. Por otro lado, [Abraham & Merrifield \[2000\]](#) propuso una relación simple que mapea la fuerza de la barra en un rango de valores entre cero y uno ($0 < f_{bar} < 1$), el cual está relacionado al mínimo de estrellas necesaria para cambiar la estructura no axisimétrica en una axisimétrica, la cual además está bien correlacionada con Q_g [[Laurikainen et al., 2007](#)], y depende únicamente de las elipticidades de la barra y del disco, así como del ángulo comprendido entre los mismos. Alternativamente, la fuerza de la barra ha sido inicialmente asociada a la elipticidad de la barra ϵ_{bar} [[Laurikainen et al., 2007](#)], la cual puede ser obtenida directamente del análisis isofotal, puesto que las elipticidades aquí reportadas, no están deproyectadas, y describen su forma, mas no son una medida directa de su masa o luminosidad, por lo que, deben tomarse como una medida parcial de la medida de la fuerza barra [[Marinova & Jogee, 2007](#)].

Como se discutió previamente en el capítulo 4, se han reconocido una gran variedad de galaxias y barras en nuestra muestra, es por esto que así como la detección de una barra depende directamente del tipo de galaxia del que se trata (*i.e.* *dominadas por disco*, *dominadas por bulbo*), sus longitudes y elipticidades también lo son. Por ejemplo, una galaxia dominada por su disco llevará a sobre estimaciones en su longitud, por otro lado

una galaxia dominada por bulbo y aquellas que tienen alineados brazos al final de la barra, llevaran a errores en la determinación de la elipticidad de la barra y su longitud, debido al enmascaramiento que la barra sufre por la presencia de otras estructuras de la galaxia. Es por esto, que se adoptó como medida de la longitud, el radio al cual el perfil radial de elipticidad muestre un máximo local/global $\ell = r_{\epsilon_{max}}$, y su respectiva elipticidad ϵ_{max} como la elipticidad representativa de la barra.

La tabla A.1 de resultados incluida en el apéndice A muestra los resultados obtenidos para las elipticidades proyectadas de las barras, así como sus respectivas longitudes, los cuales barren un rango de valores de $0.1 < \epsilon_{max} < 0.81$ y $0.8 < \ell < 38$ kpc respectivamente.

La figura 5.1 muestra las distribuciones de la elipticidad y longitud de la barra, para el total de las galaxias barradas, así como para los diferentes tipos morfológicos; las longitudes se muestran en unidades físicas (kpc), normalizadas por radio de escala del disco (h)², y por el radio al cual se alcanza un brillo superficial de 25 mag/arc sec² en la banda B ($\log r_{25}$)³

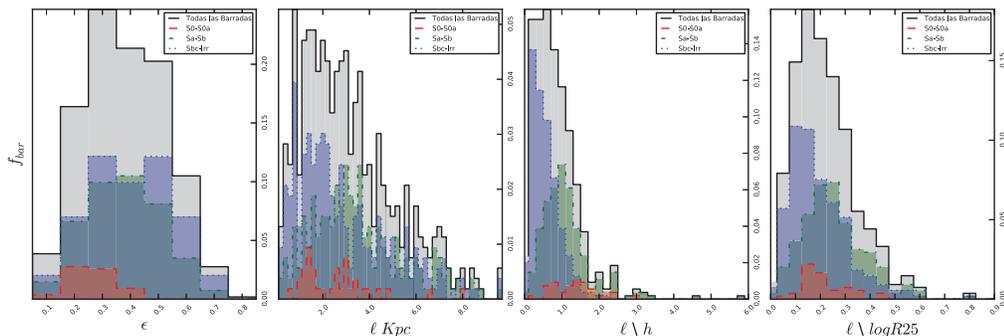


FIGURA 5.1: Fracción de barras como función de la elipticidad (ϵ), longitud de la barra (ℓ) en kpc, normalizada (ℓ/h) por la longitud de escala del disco (h), y el radio isofotal al cual hay un brillo superficial igual a 25 mag/arc² ($\ell/\log r_{25}$), agrupadas por tipos morfológicos: tempranos (S0-S0a), (rojo); intermedios (Sa-Sb), (verde); y tardíos (Sbc-Irr), (azul).

La distribución de elipticidades proyectadas, barre un rango de valores entre $0.1 < \epsilon_{max} < 0.81$, con un valor medio de $\sim 0.43 \pm 0.14$, cuando todos los tipos morfológicos son considerados, sin embargo cuando se separan por tipos morfológicos, la elipticidad muestra valores promedio en elipticidad de 0.31 ± 0.08 , 0.43 ± 0.13 , 0.45 ± 0.15 , para los tipos tempranos, intermedios y tardíos respectivamente. La distribución de elipticidad observada evidencia que los tipos tempranos de galaxias tienen valores de elipticidades

²Valores obtenidos de la base de datos SDSS.

³Valores obtenidos de la base de datos HyperLeda.

con valores menores en comparación con los tipos intermedios y tardíos, los cuales tienen valores típicos mayores, barriendo todo el rango de elipticidades.

Por otro lado la distribuciones de las longitudes físicas para la muestra total de barras muestran un valor promedio de 3.5 ± 2.93 kpc, sin embargo cuando se toman en cuenta los diferentes tipos morfológicos los tipos tempranos, intermedios y tardíos muestran valores promedios de 3.14 ± 2.43 kpc, 4.12 ± 3.57 kpc, 3.07 ± 2.26 kpc, respectivamente, mostrando que los tipos intermedios tienen las barras más largas. Es importante recordar que se hicieron detecciones de barras con radios mayores a 5 píxeles ($r > 5 \text{ pix}$), que proyectan una longitud de 0.11, 7, 96 y 1.19 kpc, cuando se toman valores en corrimiento al rojo de $z = 0.003, 0.2, 0.03$ ⁴; por lo anterior se incluyen barras con longitudes menores a 1 kpc, las cuales son generalmente consideradas como barras nucleares. Sin embargo, cuando dichas barras son normalizadas por el radio de escala del disco (h), la distribución de la muestra total de barras muestra un promedio 0.98 ± 0.98 , mientras que dividiendo por tipos morfológicos muestran promedios de 1.47 ± 0.61 , 1.17 ± 0.06 y 0.77 ± 1.18 para los tipos tempranos, intermedios y tardíos respectivamente.

Lo anterior muestra que las galaxias tempranas tienen barras más largas, mientras que sus contrapartes intermedias y tardías alojan barras más cortas. Sin embargo cuando la normalización de la longitud se hace con $\log r_{25}$, la muestra total de galaxias barradas muestra promedio de 0.24 ± 0.12 , mientras que cuando son divididas por tipos morfológicos los promedios obtenidos son 0.24 ± 0.09 , 0.28 ± 0.13 y 0.21 ± 0.12 para los tipos tempranos, intermedio y tardíos respectivamente. Hay que notar que los promedios obtenidos para las longitudes normalizadas por h entre tipos morfológicos tienen una diferencia de hasta el doble, mientras que los valores promedio de las longitudes normalizadas por $\log r_{25}$ para los diferentes tipos morfológicos son prácticamente similares.

La figura 5.2 relaciona las propiedades de la barra: longitud (ℓ), elipticidad (ϵ), con algunas propiedades de las galaxias: longitud de escala del disco (h), $\log r_{25}$, color ($g-r$), magnitud absoluta, (M_g); índice de concentración inverso (C)⁵ y masa estelar ($\log M$)⁶, para tipos tempranos (círculos rojos), intermedios (estrellas verdes) y tardíos (triángulos azules). Como se mencionó en el párrafo anterior, las elipticidades barren todo el rango de elipticidades ($0.1 < \epsilon < 0.9$), pudiendo localizar claramente a los tipos tempranos en la región de elipticidades bajas $0.1 < \epsilon < 0.35$; mostrando una correlación con el

⁴Valores medio, máximo y mínimo de z para nuestra muestra de galaxias barradas.

⁵Definido como el cociente R_{50}/R_{90} donde R_{50} y R_{90} son las longitudes de los semi-ejes mayores de las elipses que contienen el 50% y el 90% del flujo de Petrosian en la banda i respectivamente. Donde el flujo de Petrosian está definido como, el flujo contenido dentro de dos veces el radio de Petrosian (r_p), siendo el radio de Petrosian igual al radio al cual el cociente de Petrosian es igual a 0.2. El cociente de Petrosian (R_p) está definido como el cociente de radios entre un radio dado r y el radio el cual contiene el brillo superficial promedio de un objeto. [Blanton et al., 2001, Yasuda et al., 2001]

⁶Cálculos obtenidos de [Rodríguez-Puebla et al., 2013] siguiendo algoritmo propuesto por Bell et al. [2003]

color ($g - r$) y la concentración, es decir barras con elipticidades menores se alojan en galaxias más concentradas y rojas, mientras que con forme la elipticidad aumenta la galaxia que las alojan tienden a ser azules y menos concentradas. Además de lo anterior, se puede observar que diferentes galaxias con una misma masa estelar pueden alojar barras con diferentes elipticidades, siendo las galaxias tempranas aquellas con menores elipticidades.

Si consideramos la longitud de las barras solamente en kpc se puede apreciar una aparente correlación con el tamaño, color, magnitud absoluta, concentración de las galaxias y masa estelar, indicando que barras pequeñas se alojan en galaxias con colores más azules, magnitudes absolutas menos brillante, bajas concentraciones y masas bajas, mientras que barras grandes se encuentran en galaxias más grandes, con colores rojos, de mayor concentración y de masas altas. Sin embargo la aparente correlación se rompen cuando se consideran las longitudes normalizadas ℓ/h , $\ell/\log r_{25}$, de tal manera que ahora las barras más grandes se observan los tipos morfológicos tempranos (S0-S0a), con una concentración más clara entre la longitud de la barra con la concentración, cuando se toma a h , como normalización de la longitud.

La figura 5.3 muestra la fracción de galaxias espirales barradas como función del color ($g - r$), la masa estelar ($\log M$), y el índice de concentración inverso (C) para la muestra de galaxias barradas. La fila superior muestra esta dependencia como función de todos los tipos morfológicos, (negro); tempranos (rojo); intermedios, (verde); y tardíos, (azul) para el color ($g - r$) y la masa estelar ($\log M$), la segundo fila muestra la fracción de barras como función de la masa estelar con tres cortes en color ($g - r$) *i*) $(g - r)_{sup} > 0.75$, *ii*) $0.75 < (g - r)_{int} <$, *iii*) $0.65 < (g - r)_{inf} < 0.65$, y tres cortes en concentración *i*) $C_{sup} > 0.44$, *ii*) $0.39 < C_{int} < 0.44$, *iii*) $C_{inf} < 39$, finalmente la tercera fila muestra la fracción de barras como función de la concentración por tipos morfológicos y con un corte en masa estelar (*i*) $10.5 < M_{sup}$, *ii*) $M_{inf} > 10.5$).

La primera fila muestra las fracción de barras como función del color ($g - r$) y de la masa estelar (M), divididos por tipos morfológicos, mostrando que la región de colores azules está dominada por los discos tardíos, mientras que las galaxias intermedias y tempranas dominan la región de colores más rojos ($g - r > 0.7$); mientras que en la distribución de la fracción de barras como función de la masa, puede observarse los tipos morfológicos tardíos barren todo el rango de masas definido y de hecho dominan la región de bajas masas, por otro lado los tipos intermedios barren un rango $9.5 < \log M < 11.1$ dominando la región de alta masa; los tipos tempranos están bien localizados en la región de masa $9.7 < \log M < 11$.

La concentración no solamente puede ser tomada como parámetro morfológico sino también como un indicador de la concentración central de masa de las galaxias, la cual se ha

visto que es un parámetro del cual depende de la fracción de masa [Nair & Abraham, 2010]. La segunda fila de la figura 5.3 muestra la fracción de barras como función de la masa, cuando esta es restringida por color y concentración, con los cortes arriba señalados. Cuando la masa es restringida por color, puede observarse un comportamiento bimodal, en el cual la fracción de barras disminuye para galaxias más azules ($g - r < 0.65$) con mayor masa, mientras que el comportamiento inverso puede ser apreciado para las galaxias más rojas ($g - r > 0.75$), es decir la fracción de barras aumenta para galaxias con mayor masa, siendo la población de galaxias con colores intermedios ($0.65 < g - r < 0.75$) un puente entre ambas poblaciones. En cuanto a la fracción de barras como función de la masa restringida en tres intervalos de concentración, puede observarse marginalmente el comportamiento anterior, donde la fracción de barras aumenta para galaxias con concentraciones menores ($C < 0.44$) y con mayor masa, mientras que la fracción de barras disminuye para galaxias con concentraciones mayores ($C > 0.39$), siendo de nueva cuenta la población intermedia ($0.44 < C < 0.39$), la población puente entre ambas.

La tercera fila de la figura 5.3 muestra la fracción de barras como función de la concentración, restringida por tipos morfológicos y por masas ($M_{lim} = 10.4$), donde de nueva cuenta puede observarse el comportamiento bimodal de la fracción de barras por tipo morfológico, la fracción de barras para los tipos morfológicos tardíos decrece como función de la concentración, es decir galaxias con una menor masa muestran una fracción menor de barras, mientras que la fracción de barras aumenta para los tipos intermedios y tempranos cuando la concentración aumenta. Por otro lado cuando la fracción de barras como función de la concentración restringida por masa, el mismo comportamiento bimodal sigue observándose, para galaxias de baja masa ($M < 10.4$), la fracción de barras se reduce a medida que la concentración disminuye, mientras que la fracción de barras en galaxias de alta masa aumenta a valores más bajos de la concentración.

La tabla A.1 que se encuentra en el apéndice A contiene las medidas utilizadas en el análisis anterior y en la generación de las gráficas: Columna 1, UNAM-KIAS ID ; Columna 2, tipo morfológico; Columna 3, Tipo de Barra; Columna 4, elipticidad máxima de la barra (ϵ_{max}) Columna 5, longitud (ℓ (")); Columna 6, longitud (ℓ (kpc)); Columna 7, longitud (ℓ/h) normalizada por el radio de escala del disco (h); Columna 8, longitud ℓ normalizada por el radio al cual se alcanza un brillo superficial de 25 mag/arc sec² en la banda B ($\log r25$), Columna 8, índice de concentración inverso (C); Columna 9, Magnitud absoluta (M_g); Columna 10, Masa estelar ($\log M$); Columna 11, color ($g - r$).

Propiedad	S0-Irr			S0-S0a		
	media	mediana	std	media	mediana	dst
ELL	0.43	0.43	0.14	0.31	0.32	0.08
ℓ	3.5	2.85	2.93	3.14	2.64	2.43
ℓ/h	0.98	0.82	0.98	1.47	1.49	0.61
$\ell/\log 25$	0.24	0.22	0.12	0.24	0.22	0.09
h	4.06	3.64	2.32	2.31	1.82	2.16
C	0.41	0.42	0.08	0.32	0.31	0.02
Mg	-19.29	-19.4	1.27	-19.3	-19.2	1.28
Ms	10.32	10.4	0.61	10.48	10.5	0.56
g-r	0.68	0.7	0.14	0.78	0.79	0.08

Propiedad	Sa-Sb			Sbc-Irr		
	media	mediana	std	media	mediana	dst
ELL	0.43	0.42	0.13	0.45	0.44	0.15
ℓ	4.12	3.32	3.57	3.07	2.39	2.26
ℓ/h	1.17	1.07	0.6	0.77	0.57	1.18
$\ell/\log 25$	0.28	0.26	0.13	0.21	0.19	0.12
h	3.54	3.12	2.1	4.68	4.46	2.29
C	0.37	0.37	0.07	0.46	0.46	0.06
Mg	-19.42	-19.45	1.13	-19.18	-19.37	1.35
Ms	10.47	10.52	0.51	10.18	10.3	0.66
g-r	0.74	0.77	0.13	0.62	0.64	0.13

TABLA 5.2: Resultados estadísticos por tipo morfológicos: media, mediana y desviación estándar.

5.2.1. Discusión

La fracción total de barras encontrada para nuestra muestra de galaxias ($54\% \pm 5\%$) es mayor cuando es a las fracciones reportadas recientemente por otros estudios similares realizados en muestras con corrimientos al rojo y magnitudes similares, utilizando imágenes ópticas en las bandas r, i y B y analizándolas con el método isofotal [Aguerri et al. \[2009\]](#), [Barazza et al. \[2008\]](#), [Marinova & Jogee \[2007\]](#), encuentran una fracción total de barras $\sim 44\%$, 45% , 48% utilizando muestras de galaxias con inclinaciones menores a 60° . Además las fracciones de barras divididas por tipos morfológicos ($7\% \pm 16\%$, $41\% \pm 7\%$, $52\% \pm 6\%$) son similares a los encontrados por [Aguerri et al. \[2009\]](#) quien encontró (9% , 55% , 54%) para los tipos tempranos, intermedios y tardíos.

En cuanto a los resultados encontrados para la elipticidad encontramos que sólo los tipos morfológicos tempranos pueden encontrarse en la región de valores bajos de elipticidad ($0.3 - 0.7$), mientras que los tipos intermedios y tardíos alojan barras con cualquier valor de elipticidad, lo cual puede observarse al comparar los resultados encontrados por [Marinova & Jogee \[2007\]](#), quien encuentra que solo el 7% del total de las galaxias barradas se encuentran en el rango de elipticidades $0.25 \leq \epsilon \leq 0.4$ mientras que el 70% de ellas se encuentra en el rango de elipticidades ($0.50 \leq ebar \leq 0.75$), utilizando los mismos intervalos en nuestra muestra, se encuentran una distribución $45\% \pm 6$ y $33\% \pm 7\%$ de las galaxias. Por otro lado, se encontró una correlación entre la elipticidad y magnitud absoluta (M_g), galaxias mas brillantes muestran barras más largas, mientras que galaxias menos brillantes alojan barras más cortas, relación que [\[Barazza et al., 2008\]](#) no logra observar con claridad debido a la gran dispersión de sus datos.

Por otro lado los resultados de longitud localizados en un intervalo de longitudes $0.8 - 38$ kpc con un valor promedio de $3.5kpc \pm 2.93$ es idéntico al reportado por [\[Marinova & Jogee, 2007\]](#), quien encuentra un valor promedio de longitudes de 3.5 kpc en un intervalo de longitudes de 1-14 kpc, mientras que los valores promedio de la los longitudes encontradas por tipo morfológico: 3.14 ± 2.43 kpc, 4.12 ± 3.57 kpc, 3.07 ± 2.26 kpc para tipos tempranos, intermedios y tardíos son similares a los encontrados por [\[Aguerri et al., 2009\]](#) quien mide de manera idéntica la longitud (con una cota inferior en la longitud de las barras en 0.5kpc), encuentra valores promedios de 3.5, 4.0 y 3.8 kpc para los mismos tipos morfológicos. Ambos reportes encuentran una relación directa con el tamaño de la galaxia, barras más grandes se encuentran en galaxias más grandes. Sin embargo, de manera similar a lo encontrado en las longitudes normalizadas por h , [\[Aguerri et al., 2009\]](#) encuentra que las longitudes de las barras cuando son normalizadas por dos veces el radio de petrosian ($\ell/2 \times R_{Pet}$), son mayores en las galaxias tempranas.

En cuanto a la fracción de barras como función del color ($g - r$), masa (M) y concentración (C) [\[Barazza et al., 2008\]](#) encuentra que la fracción de barras es mayor en galaxias mas azules ($\sim 58\%$, $g - r = 0.3$), que en las galaxias más rojas ($\sim 32\%$, $g - r = 0.65$), y utilizando a r_{50} ⁷ como una medida de la concentración central de luz de la galaxia, encuentra que la fracción de barras aumenta para galaxias con menor concentración. Por otro lado; de hecho encuentra que los parámetros de concentración, masa (M_g) y color ($g - r$) están correlacionados y todos son consistentes hacia un aumento en la fracción de barras en tipos tardíos, los cuales no tienen bulbo o tienen cociente bulbo disco muy bajo, bajas concentraciones de masa y en promedio son mas débiles, azules y menos masivos que los tipos tempranos

⁷Radio que encierra la mitad del total de la luz de la galaxia

Se ha encontrado que las barras son susceptibles a ser destruidas/debilitadas por la concentración de masa central [Norman et al., 1996, Athanassoula & Misiriotis, 2002, Shen & Sellwood, 2004, Hozumi & Hernquist, 1999, Bournaud et al., 2005, Athanassoula et al., 2005], lo cual puede ser debido a la masa estelar, pero también al acumulación de gas y polvo. Otros trabajos sugieren que mientras el aumento en la concentración de masa central bien puede no destruir por completo una barra [Shen & Sellwood, 2004], el gas que cae hacia el centro ayudado por la misma barra, es el responsable de la destrucción de la misma [Friedli & Benz, 1993], por otro lado [Bournaud et al., 2005] sugiere que la transferencia de momento angular entre el gas que cae y la misma barra, pueden ser los responsables del debilitamiento de la barra.

Lo anterior, la transferencia de momento angular del gas que cae y la concentración de masa central, pueden ser los responsables de la disminución en la fracción de barras observada en las galaxias de baja masa [Nair & Abraham, 2010]. Lo cual puede ser observado en los resultados obtenidos: i) la baja fracción de barras encontradas en los tipos tempranos (S0-S0a), los cuales sólo representan un 5% de la muestra total de barras, ii) bajas elipticidades para las barras y concentraciones mayores de las galaxias que las alojan para los tipos tempranos, y iii) la disminución en la fracción de barras para los tipos tardíos al aumentar la masa. Lo cual es similar a lo encontrado por [Barazza et al., 2008, Aguerri et al., 2009], quien encuentra que existe una diferencia estadística entre la concentración central de masa de las galaxias barradas y no barradas, las barras son típicamente encontradas en galaxias con menor concentración.

Simulaciones numéricas [Norman et al., 1996, Athanassoula & Misiriotis, 2002] han encontrado que las barras son debilitadas por bulbos grandes; esto podría explicar el menor número de barras detectadas en galaxias lenticulares con respecto a las espirales, aunado al hecho de encontrar que las galaxias lenticulares (S0) alojan barras más débiles que las espirales, lo cual se puede concluir que la concentración central de masa es un factor determinante en la formación de barras y su evolución.

Nuestros resultados están en perfecta concordancia con resultados previamente reportados, indicando que el factor fundamental del aumento de la fracción de barras en tipos tardíos es la concentración de masa central, el cual es el responsable directo de la destrucción y debilitamiento de las barras en los tipos tempranos, lo cual es claramente observado en la menor fracción de barras, longitudes mayores y menores elipticidades de las galaxias tempranas, en comparación con galaxias tardías, quienes muestran una fracción mayor de barras y longitudes menores, las cuales típicamente son más azules, menos masivas, menos brillantes, con colores más azules, parámetros que están directamente relacionados con la concentración. Lo anterior aunado al hecho de que nuestra muestra de galaxias está en un ambiente bien controlado de baja densidad, el cual no incluye

galaxias que pudieran ser perturbadas por interacciones con otras galaxias, indica que la supresión/ debilitamiento de las barras es un reflejo de la evolución secular intrínseca de los discos galácticos.

Por otro lado, de acuerdo con modelos de formación de estructura Λ CDM, los discos galácticos se forman y se mantienen dentro de los halos de materia oscura masiva, como el resultado de choques y procesos radiativos, el gas se enfría, cayendo en la región central de los halos de materia oscura formando los discos galácticos tempranos. Los discos galácticos son estructuras frías y frágiles los cuales son sensibles a la influencia del material circundante; que, en el caso de los discos galácticos aislados, el ambiente está definido por las propiedades del halo de materia oscura, al no tener compañeras masivas responsables de fuerzas perturbadoras en los discos galácticos que generen estructuras como *barras*, *alabeos*, *asimetrías*, *anillos*.

Las barras son una característica típica de los discos galácticos, sin embargo, su origen y evolución no está del todo claro. Preguntas como: saber si son estructuras transientes o longevas, cuáles son los mecanismos estructurales que inicializan su formación y evolución cinética, siguen siendo una pregunta abierta. Una tendencia dentro de todos estos escenarios, es que están basados en mecanismos internos de los discos galácticos, siendo la excepción aquellos casos en los que existe la influencia de una compañera externa. En el caso de ambientes aislados, se han propuesto modelos dinámicos, que asumen que las galaxias no evolucionan en el tiempo y donde frecuentemente el halo de materia oscura es considerado como un agente pasivo, los cuales han sido diseñados para ajustar las propiedades fotométricas y cinemáticas observadas de las galaxias. Sin embargo asumir lo anterior no es necesariamente correcto, ya que los modelos cosmológicos actuales predicen una acreción suave de materia oscura y satélites. Por tanto, las propiedades de los halos de materia oscura definen el ambiente de los discos galácticos dentro un escenario jerárquico de formación de estructura, al cual los discos galácticos son sensibles, y conocer las propiedades de las estructuras formadas en los discos galácticos, como las barras y sus propiedades en medios ambientes de baja densidad bien controlados como la muestra de galaxias de disco del catálogo UNAM-KIAS, ayudará a constreñir las propiedades de los halos de materia oscura en modelos cosmológicos.

Lo anterior se ejemplifica en la figura 5.3 (segunda fila, panel izquierdo) la cual muestra que la masa estelar es uno de los agentes que define la inestabilidad de los discos y por lo tanto la existencia de una barra. Masas menores no alcanzan a desarrollar la inestabilidad, sin embargo masas estelares muy grandes ocasionan concentraciones centrales suficientemente fuertes para debilitar a las barras [Shen & Sellwood, 2004]; lo cual se ve reflejado en el color de las galaxias. Galaxias en etapa de formación estelar *Star forming galaxies*, ricas en gas y azules son por lo general con baja masa estelar. Galaxias rojas y

pasivas con poco gas, tienden a mostrar masas estelares grandes y por lo tanto menor frecuencia de barras.

Sin embargo galaxias en el llamada valle verde, como la Vía Láctea o M31, tienen una abundancia moderada de gas y, de acuerdo a modelos semi-empíricos de evolución galáctica ([Rodríguez-Puebla et al., 2012] el máximo contenido de masa estelar por masa de halo. Esto explica el pico en la figura 5.3 (segunda fila, panel izquierdo), localizado a colores similares a la Vía Láctea o M31. Lo cual refleja una relación entre la masa del halo de las galaxias, su masa estelar y su color o eficiencia actual de formación estelar. Adicionalmente, existe un incertidumbre de poco más de un factor, en la determinación de la masa del halo oscuro de la Vía Láctea. Este rango de masas, se refleja en un rango de colores, de manera tal que si se observa a la Vía Láctea como una galaxia barrada, la masa de su halo se puede ver acotada por el panel izquierdo de la segunda fila de la figura 5.3.

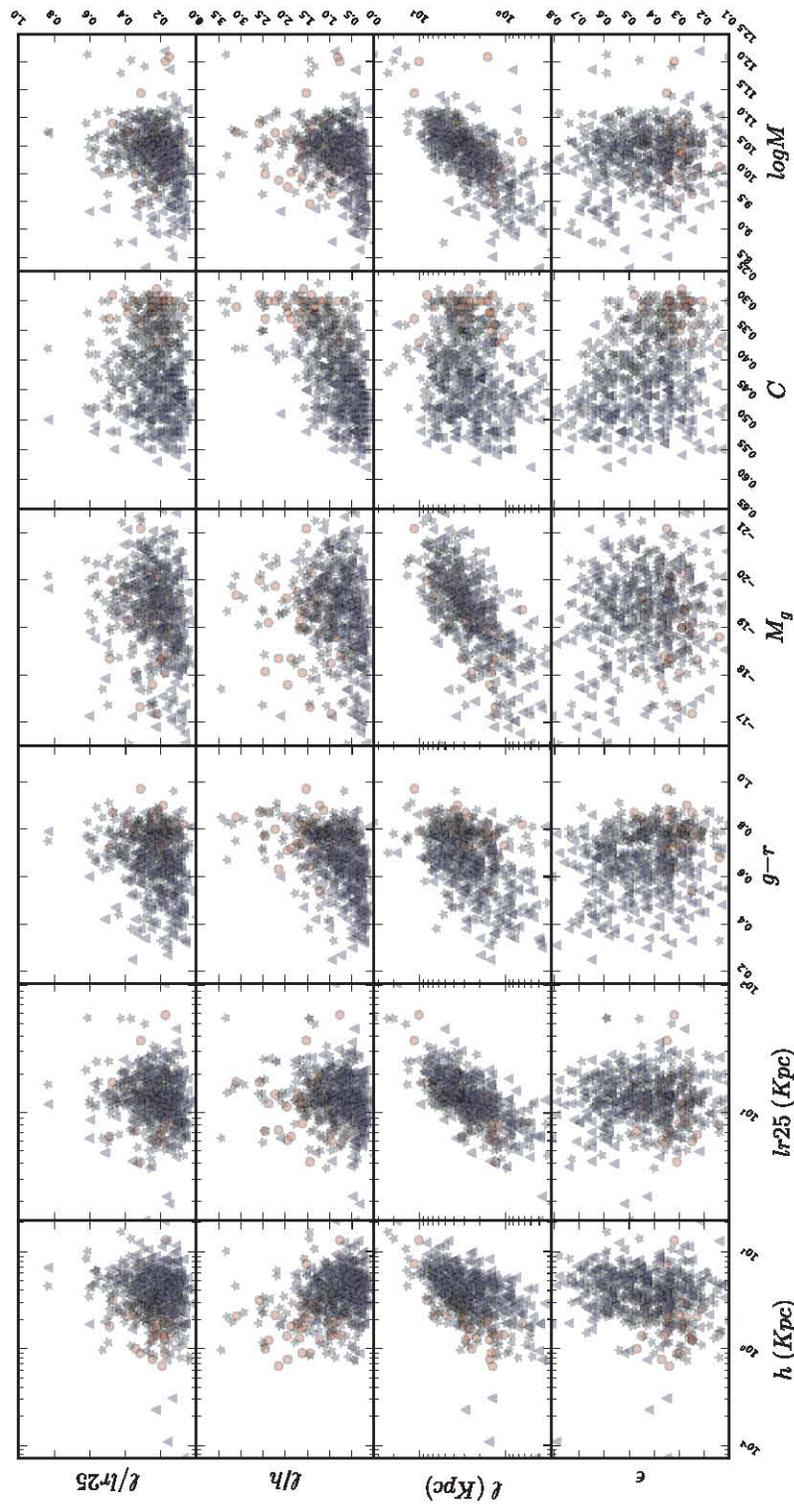


FIGURA 5.2: Elipticidad (ϵ) y longitud de las barras (l), en unidades físicas (kpc), normalizada (l/h) por la longitud del disco de escala (h), y el radio isofotal al cual hay un brillo superficial igual a $25 \text{ mag/}''^2$ ($l/\log r_{25}$), como función de longitud de escala del disco (h), ($\log r_{25}$), color ($g-r$), magnitud absoluta (M_g) en la banda g -band absolute magnitude, índice inverso de concentración (C) y masa estelar ($\log M$), agrupadas por tipos morfológicos: tempranos (S0-S0a), (puntos rojos); intermedios (Sa-Sb), (estrellas verdes); y tardíos (Sbc-Irr), (triángulos azules).

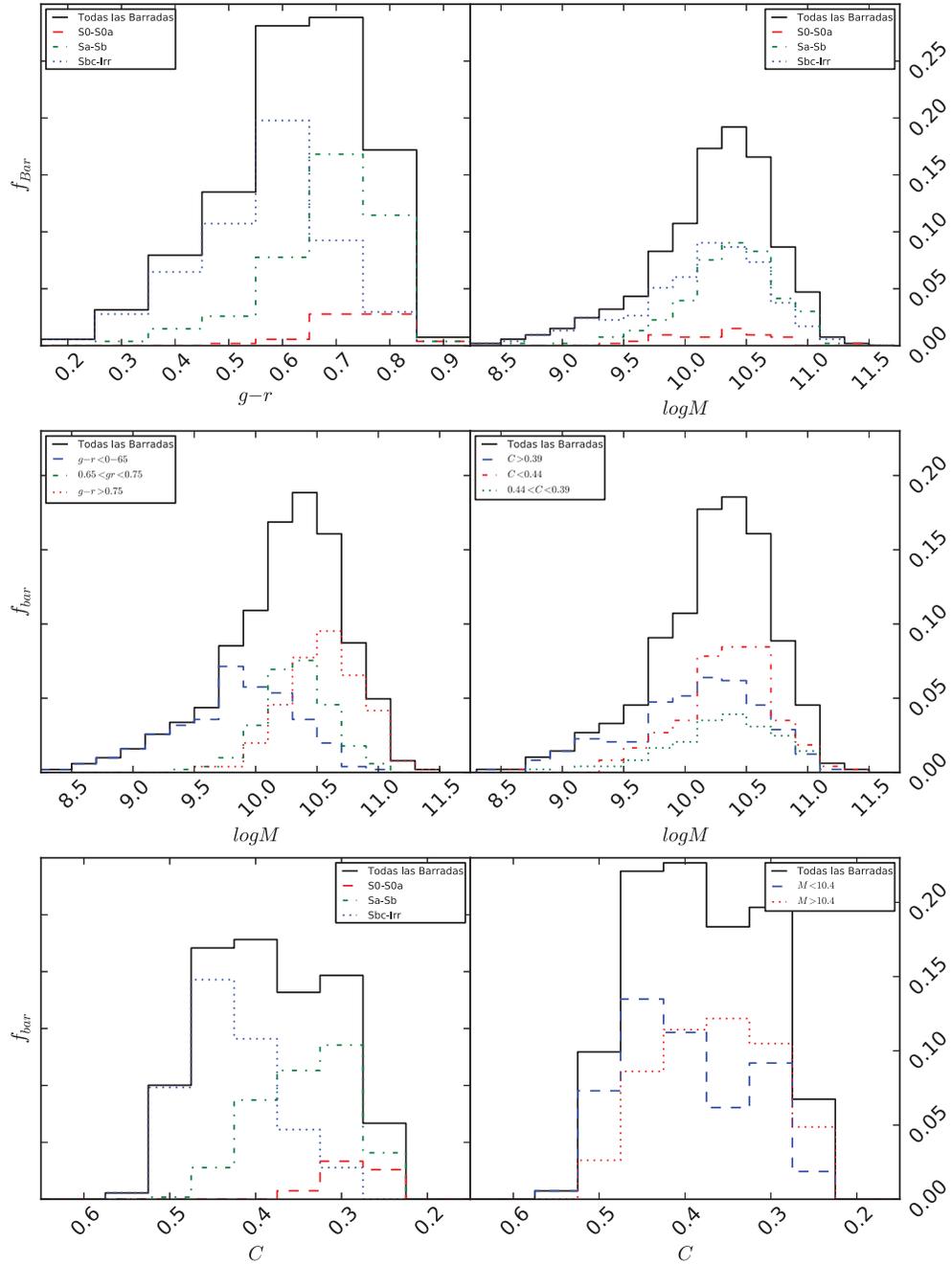


FIGURA 5.3: Fracción de barras como función del color ($g-r$), masa ($\log M$), e índice de concentración inverso (C), como función del tipo morfológico: todos los tipos (S0-Irr), (negro); tempranos, (S0-S0a), (red); intermedios (Sa-Sb), (verde); y tardíos (Sbc-Irr), (azul). La segunda y tercera fila además muestran cortes en color, masa y concentración ($(g-r)_{\text{sup}} > 0.75$, $0.75 < (g-r)_{\text{int}} < 0.65$, $(g-r)_{\text{inf}} < 0.65$, $C_{\text{sup}} > 0.44$, $0.39 < C_{\text{int}} < 0.44$, $C_{\text{inf}} < 0.39$, $(10.4 < M_{\text{sup}}, M_{\text{inf}} > 10.4)$).

Capítulo 6

Conclusiones

Se realizó un método de detección de barras en una muestra de 1014 galaxias de disco pertenecientes al catálogo de galaxias aisladas UNAM-KIAS, rechazando galaxias con inclinaciones ($i > 65^\circ$) y con clasificación morfológica peculiar. Nuestro análisis consistió en el análisis isofotal del brillo superficial de las galaxias, así como de la descomposición en series de Fourier del brillo superficial de las galaxias, así como la generación de imágenes filtradas a través de un suavizamiento de las imágenes en la banda i por medio de función gaussiana circular mejor conocida como *unsharp masking*. Encontramos que asumir funciones circulares en la generación de dichas imágenes no introduce ningún sesgo en la sobre estimación en la detección de barras ni un deficit en la detección de las mismas, se encontró que el análisis isofotal y el análisis de Fourier tienen en general comportamientos similares mostrando picos en los perfiles de elipticidad (ϵ_{max}) a radios similares. Se identificaron familias de galaxias en las cuales la detección de barras es clara a través del análisis isofotal, familias de casos en las que las barras se ven claramente en las imágenes, y que sin embargo su huella en los parámetros geométricos no es clara, estas familias se identificaron como *casos difíciles* y se encontró que el incumplimiento estricto de las condiciones de detección en los perfiles de los parámetros geométricos del análisis isofotal se debe al apantallamiento de las barras debido a la presencia de alguna otra estructura. Estos *casos difíciles* se agruparon en tres grupos *alineación barra-disco*, *bulbo prominente* y *brazos alineados con la barra*. Para estas familias de casos *casos difíciles* se realizó un análisis de Fourier para confirmar la presencia de las barras, encontrando que los perfiles azimutales tienen un comportamiento similar al mostrado por los perfiles radiales, y que ambos muestran la localización de las barras de manera similar y congruente cuando son localizados dichos radios en las imágenes filtradas generadas.

Se propuso un acercamiento a estos *casos difíciles* a través de la generación de galaxias sintéticas. Dichas galaxias se generaron a través de potenciales de densidad, en los cuales

se asumió que la densidad total de las galaxias es la suma de cada una de las componentes que las conforman, se tomaron en cuenta componentes de bulbo, disco, barra y brazos, suponiendo perfiles exponenciales para el disco y el bulbo, un perfil de Ferrers para la barra y un perfil logarítmico para los brazos. Se encontraron soluciones aproximadas para los perfiles de las galaxias tipo UNAM-KIAS 823, 9 y 451, los cuales representan a cada una de las familias de los *casos difíciles* ya mencionados. Además de lo anterior se estudió en el caso *bulbo prominente*, como la variación del bulbo modifica sustancialmente la detección de barra, y sus elipticidades, lo cual conlleva en errores en las mediciones de longitud y fuerza.

Se encontro una fracción de barras total de $54\% \pm 5\%$ ($n = 543$), donde son consideradas aquellas galaxias clasificadas como barradas como aquellas en las que se presume la existencia de una barras (AB+B) , con una fracción $70\% \pm 5\%$ para B y $30\% \pm 8\%$ para AB; con una distribución por tipos morfológicos: $7\% \pm 16\%$, para los tipos tempranos (S0-S0a) ($n = 36/543$); $41\% \pm 7\%$ para los tipos intermedios (Sa-Sb), ($n = 222/543$); y $52\% \pm 6\%$ para los tipos tardíos (Sbc- Irr), ($n= 285/543$). Mientras que cuando se normalizo por tipos morfológicos se encontró que dichas fracciones son $23\% \pm 18\%$, $77\% \pm 6\%$ y $56\% \pm 6\%$ respectivamente.

Dichas fracciones encontradas correlacionan bien con las fracciones obtenidas tras una análisis visual [Hernández-Toledo et al., 2010], encontrando diferencias en la distribución de barras AB y B, lo cual es debido a que en el presente trabajo se hizo un análisis mucho más detallado, lo cual llevó a considerar solo como barras aparentes a aquellas galaxias que tienen una barra con tamaños entre 5 – 10 *pixeles* y aquellas galaxias que no mostraban pico en su elipticidad (ϵ_{max}) y que sin embargo la barra puede ser apreciada en las imágenes filtradas. Dicha fracción es congruente con los resultados reportados por [Aguerri et al., 2009, Barazza et al., 2008], quienes hicieron análisis similares para la detección de barras en muestras de galaxias similares con imágenes también provenientes del SDSS.

Se encontró que la elipticidades de las galaxias barradas se encuentran en un rango de valores de $0.1 < \epsilon_{max} < 0.81$ con un valor medio de $\sim 0.43 \pm 0.14$, cuando valores promedio para todos los tipos morfológicos y para los tipos morfológicos tempranos, intermedios y tardíos de 0.31 ± 0.08 , 0.43 ± 0.13 , 0.45 ± 0.15 , respectivamente, lo cual es una muestra de que los tipos tempranos de galaxias tienen valores de elipticidades con valores menores en comparación con los tipos intermedios y tardíos, los cuales tienen valores típicos mayores, barriendo todo el rango de elipticidades.

Mientras que las longitudes físicas para la muestra total de barras muestran un valor promedio de $3.5kpc \pm 2.93$, y 3.14 ± 2.43 kpc, 4.12 ± 3.57 kpc, 3.07 ± 2.26 kpc, para los tipos morfológicos tempranos, intermedios y tardíos respectivamente y cuando se

normalizaron por el radio de escala del disco (h), la distribución de la muestra total de barras muestra un promedio 0.98 ± 0.98 , mientras que dividiendo por tipos morfológicos muestran promedios de 1.47 ± 0.61 , 1.17 ± 0.06 y 0.77 ± 1.18 para los tipos tempranos, intermedios y tardíos respectivamente. Mostrando que las galaxias tempranas tienen barras más largas, mientras que sus contrapartes intermedias y tardías alojan barras más cortas.

Se encontró una aparente correlación de la longitud de la barra medida en kpc con el tamaño, color, magnitud absoluta, concentración de las galaxias y masa estelar, indicando que barras pequeñas se alojan en galaxias con colores más azules, magnitudes absolutas menos brillante, bajas concentraciones y masas bajas, mientras que barras grandes se encuentran en galaxias más grandes, con colores rojos, de mayor concentración y de masas altas.

Además se encontró una correlación de la fracción de barras como función del color ($g-r$) y de la masa estelar (M), divididos por tipos morfológicos, mostrando que la región de colores azules está dominada por los discos tardíos, mientras que las galaxias intermedias y tempranas dominan la región de colores más rojos ($g-r > 0.7$); mientras que en la distribución de la fracción de barras como función de la masa, puede observarse los tipos morfológicos tardíos barren todo el rango de masas definido y de hecho dominan la región de bajas masas, por otro lado los tipos intermedios barren un rango $9.5 < \log M < 11.1$ dominando la región de alta masa; los tipos tempranos están bien localizados en la región de masa $9.7 < \log M < 11$.

También se encontró un comportamiento bimodal en la fracción de barras como función del color, y de la masa, la cual muestra que la fracción de barras disminuye para galaxias más azules con mayor masa, mientras que el comportamiento inverso puede ser apreciado para las galaxias más rojas, es decir la fracción de barras aumenta para galaxias con mayor masa, siendo la población de galaxias con colores intermedios un puente entre ambas poblaciones.

Lo cual pudo ser confirmado por la fracción de barras como función de la concentración, donde la fracción de barras aumenta para galaxias con concentraciones menores a ($C < 0.44$) y con mayor masa, mientras que la fracción de barras disminuye para galaxias con concentraciones mayores a 0.39 ($C > 0.39$), siendo de nueva cuenta la población intermedia ($0.44 < C < 0.39$), la población puente entre ambas; por la fracción de barras como función de la concentración, restringida por tipos morfológicos y por masas ($M_{lim} = 10.4$), donde la fracción de barras para los tipos morfológicos tardíos decrece como función de la concentración, y finalmente por la fracción de barras como función de la concentración restringida por masa, donde galaxias de baja masa ($M < 10.4$), la fracción de barras se reduce a medida que la concentración disminuye, mientras que la

fracción de barras en galaxias de alta masa aumenta a valores más bajos de la concentración.

Todo lo anterior muestra que nuestros resultados están en perfecta concordancia con resultados previos, indicando que el factor fundamental del aumento de la fracción de barras en tipos tardíos es la concentración de masa central, el cual es el responsable directo de la destrucción y debilitamiento de las barras en los tipos tempranos, lo cual es observado en la menor fracción de barras, longitudes mayores y menores elipticidades de las galaxias tempranas, en comparación con galaxias tardías, quienes muestran una fracción mayor de barras y longitudes menores, las cuales típicamente son más azules, menos masivas, menos brillantes, con colores más azules (parámetros directamente relacionados con la concentración). Aunado al hecho de que nuestra muestra de galaxias está en un ambiente bien controlado de baja densidad, el cual no incluye galaxias que pudieran ser perturbadas por interacciones con otras galaxias, indica que la supresión/debilitamiento de las barras es un reflejo de la evolución secular de los discos galácticos, en concordancia con el escenario cosmológico de formación de estructura Λ CDM, mostrando la importancia de los resultados obtenidos al ser fuente de constricciones en cuanto a la relación masa del halo/masa bariónica, que deben de tomar en cuenta las simulaciones numéricas de formación de galaxias.

Apéndice A

Apéndice A

TABLA A.1: Tabla Completa de Resultados: Columna 1, UNAM-KIAS ID ; Columna 2, tipo morfológico; Columna 3, Tipo de Barra; Columna 4, elipticidad máxima de la barra (ϵ_{max}); Columna 5, longitud (ℓ (")); Columna 6, longitud (ℓ (kpc)); Columna 7, longitud (ℓ/h) normalizada por el radio de escala del disco (h); Columna 8, longitud ℓ normalizada por el radio al cual se alcanza un brillo superficial de 25 mag/''^2 en la banda B ($\log r_{25}$); Columna 9, índice de concentración inverso (C); Columna 10, Magnitud absoluta (M_g); Columna 11, Masa estelar ($\log M$); Columna 12, color ($g-r$).

ID	T	AB/B	ϵ	ℓ (")	ℓ (kpc)	ℓ/h	ℓ/lr_{25}	C	M_g	$\log M$	$g-r$
2	5	B	0.31	6.0	3.353	0.533	0.171	0.48	-20.24	10.74	0.7
6	5	B	0.58	8.0	5.749	0.867	0.287	0.44	-20.69	11.01	0.76
9	-2	B	0.27	4.4	3.599	1.222	0.188	0.3	-20.0	10.94	0.9
15	3	AB	0.27	3.2	1.521	0.513	0.125	0.41	-18.61	10.22	0.78
18	5	B	0.63	10.8	6.191	0.931	0.487	0.52	-19.96	10.59	0.68
20	4	B	0.48	4.8	5.33	1.021	0.306	0.41	-20.65	10.85	0.68
24	5	AB	0.51	2.4	1.313	0.229	0.117	0.52	-18.96	10.11	0.63
29	1	B	0.54	5.6	2.339	1.037	0.268	0.31	-18.46	10.18	0.8
31	7	B	0.61	4.0	1.241	0.277	0.163	0.55	-18.16	9.4	0.38
33	2	B	0.48	7.2	2.324	0.905	0.203	0.35	-19.22	10.57	0.85
34	-2	AB	0.14	3.2	1.18	0.838	0.148	0.37	-18.79	10.12	0.68
36	2	B	0.33	4.4	3.59	0.984	0.274	0.35	-19.75	10.61	0.75
38	5	AB	0.44	1.6	0.905	0.178	0.072	0.51	-18.87	9.82	0.47
39	3	B	0.47	4.4	2.743	0.904	0.302	0.42	-19.05	10.33	0.75
45	5	B	0.51	6.8	4.615	1.199	0.368	0.33	-19.82	10.27	0.52
49	1	B	0.3	4.8	2.642	2.466	0.367	0.29	-18.42	10.13	0.78
50	3	AB	0.27	2.8	0.901	0.953	0.178	0.32	-18.02	9.75	0.65
52	1	B	0.24	7.2	4.095	1.017	0.336	0.36	-19.78	10.75	0.82
53	-2	B	0.47	6.0	2.451	2.45	0.342	0.33	-18.07	9.99	0.77

TABLA A.1: Continuación de la Tabla A, con las columnas como se indica en la primera pagina de este apéndice.

ID	T	AB/B	ϵ	ℓ (")	ℓ (kpc)	ℓ/h	$\ell/lr25$	C	M_g	$\log M$	$g-r$
55	3	B	0.4	6.0	3.454	1.546	0.324	0.35	-19.28	10.47	0.78
58	1	B	0.41	20.0	5.436	1.836	0.356	0.3	-19.89	10.8	0.82
59	5	B	0.49	13.2	4.87	0.93	0.462	0.55	-19.21	10.33	0.69
69	3	B	0.67	11.2	3.539	0.953	0.277	0.39	-19.44	10.46	0.73
71	4	B	0.48	7.2	8.564	1.114	0.408	0.48	-20.74	10.89	0.68
76	2	B	0.43	6.0	6.041	1.641	0.265	0.3	-20.58	11.09	0.84
79	5	AB	0.36	3.6	1.663	0.309	0.136	0.54	-18.85	9.99	0.58
81	3	B	0.41	5.6	4.073	0.87	0.308	0.46	-19.65	10.3	0.58
84	5	B	0.39	4.8	2.564	0.328	0.143	0.48	-19.22	10.46	0.79
91	4	B	0.57	8.0	5.108	1.061	0.339	0.42	-19.43	10.4	0.7
93	2	B	0.38	7.6	3.577	1.361	0.259	0.32	-19.22	10.54	0.83
94	3	B	0.29	6.4	5.688	0.907	0.253	0.37	-20.51	11.1	0.87
96	5	AB	0.23	2.0	0.344	0.118	0.027	0.47	-18.23	10.11	0.81
101	5	B	0.59	11.2	6.279	1.58	0.364	0.36	-19.4	10.32	0.65
102	-2	AB	0.21	3.6	1.677	0.654	0.124	0.3	-19.4	10.55	0.79
104	6	B	0.51	8.4	4.312	0.721	0.235	0.48	-19.78	10.63	0.75
105	2	B	0.5	6.0	3.003	1.273	0.285	0.32	-19.31	10.42	0.75
110	4	B	0.18	8.8	7.691	2.361	0.292	0.38	-20.3	11.02	0.87
111	3	B	0.48	4.4	1.763	0.806	0.331	0.49	-18.02	9.72	0.63
112	1	B	0.32	6.4	3.615	2.117	0.261	0.3	-19.26	10.6	0.86
114	2	B	0.57	13.6	5.367	1.405	0.387	0.39	-19.58	10.66	0.82
120	-2	AB	0.35	3.6	1.425	0.972	0.209	0.32	-18.24	9.94	0.71
123	2	B	0.41	5.6	4.586	1.455	0.267	0.32	-19.76	10.77	0.85
126	5	B	0.29	4.8	1.255	0.308	0.116	0.56	-18.64	10.13	0.7
127	6	B	0.5	4.4	2.102	0.43	0.187	0.49	-18.98	9.96	0.53
129	3	B	0.63	11.2	5.662	1.191	0.448	0.45	-19.74	10.58	0.73
131	-2	B	0.33	4.0	3.444	1.329	0.178	0.31	-19.63	10.71	0.85
132	3	B	0.49	12.0	6.05	3.195	0.402	0.28	-19.87	10.79	0.82
133	1	B	0.29	8.4	1.182	1.103	0.191	0.31	-18.23	10.11	0.8
139	-2	B	0.45	6.4	2.66	1.963	0.239	0.31	-19.62	10.71	0.85
140	5	AB	0.38	3.6	2.152	0.621	0.163	0.4	-19.44	10.36	0.67
141	2	B	0.33	4.8	4.383	1.355	0.197	0.32	-20.3	10.94	0.82
145	1	B	0.35	4.4	1.635	0.904	0.192	0.34	-19.03	10.24	0.7
148	6	B	0.53	5.2	2.199	0.441	0.223	0.57	-18.5	9.91	0.61
151	5	B	0.54	7.6	2.803	0.538	0.248	0.43	-19.21	10.15	0.61

TABLA A.1: Continuación de la Tabla A, con las columnas como se indica en la primera pagina de este apéndice.

ID	T	AB/B	ϵ	ℓ (")	ℓ (kpc)	ℓ/h	$\ell/lr25$	C	M_g	$\log M$	$g-r$
152	2	B	0.43	8.0	2.468	1.423	0.348	0.36	-17.91	9.8	0.7
154	3	B	0.59	8.8	23.262	1.449	0.425	0.42	-23.09	11.8	0.7
155	5	B	0.34	6.4	5.457	1.111	0.416	0.39	-20.09	10.61	0.66
156	5	B	0.31	4.4	0.908	0.354	0.143	0.44	-17.09	9.18	0.52
157	3	B	0.31	4.4	1.222	1.454	0.236	0.34	-17.39	9.74	0.78
162	5	B	0.57	11.2	2.648	0.77	0.194	0.43	-19.43	10.5	0.74
166	5	B	0.61	7.6	3.927	0.558	0.218	0.45	-19.82	10.44	0.62
167	3	AB	0.32	3.2	1.622	0.748	0.237	0.36	-18.82	10.35	0.83
169	5	B	0.36	6.0	1.466	0.428	0.191	0.52	-18.71	10.17	0.74
170	1	B	0.36	5.2	5.314	1.489	0.295	0.3	-20.27	10.91	0.81
175	3	AB	0.33	3.2	2.114	0.507	0.121	0.37	-19.97	10.5	0.63
180	4	B	0.44	8.0	1.811	0.665	0.166	0.37	-19.8	10.77	0.83
188	5	B	0.61	4.8	2.354	0.469	0.205	0.52	-18.97	10.04	0.59
189	6	B	0.71	9.6	5.639	0.8	0.272	0.48	-19.85	10.48	0.64
194	4	B	0.6	5.6	6.357	0.801	0.31	0.48	-20.81	10.92	0.68
196	5	B	0.35	5.2	2.532	0.659	0.224	0.45	-19.48	10.42	0.7
197	3	B	0.69	12.8	7.412	1.137	0.423	0.48	-20.05	10.82	0.8
200	4	AB	0.43	3.2	1.802	0.375	0.165	0.47	-18.99	9.96	0.53
201	2	B	0.42	6.0	6.138	1.268	0.352	0.4	-20.53	11.0	0.8
209	0	B	0.25	4.4	1.314	0.961	0.221	0.37	-17.18	9.63	0.78
211	4	B	0.57	7.2	3.495	0.935	0.341	0.46	-19.73	10.48	0.67
212	2	AB	0.16	2.4	1.976	0.547	0.099	0.34	-20.08	10.81	0.79
213	5	AB	0.36	2.8	2.279	0.421	0.166	0.53	-19.7	10.36	0.6
214	5	AB	0.15	2.4	3.064	0.657	0.244	0.44	-21.03	10.82	0.56
217	3	B	0.42	4.8	1.324	0.621	0.127	0.34	-18.98	10.19	0.67
221	3	B	0.73	4.4	1.105	0.369	0.255	0.51	-17.37	9.12	0.41
223	2	AB	0.25	2.4	2.348	0.518	0.151	0.35	-20.28	10.82	0.75
224	7	AB	0.25	2.4	0.394	0.219	0.062	0.5	-17.38	9.0	0.33
226	5	B	0.68	22.0	5.583	1.519	0.427	0.45	-19.27	10.32	0.69
231	4	B	0.48	5.2	2.997	0.809	0.251	0.42	-19.45	10.51	0.76
232	5	B	0.73	14.8	8.671	1.528	0.424	0.45	-19.52	10.56	0.78
238	5	AB	0.35	2.4	1.418	4.615	0.134	0.51	-14.89	8.51	0.64
239	2	B	0.47	7.2	6.914	2.939	0.417	0.38	-19.62	10.7	0.84
240	3	B	0.54	13.6	3.33	3.438	0.528	0.3	-17.7	9.98	0.85
242	4	B	0.47	13.2	6.296	0.985	0.281	0.48	-20.25	10.93	0.81

TABLA A.1: Continuación de la Tabla A, con las columnas como se indica en la primera pagina de este apéndice.

ID	T	AB/B	ϵ	ℓ (")	ℓ (kpc)	ℓ/h	$\ell/lr25$	C	M_g	$\log M$	$g-r$
245	1	B	0.42	4.8	2.558	1.057	0.215	0.31	-19.36	10.52	0.79
250	5	B	0.48	10.0	2.778	0.816	0.222	0.45	-19.49	10.56	0.77
251	4	B	0.54	5.2	2.94	1.175	0.31	0.35	-18.76	10.0	0.61
253	5	B	0.21	4.0	2.195	0.44	0.151	0.43	-19.88	10.52	0.65
259	2	B	0.36	4.8	3.273	1.022	0.243	0.32	-20.4	10.78	0.68
262	1	B	0.45	4.8	3.052	1.301	0.186	0.3	-19.3	10.56	0.83
273	2	AB	0.61	2.8	0.322	0.0	0.07	0.0	-11.09	6.68	0.49
274	4	AB	0.26	3.6	5.77	0.509	0.194	0.44	-21.47	11.39	0.83
276	4	B	0.76	12.0	6.503	1.36	0.568	0.51	-18.76	10.07	0.66
278	3	AB	0.4	3.2	4.743	0.678	0.213	0.39	-20.63	11.13	0.87
281	2	AB	0.27	3.6	3.645	0.661	0.217	0.4	-20.3	10.86	0.77
283	2	AB	0.39	3.2	3.803	0.89	0.213	0.34	-20.36	10.99	0.85
286	5	AB	0.5	2.4	0.881	0.255	0.106	0.52	-18.5	9.82	0.57
288	3	AB	0.3	3.2	1.765	0.395	0.12	0.42	-19.36	10.47	0.75
295	5	B	0.68	6.8	4.621	0.592	0.319	0.47	-17.69	9.51	0.57
296	2	B	0.29	4.0	0.482	0.583	0.042	0.33	-18.5	10.23	0.81
298	3	B	0.56	8.4	4.307	1.189	0.321	0.39	-19.38	10.61	0.84
302	0	B	0.28	4.0	2.625	1.637	0.243	0.3	-19.34	10.5	0.78
303	5	B	0.31	4.4	3.513	0.508	0.123	0.41	-20.41	11.03	0.85
305	3	AB	0.27	2.8	3.728	0.462	0.145	0.42	-20.8	11.07	0.79
310	4	B	0.36	4.4	5.126	0.632	0.184	0.43	-20.91	11.11	0.78
311	4	AB	0.29	2.8	1.44	0.26	0.086	0.48	-19.21	10.3	0.69
315	1	AB	0.26	3.6	0.844	0.626	0.116	0.31	-18.48	10.25	0.83
317	2	AB	0.29	3.6	1.522	1.011	0.16	0.29	-18.76	10.11	0.69
319	7	B	0.63	6.4	2.26	0.448	0.215	0.49	-19.02	9.92	0.5
320	4	B	0.78	13.2	7.279	1.296	0.406	0.49	-19.17	10.29	0.7
321	3	B	0.4	8.0	0.961	1.075	0.262	0.32	-17.35	9.42	0.6
323	2	B	0.51	4.8	3.304	1.026	0.252	0.36	-19.92	10.53	0.66
324	6	B	0.4	4.8	1.672	0.35	0.124	0.46	-18.16	9.65	0.54
325	3	B	0.64	12.8	6.337	1.388	0.576	0.42	-19.17	10.41	0.76
327	3	B	0.43	4.8	4.087	1.273	0.227	0.38	-19.78	10.63	0.75
329	5	B	0.55	8.0	4.804	0.836	0.292	0.48	-20.45	10.69	0.63
334	3	AB	0.34	2.8	0.839	0.732	0.151	0.38	-17.39	9.49	0.64
335	4	B	0.79	16.8	6.14	1.356	0.505	0.48	-18.66	10.22	0.78
342	2	B	0.38	4.4	2.439	1.242	0.293	0.36	-18.88	10.34	0.8

TABLA A.1: Continuación de la Tabla A, con las columnas como se indica en la primera pagina de este apéndice.

ID	T	AB/B	ϵ	ℓ (")	ℓ (kpc)	ℓ/h	$\ell/lr25$	C	M_g	$\log M$	$g-r$
344	5	B	0.6	5.6	1.668	0.524	0.225	0.49	-18.71	9.88	0.55
347	5	B	0.57	11.2	3.706	0.943	0.261	0.44	-19.62	10.51	0.73
348	3	AB	0.23	3.2	1.782	0.458	0.132	0.42	-19.45	10.54	0.78
350	3	B	0.31	4.4	1.435	0.451	0.133	0.31	-19.59	10.54	0.73
355	2	AB	0.27	3.2	0.33	0.44	0.041	0.29	-18.55	10.15	0.74
360	3	B	0.53	5.6	8.871	1.103	0.418	0.46	-21.21	11.06	0.68
361	1	B	0.53	8.8	3.93	1.499	0.307	0.33	-19.19	10.54	0.83
364	3	AB	0.42	3.6	0.893	0.376	0.092	0.35	-18.74	10.21	0.75
370	3	B	0.39	9.2	4.751	2.597	0.338	0.3	-19.05	10.45	0.82
373	1	B	0.49	6.4	3.233	1.645	0.161	0.35	-18.35	9.86	0.64
374	2	B	0.36	5.2	2.842	0.93	0.213	0.35	-19.25	10.45	0.77
375	6	AB	0.32	3.2	1.574	0.388	0.132	0.47	-19.54	10.33	0.62
380	3	B	0.45	4.8	7.09	1.323	0.31	0.3	-21.24	11.0	0.63
381	4	B	0.33	4.4	1.453	0.46	0.111	0.38	-19.35	10.66	0.87
382	1	B	0.54	10.0	12.383	2.192	0.492	0.4	-20.46	11.12	0.91
385	6	B	0.23	4.4	2.152	0.385	0.176	0.54	-19.53	10.12	0.49
386	6	B	0.81	38.0	3.773	2.112	0.601	0.49	-17.13	9.32	0.6
391	1	B	0.51	6.0	2.585	1.275	0.275	0.33	-18.83	9.96	0.56
395	3	B	0.53	6.0	4.579	1.004	0.381	0.43	-19.44	10.37	0.68
398	3	B	0.45	5.6	3.402	1.008	0.241	0.42	-19.36	10.54	0.8
401	-2	AB	0.28	2.4	0.632	0.348	0.076	0.31	-19.37	10.58	0.82
402	3	B	0.74	12.4	7.222	1.301	0.487	0.46	-19.48	10.59	0.8
403	1	AB	0.21	2.8	1.258	0.373	0.1	0.37	-19.73	10.67	0.79
407	2	B	0.52	12.0	5.595	2.12	0.445	0.33	-19.29	10.33	0.69
408	3	B	0.74	15.2	13.372	1.573	0.62	0.48	-20.42	10.9	0.77
410	3	B	0.44	7.2	3.641	1.19	0.301	0.37	-19.51	10.6	0.8
411	3	B	0.44	9.6	3.198	1.242	0.361	0.43	-18.63	10.2	0.76
415	3	AB	0.3	3.6	2.48	0.527	0.149	0.38	-19.41	10.58	0.81
418	2	B	0.43	5.2	4.935	0.949	0.347	0.4	-20.14	10.6	0.65
419	3	AB	0.27	2.4	1.402	0.515	0.122	0.37	-19.04	10.22	0.68
420	-2	B	0.29	4.0	4.193	1.409	0.265	0.29	-20.14	10.84	0.8
424	5	B	0.47	5.2	2.211	0.395	0.156	0.51	-19.26	10.32	0.69
432	5	B	0.49	6.4	4.003	0.746	0.315	0.48	-19.86	10.58	0.7
435	1	B	0.25	5.2	3.782	1.433	0.248	0.32	-19.72	10.53	0.71
443	3	B	0.41	4.0	3.13	1.049	0.247	0.43	-19.52	10.29	0.6

TABLA A.1: Continuación de la Tabla A, con las columnas como se indica en la primera pagina de este apéndice.

ID	T	AB/B	ϵ	ℓ (")	ℓ (kpc)	ℓ/h	$\ell/lr25$	C	M_g	$\log M$	$g-r$
444	-2	B	0.29	5.6	2.647	1.587	0.223	0.28	-18.99	10.39	0.8
445	6	B	0.6	4.0	0.945	0.274	0.082	0.45	-18.12	9.69	0.57
447	2	B	0.52	10.4	5.351	1.526	0.486	0.43	-18.99	10.38	0.79
450	4	B	0.65	13.6	10.583	1.776	0.41	0.38	-20.39	11.05	0.86
451	4	B	0.43	5.6	4.653	1.008	0.187	0.35	-19.8	10.69	0.79
454	4	B	0.28	4.8	2.848	1.008	0.315	0.46	-19.32	9.86	0.38
455	6	AB	0.58	2.8	0.854	0.264	0.105	0.46	-18.67	9.82	0.52
462	5	AB	0.46	3.6	1.579	0.678	0.243	0.43	-18.38	9.73	0.54
463	3	B	0.64	10.8	4.613	1.543	0.404	0.4	-18.95	10.03	0.59
467	6	B	0.46	4.8	1.737	0.33	0.143	0.53	-18.16	9.44	0.41
468	5	B	0.54	4.4	1.534	0.183	0.071	0.52	-19.09	10.29	0.7
469	5	B	0.28	4.0	5.095	0.439	0.112	0.45	-21.41	11.29	0.77
473	1	AB	0.29	3.6	3.25	1.016	0.226	0.34	-19.81	10.68	0.78
475	2	B	0.48	7.2	5.395	0.968	0.331	0.42	-20.27	10.95	0.83
476	3	AB	0.39	3.6	1.717	0.706	0.155	0.34	-18.63	10.23	0.8
477	3	B	0.5	6.4	6.804	1.072	0.324	0.43	-20.77	11.13	0.82
478	3	B	0.66	7.2	4.374	0.999	0.316	0.47	-19.02	10.23	0.7
480	7	B	0.7	4.0	0.571	0.18	0.069	0.46	-17.73	9.32	0.44
481	5	AB	0.34	3.2	1.448	0.228	0.089	0.46	-19.54	10.4	0.66
486	5	B	0.5	5.6	2.74	0.619	0.188	0.47	-19.03	9.98	0.53
492	3	B	0.5	4.0	3.007	0.846	0.226	0.4	-19.4	10.46	0.74
495	6	B	0.58	4.4	0.872	0.385	0.13	0.5	-17.45	9.07	0.35
498	3	B	0.6	9.2	5.045	1.247	0.355	0.45	-19.51	10.59	0.79
501	4	B	0.38	5.6	7.183	0.797	0.229	0.4	-20.27	10.61	0.62
508	2	AB	0.49	3.6	0.851	0.496	0.131	0.41	-18.35	9.65	0.49
509	3	B	0.48	4.8	3.287	0.839	0.246	0.42	-19.41	10.04	0.48
513	-2	B	0.37	4.0	1.505	1.945	0.248	0.32	-17.79	9.76	0.71
516	2	B	0.44	6.0	1.406	1.045	0.237	0.37	-18.06	9.71	0.61
517	6	B	0.34	6.4	2.952	0.921	0.213	0.35	-19.76	10.3	0.55
518	5	B	0.43	6.0	3.49	0.629	0.192	0.46	-19.97	10.6	0.69
519	4	AB	0.35	2.8	1.36	0.599	0.152	0.41	-18.64	9.87	0.57
520	3	B	0.62	6.8	7.961	1.129	0.394	0.44	-20.27	10.76	0.72
521	5	B	0.29	4.0	4.105	0.508	0.202	0.5	-20.36	10.8	0.72
523	5	B	0.56	4.4	1.324	0.465	0.334	0.49	-17.86	9.24	0.36
524	1	B	0.34	4.0	1.796	0.702	0.225	0.45	-18.51	10.11	0.74

TABLA A.1: Continuación de la Tabla A, con las columnas como se indica en la primera pagina de este apéndice.

ID	T	AB/B	ϵ	ℓ (")	ℓ (kpc)	ℓ/h	$\ell/lr25$	C	M_g	$\log M$	$g-r$
525	5	B	0.36	4.0	2.394	0.382	0.195	0.54	-19.58	10.4	0.66
526	3	B	0.61	7.2	5.239	0.0	0.437	0.0	-16.31	8.76	0.44
529	4	AB	0.35	3.6	3.103	0.81	0.196	0.37	-19.86	10.54	0.67
532	7	AB	0.67	3.6	1.348	0.282	0.132	0.52	-18.79	9.62	0.36
535	5	AB	0.37	0.8	0.465	0.112	0.039	0.48	-19.14	10.03	0.54
536	5	AB	0.2	1.6	0.721	0.24	0.087	0.47	-18.55	9.66	0.45
537	3	AB	0.28	2.8	1.383	0.287	0.088	0.45	-19.4	10.52	0.77
538	4	B	0.45	4.8	2.757	0.927	0.367	0.44	-19.06	10.08	0.59
542	5	B	0.59	9.2	7.083	1.262	0.345	0.41	-20.28	10.75	0.7
543	1	AB	0.35	3.2	1.89	1.067	0.192	0.35	-18.78	10.21	0.74
544	5	AB	0.29	2.8	1.421	0.348	0.122	0.48	-19.01	10.25	0.71
551	6	B	0.68	19.2	3.95	0.916	0.222	0.53	-18.88	10.37	0.81
552	6	B	0.63	8.0	0.67	0.294	0.065	0.49	-16.77	9.21	0.6
553	5	B	0.45	5.6	4.542	0.662	0.203	0.39	-20.17	10.79	0.76
557	2	B	0.25	4.4	2.755	1.779	0.117	0.32	-18.29	9.67	0.53
561	5	AB	0.37	3.6	2.393	0.573	0.159	0.43	-19.72	10.53	0.7
562	6	B	0.51	6.0	3.426	0.671	0.254	0.45	-19.59	10.12	0.47
563	5	B	0.65	4.8	2.449	0.425	0.162	0.5	-19.22	10.17	0.61
564	5	B	0.44	5.2	3.712	0.57	0.185	0.49	-20.27	10.73	0.69
570	-2	AB	0.25	2.8	1.518	1.227	0.175	0.32	-18.88	9.94	0.54
571	4	B	0.65	6.4	1.494	0.941	0.359	0.44	-17.12	8.78	0.25
575	3	AB	0.14	3.6	1.389	0.912	0.199	0.33	-19.43	9.82	0.33
579	4	AB	0.4	2.0	0.886	0.282	0.105	0.44	-18.65	9.6	0.39
580	5	B	0.58	5.6	4.424	0.784	0.25	0.46	-19.65	10.37	0.62
581	1	B	0.41	4.4	3.284	1.768	0.263	0.29	-19.46	10.65	0.84
585	5	B	0.54	5.6	8.185	0.66	0.324	0.54	-21.33	11.11	0.67
586	5	AB	0.33	3.2	2.082	0.528	0.162	0.46	-19.32	10.3	0.66
588	1	B	0.26	8.8	3.784	0.975	0.167	0.31	-20.59	11.03	0.79
592	-2	B	0.25	4.8	2.9	2.374	0.247	0.3	-19.1	10.55	0.87
595	3	B	0.14	4.0	0.708	0.875	0.091	0.34	-19.71	10.75	0.84
596	6	B	0.35	8.4	4.405	0.791	0.324	0.5	-19.54	10.32	0.61
598	2	AB	0.21	3.2	0.566	0.52	0.073	0.32	-18.08	10.01	0.77
599	4	AB	0.15	2.0	0.902	0.22	0.049	0.39	-19.74	10.57	0.72
602	3	B	0.59	4.0	0.627	0.274	0.074	0.42	-18.19	9.96	0.72
604	8	AB	0.43	2.8	0.371	0.483	0.169	0.43	-17.29	8.93	0.3

TABLA A.1: Continuación de la Tabla A, con las columnas como se indica en la primera pagina de este apéndice.

ID	T	AB/B	ϵ	ℓ (")	ℓ (kpc)	ℓ/h	$\ell/lr25$	C	M_g	$\log M$	$g-r$
606	6	B	0.35	4.4	0.439	5.924	0.068	0.45	-13.75	7.77	0.48
608	3	AB	0.21	3.6	2.747	0.783	0.204	0.39	-19.47	10.56	0.79
611	4	AB	0.37	3.2	1.921	0.571	0.132	0.43	-19.18	10.21	0.64
618	5	AB	0.26	2.4	2.338	0.391	0.126	0.47	-20.11	10.55	0.62
620	5	AB	0.27	2.0	0.973	0.272	0.128	0.52	-18.53	9.75	0.51
621	3	B	0.48	4.4	3.841	0.745	0.238	0.4	-20.17	10.53	0.59
622	1	B	0.43	6.4	4.161	2.058	0.29	0.29	-19.55	10.55	0.75
623	2	AB	0.24	2.4	1.21	1.023	0.091	0.3	-18.75	10.31	0.81
625	4	B	0.5	4.4	5.628	0.967	0.252	0.4	-20.85	10.97	0.7
626	3	B	0.46	5.6	4.492	1.291	0.324	0.33	-19.79	10.48	0.66
627	3	B	0.46	4.8	3.66	0.998	0.303	0.39	-18.77	10.15	0.71
629	0	AB	0.32	3.2	10.149	0.772	0.174	0.37	-23.32	12.01	0.79
634	3	B	0.63	8.8	5.422	1.471	0.466	0.43	-19.64	10.57	0.75
636	2	B	0.62	8.8	7.508	1.794	0.599	0.37	-20.0	10.62	0.7
637	7	B	0.59	4.4	0.991	0.187	0.108	0.53	-18.01	9.36	0.4
639	6	AB	0.13	3.6	1.851	0.407	0.182	0.55	-19.47	10.08	0.48
642	4	AB	0.17	1.6	0.84	0.168	0.086	0.55	-18.69	9.99	0.63
645	-2	AB	0.29	3.2	1.616	0.9	0.161	0.34	-18.99	10.36	0.78
650	3	B	0.59	8.4	4.531	1.664	0.369	0.38	-18.98	10.28	0.73
651	1	AB	0.26	2.0	0.994	0.542	0.1	0.38	-18.82	10.33	0.8
652	5	B	0.65	8.4	6.744	0.766	0.348	0.53	-20.18	10.62	0.64
653	1	B	0.47	5.2	3.008	1.691	0.283	0.35	-19.02	10.23	0.69
654	5	AB	0.43	3.2	2.136	0.354	0.154	0.52	-19.33	9.99	0.46
655	3	B	0.67	5.2	0.504	0.348	0.094	0.41	-17.15	9.48	0.7
657	7	B	0.74	5.6	0.955	0.521	0.253	0.55	-17.18	8.98	0.38
658	4	B	0.6	7.2	4.274	0.885	0.266	0.5	-19.55	10.48	0.72
662	5	B	0.41	10.8	1.61	0.766	0.161	0.42	-18.33	10.12	0.82
663	3	B	0.36	4.8	2.743	0.817	0.154	0.36	-19.69	10.65	0.79
664	3	B	0.39	6.0	3.01	0.701	0.187	0.44	-20.27	10.94	0.82
666	6	B	0.53	5.2	2.054	0.46	0.203	0.52	-18.31	9.65	0.5
668	2	B	0.33	5.2	3.511	0.442	0.139	0.47	-19.57	10.7	0.84
674	4	B	0.38	4.8	0.513	0.497	0.114	0.35	-18.15	9.63	0.54
678	4	AB	0.31	2.0	1.97	0.337	0.098	0.4	-20.22	10.84	0.78
680	4	B	0.39	5.2	3.459	0.655	0.224	0.41	-20.18	10.6	0.63
681	5	AB	0.29	2.8	1.181	0.275	0.129	0.46	-18.51	9.93	0.63

TABLA A.1: Continuación de la Tabla A, con las columnas como se indica en la primera pagina de este apéndice.

ID	T	AB/B	ϵ	ℓ (")	ℓ (kpc)	ℓ/h	$\ell/lr25$	C	M_g	$\log M$	$g-r$
682	5	B	0.34	4.4	2.582	0.951	0.153	0.32	-19.42	10.33	0.66
684	5	AB	0.45	3.6	2.038	0.546	0.204	0.49	-18.95	10.05	0.6
685	6	B	0.34	4.4	0.927	0.303	0.093	0.49	-16.89	9.06	0.5
695	3	B	0.44	4.0	3.795	0.671	0.222	0.46	-20.23	10.66	0.66
696	1	B	0.33	4.0	2.367	1.079	0.192	0.33	-19.15	10.4	0.77
698	5	B	0.44	4.8	2.044	0.469	0.221	0.5	-18.59	9.94	0.62
700	5	AB	0.29	2.0	0.835	0.447	0.103	0.41	-18.36	9.77	0.57
701	4	B	0.52	6.8	6.569	0.624	0.268	0.53	-20.22	10.83	0.77
703	3	B	0.33	5.6	4.991	1.006	0.275	0.38	-20.73	10.65	0.53
704	5	AB	0.19	2.0	0.747	0.138	0.05	0.49	-19.36	11.15	1.2
705	2	AB	0.39	3.6	2.618	0.625	0.22	0.42	-19.92	10.62	0.72
706	7	AB	0.27	3.2	1.238	0.238	0.092	0.53	-19.0	10.23	0.69
712	5	B	0.63	5.6	4.398	0.838	0.305	0.43	-19.4	10.36	0.68
713	7	B	0.57	10.4	2.257	0.703	0.256	0.47	-17.44	9.24	0.46
714	1	AB	0.19	2.0	2.147	0.352	0.075	0.36	-20.59	11.15	0.88
716	4	AB	0.34	3.2	2.027	0.381	0.149	0.48	-19.34	10.22	0.6
720	3	B	0.53	8.4	8.666	1.503	0.37	0.36	-20.76	10.74	0.58
721	5	B	0.38	4.4	3.951	0.491	0.111	0.4	-20.48	10.99	0.8
723	4	AB	0.27	2.4	1.48	0.28	0.082	0.39	-20.22	10.73	0.71
724	5	AB	0.25	3.2	3.788	0.454	0.183	0.52	-20.66	10.69	0.56
730	1	B	0.44	4.8	3.693	1.619	0.347	0.32	-19.32	10.53	0.8
731	6	AB	0.3	3.2	1.645	0.282	0.109	0.5	-19.39	10.01	0.46
733	4	B	0.56	7.2	5.044	1.153	0.282	0.42	-20.01	10.54	0.64
734	6	B	0.42	9.2	2.897	12.385	0.228	0.53	-13.2	8.0	0.77
735	5	AB	0.38	2.8	2.552	0.264	0.129	0.52	-19.98	10.6	0.68
736	2	B	0.34	6.4	2.83	0.7	0.232	0.46	-20.03	10.8	0.79
737	6	B	0.65	5.6	1.132	0.458	0.191	0.48	-17.55	9.32	0.48
744	1	B	0.29	6.0	4.854	1.218	0.251	0.38	-19.91	10.71	0.78
745	2	B	0.37	5.2	2.339	0.922	0.273	0.4	-18.9	10.2	0.71
748	3	B	0.56	7.2	6.82	1.283	0.423	0.43	-19.92	10.73	0.78
750	5	AB	0.34	3.6	1.826	0.649	0.199	0.41	-18.78	9.85	0.52
751	2	B	0.28	4.0	3.592	1.443	0.211	0.3	-19.62	10.67	0.82
763	5	AB	0.26	2.4	2.174	0.471	0.179	0.48	-19.99	10.48	0.6
765	2	B	0.56	5.2	3.295	1.252	0.283	0.35	-19.18	10.22	0.65
767	5	AB	0.27	3.2	1.327	0.328	0.103	0.44	-19.43	10.35	0.66

TABLA A.1: Continuación de la Tabla A, con las columnas como se indica en la primera pagina de este apéndice.

ID	T	AB/B	ϵ	ℓ (")	ℓ (kpc)	ℓ/h	$\ell/lr25$	C	M_g	$\log M$	$g-r$
770	5	AB	0.26	2.4	1.192	0.386	0.112	0.43	-18.87	9.75	0.43
781	5	B	0.35	7.2	1.613	0.496	0.118	0.46	-18.59	10.19	0.76
783	4	B	0.44	4.4	1.993	0.905	0.224	0.44	-19.25	10.1	0.56
784	0	B	0.26	4.0	2.156	1.673	0.182	0.3	-18.95	10.26	0.73
785	2	B	0.39	6.4	2.68	0.916	0.323	0.37	-18.81	10.12	0.67
797	4	AB	0.33	2.0	0.392	0.215	0.059	0.39	-18.39	9.4	0.32
801	5	B	0.22	5.6	3.184	0.647	0.16	0.42	-19.85	10.69	0.77
803	4	B	0.6	24.4	9.706	1.412	0.832	0.5	-19.82	10.72	0.79
804	4	B	0.5	5.2	4.598	1.1	0.296	0.45	-20.09	10.35	0.49
805	4	AB	0.13	3.2	1.399	0.303	0.07	0.36	-20.07	10.71	0.72
809	1	AB	0.16	2.4	0.522	0.405	0.062	0.31	-18.24	10.01	0.73
815	0	B	0.35	7.2	6.706	3.102	0.386	0.31	-19.68	10.74	0.85
816	3	B	0.59	9.6	4.728	1.532	0.484	0.42	-18.91	10.09	0.64
819	6	AB	0.3	2.4	0.97	0.279	0.125	0.5	-18.49	9.57	0.41
822	7	B	0.59	4.0	0.507	0.183	0.062	0.58	-16.56	9.13	0.61
823	-2	B	0.34	4.4	3.133	1.72	0.22	0.34	-19.76	10.59	0.74
826	4	B	0.5	8.0	5.78	1.377	0.367	0.39	-19.91	10.44	0.6
828	4	AB	0.26	3.6	1.682	0.343	0.145	0.5	-20.04	10.66	0.71
829	3	AB	0.33	3.2	3.126	1.039	0.244	0.35	-20.03	10.74	0.76
831	4	B	0.5	6.4	1.633	0.699	0.127	0.37	-19.34	10.44	0.74
833	-2	B	0.34	5.6	1.415	2.148	0.194	0.29	-18.35	9.88	0.63
834	5	AB	0.2	2.4	2.607	0.426	0.131	0.34	-20.96	11.2	0.83
835	2	AB	0.39	3.6	3.749	0.581	0.169	0.37	-20.63	11.09	0.84
836	6	B	0.79	6.8	1.54	14.107	0.16	0.52	-13.2	7.29	0.31
840	1	AB	0.31	3.2	1.64	0.618	0.159	0.39	-18.81	10.28	0.77
844	3	AB	0.25	3.6	3.054	0.8	0.228	0.38	-19.81	10.56	0.7
846	2	B	0.27	4.0	3.503	0.702	0.168	0.43	-20.25	10.93	0.83
854	6	B	0.65	8.0	0.817	0.419	0.152	0.46	-24.25	11.86	0.44
855	4	B	0.56	4.8	3.112	0.741	0.316	0.49	-19.25	10.22	0.63
859	3	B	0.53	7.2	7.443	0.995	0.267	0.41	-20.65	11.07	0.82
864	5	B	0.57	5.2	4.469	0.697	0.283	0.5	-19.84	10.55	0.69
868	4	B	0.45	6.4	6.646	1.398	0.246	0.34	-20.43	10.95	0.79
870	0	B	0.27	4.0	3.259	1.563	0.251	0.31	-19.47	10.61	0.82
872	4	AB	0.37	3.6	1.97	0.648	0.216	0.43	-18.85	10.09	0.65
873	3	B	0.45	5.2	3.743	1.307	0.3	0.39	-19.51	10.48	0.72

TABLA A.1: Continuación de la Tabla A, con las columnas como se indica en la primera pagina de este apéndice.

ID	T	AB/B	ϵ	ℓ (")	ℓ (kpc)	ℓ/h	$\ell/lr25$	C	M_g	$\log M$	$g-r$
878	6	AB	0.35	3.6	0.542	0.327	0.088	0.47	-19.04	10.14	0.62
880	6	AB	0.39	2.0	0.544	0.132	0.052	0.5	-18.33	9.79	0.58
882	5	B	0.43	6.4	3.218	0.734	0.275	0.44	-19.75	10.23	0.51
883	3	B	0.56	5.6	3.765	1.182	0.318	0.36	-19.85	10.44	0.62
884	1	B	0.38	5.2	1.962	1.352	0.267	0.35	-18.1	9.8	0.65
886	3	B	0.5	4.8	2.025	1.023	0.294	0.43	-19.1	9.83	0.42
889	1	B	0.41	27.6	2.903	2.503	0.497	0.35	-17.36	9.63	0.71
890	2	AB	0.21	3.2	1.736	0.566	0.151	0.38	-19.04	10.35	0.75
895	5	AB	0.43	3.2	1.504	0.303	0.137	0.55	-18.74	9.92	0.58
896	5	AB	0.23	3.2	2.746	0.641	0.15	0.43	-19.84	10.42	0.6
897	6	AB	0.11	2.0	1.72	0.363	0.1	0.38	-20.6	10.65	0.55
898	5	AB	0.33	2.0	1.969	0.503	0.107	0.33	-20.35	10.71	0.66
899	4	B	0.43	4.8	2.844	0.78	0.27	0.44	-19.37	10.24	0.61
903	7	B	0.44	5.2	1.255	0.461	0.23	0.52	-17.16	9.2	0.5
904	5	AB	0.22	2.4	0.947	0.219	0.112	0.55	-18.81	9.77	0.45
905	5	AB	0.25	3.6	1.736	0.495	0.195	0.45	-19.1	9.95	0.49
906	3	B	0.55	6.4	4.078	1.382	0.339	0.34	-19.2	10.38	0.75
909	3	B	0.37	4.4	2.919	1.156	0.261	0.36	-19.5	10.41	0.68
910	4	B	0.59	17.6	3.84	1.012	0.268	0.49	-18.92	10.37	0.8
911	4	AB	0.23	2.8	1.112	0.328	0.122	0.46	-18.66	9.99	0.63
913	4	AB	0.35	2.4	1.611	0.34	0.178	0.45	-19.15	10.13	0.6
917	-2	AB	0.23	3.6	1.319	0.611	0.197	0.34	-18.32	10.09	0.77
922	5	B	0.38	4.4	2.259	0.347	0.209	0.53	-18.97	10.14	0.64
923	4	AB	0.34	2.8	0.51	0.286	0.073	0.4	-18.22	9.54	0.46
924	4	B	0.46	4.0	3.463	0.584	0.254	0.48	-19.74	10.64	0.77
927	6	B	0.42	4.0	1.953	0.51	0.173	0.43	-19.46	9.85	0.34
933	5	AB	0.5	3.6	2.963	0.511	0.229	0.49	-19.73	10.29	0.55
935	5	B	0.66	8.0	6.563	0.842	0.35	0.51	-19.87	10.49	0.64
936	5	AB	0.39	3.6	2.256	0.915	0.198	0.4	-19.75	10.26	0.52
938	2	B	0.43	4.8	3.853	1.351	0.289	0.32	-19.39	10.51	0.78
948	3	B	0.56	5.6	6.071	1.197	0.281	0.37	-20.5	10.97	0.79
953	4	B	0.62	6.8	4.028	0.896	0.311	0.48	-19.96	10.42	0.57
955	6	B	0.52	6.4	2.3	0.409	0.175	0.5	-19.37	10.3	0.64
959	2	B	0.37	7.2	8.42	2.483	0.322	0.31	-20.49	10.94	0.77
965	3	B	0.48	6.4	4.907	1.155	0.41	0.41	-19.86	10.69	0.77

TABLA A.1: Continuación de la Tabla A, con las columnas como se indica en la primera pagina de este apéndice.

ID	T	AB/B	ϵ	ℓ (")	ℓ (kpc)	ℓ/h	$\ell/lr25$	C	M_g	$\log M$	$g-r$
969	5	B	0.62	12.8	6.047	1.083	0.311	0.43	-20.21	10.75	0.72
970	3	AB	0.38	3.2	3.068	0.835	0.166	0.33	-20.39	10.66	0.62
977	5	B	0.4	6.0	2.863	0.861	0.193	0.36	-19.56	10.39	0.66
980	5	AB	0.35	2.0	0.702	0.288	0.094	0.41	-18.7	9.87	0.55
982	5	AB	0.64	2.0	0.47	0.221	0.0	0.42	-17.78	9.32	0.43
985	-2	B	0.34	5.2	4.952	2.227	0.356	0.3	-19.87	10.73	0.8
989	5	B	0.34	5.2	2.376	0.85	0.241	0.44	-19.26	10.23	0.64
991	-2	B	0.35	6.8	11.463	1.527	0.313	0.33	-21.08	11.44	0.97
992	1	B	0.26	4.4	3.451	1.275	0.351	0.34	-19.45	10.52	0.76
995	1	B	0.38	6.4	6.577	2.549	0.368	0.35	-20.11	10.96	0.88
996	2	B	0.33	4.8	14.374	1.342	0.29	0.34	-23.18	11.92	0.76
998	5	B	0.47	4.4	2.153	0.622	0.192	0.47	-19.44	10.27	0.61
1002	1	B	0.35	10.0	2.086	1.786	0.256	0.29	-18.22	10.08	0.78
1005	3	B	0.61	8.8	6.344	1.474	0.364	0.4	-20.12	10.19	0.38
1006	7	B	0.71	7.2	1.353	0.432	0.229	0.47	-16.9	8.92	0.4
1010	4	B	0.46	4.0	4.674	0.703	0.204	0.41	-20.84	10.93	0.68
1011	2	B	0.53	6.8	7.24	1.179	0.442	0.41	-20.31	10.88	0.78
1012	2	AB	0.37	3.6	3.141	0.988	0.202	0.38	-19.66	10.63	0.78
1015	4	B	0.62	16.4	8.292	1.752	0.412	0.39	-19.61	10.56	0.74
1017	5	B	0.73	6.4	3.7	0.779	0.316	0.53	-18.72	10.03	0.65
1019	7	B	0.67	9.6	4.205	1.584	0.453	0.37	-19.75	10.16	0.47
1022	3	B	0.5	8.0	4.529	1.105	0.305	0.41	-19.72	10.61	0.76
1023	6	B	0.36	4.0	0.777	0.282	0.083	0.47	-17.03	8.88	0.34
1025	4	B	0.49	9.6	4.159	1.332	0.293	0.33	-19.94	10.58	0.68
1028	2	B	0.59	8.4	33.863	3.331	0.613	0.32	-23.59	12.13	0.83
1029	4	B	0.37	4.0	1.981	0.446	0.16	0.42	-19.04	10.22	0.68
1030	0	AB	0.36	2.8	1.038	0.75	0.182	0.36	-18.4	10.07	0.73
1037	5	B	0.39	5.6	2.076	0.614	0.212	0.43	-18.96	10.22	0.69
1043	5	B	0.57	19.2	7.25	1.156	0.256	0.5	-20.06	10.85	0.81
1044	2	B	0.57	12.0	5.81	2.517	0.412	0.3	-19.38	10.43	0.72
1045	2	B	0.45	9.6	6.319	1.677	0.46	0.39	-19.54	10.69	0.84
1047	4	B	0.57	5.6	3.113	0.785	0.31	0.49	-18.86	10.0	0.59
1050	6	B	0.53	9.2	2.117	0.609	0.22	0.52	-18.14	9.55	0.47
1061	4	B	0.52	7.6	7.234	1.35	0.517	0.41	-20.31	10.74	0.69
1062	4	B	0.73	14.4	6.044	1.269	0.409	0.5	-19.81	10.56	0.71

TABLA A.1: Continuación de la Tabla A, con las columnas como se indica en la primera pagina de este apéndice.

ID	T	AB/B	ϵ	ℓ (")	ℓ (kpc)	ℓ/h	$\ell/lr25$	C	M_g	$\log M$	$g-r$
1063	3	B	0.47	4.4	1.963	0.555	0.21	0.45	-18.8	9.9	0.54
1064	5	B	0.69	14.8	7.233	1.056	0.452	0.52	-19.38	10.41	0.72
1065	3	B	0.35	4.8	2.897	0.613	0.243	0.4	-19.56	10.58	0.78
1067	1	AB	0.18	3.2	1.269	0.734	0.129	0.35	-19.07	9.98	0.52
1070	-2	B	0.31	5.2	1.295	1.445	0.316	0.34	-17.32	9.46	0.64
1072	3	B	0.47	5.2	2.108	0.932	0.258	0.38	-19.11	10.09	0.58
1074	5	B	0.59	4.4	1.056	0.424	0.176	0.5	-18.2	9.53	0.46
1078	4	B	0.64	5.6	2.804	1.024	0.244	0.34	-19.22	9.86	0.41
1085	5	B	0.54	10.0	4.561	1.308	0.369	0.39	-19.2	10.41	0.75
1088	5	B	0.45	4.4	3.127	0.452	0.17	0.45	-19.79	10.48	0.65
1092	3	B	0.6	13.2	2.925	1.212	0.436	0.43	-18.36	9.98	0.69
1093	4	B	0.32	4.0	2.764	0.82	0.204	0.41	-19.62	10.46	0.68
1095	2	B	0.35	5.6	2.891	0.831	0.207	0.38	-19.72	10.65	0.77
1096	4	B	0.7	7.6	4.195	0.898	0.355	0.49	-19.01	10.12	0.63
1102	5	B	0.53	4.4	3.761	0.652	0.194	0.48	-20.01	10.53	0.63
1103	4	B	0.65	6.8	3.055	0.786	0.36	0.49	-18.54	9.78	0.53
1105	5	B	0.61	4.8	3.403	0.526	0.213	0.48	-19.54	10.2	0.54
1106	7	AB	0.58	2.8	0.624	0.226	0.089	0.46	-17.21	9.16	0.47
1107	5	B	0.22	4.8	18.408	0.878	0.179	0.34	-24.21	12.19	0.7
1112	5	AB	0.65	2.8	0.835	0.307	0.119	0.46	-17.84	9.35	0.44
1116	3	B	0.68	11.6	6.617	1.23	0.463	0.44	-19.74	10.64	0.77
1117	4	B	0.4	4.4	3.752	0.602	0.179	0.43	-20.08	10.72	0.74
1118	2	B	0.35	4.0	2.548	0.932	0.256	0.41	-19.07	10.4	0.78
1121	-2	AB	0.3	3.2	1.452	1.616	0.177	0.35	-18.04	9.93	0.74
1125	-2	AB	0.1	2.4	1.604	0.821	0.153	0.3	-23.42	12.09	0.82
1127	-2	AB	0.35	3.2	1.917	1.035	0.18	0.3	-19.21	10.48	0.8
1132	4	B	0.64	9.2	5.987	0.916	0.315	0.53	-20.3	10.72	0.68
1134	4	AB	0.25	3.2	1.506	0.437	0.102	0.37	-19.22	10.36	0.72
1136	6	B	0.46	4.8	1.374	0.337	0.153	0.53	-18.53	9.95	0.63
1137	6	B	0.53	13.2	3.855	0.891	0.274	0.52	-19.59	10.6	0.77
1139	4	B	0.37	6.0	1.938	0.873	0.203	0.33	-19.2	10.37	0.73
1140	0	B	0.42	4.4	3.16	1.536	0.33	0.3	-19.3	10.52	0.81
1148	4	AB	0.35	2.4	1.943	0.744	0.161	0.43	-20.1	10.02	0.27
1152	4	B	0.43	7.6	6.149	1.064	0.297	0.48	-20.09	10.83	0.8
1159	2	B	0.44	4.4	2.011	1.095	0.169	0.33	-18.91	10.32	0.77

TABLA A.1: Continuación de la Tabla A, con las columnas como se indica en la primera pagina de este apéndice.

ID	T	AB/B	ϵ	ℓ (")	ℓ (kpc)	ℓ/h	$\ell/lr25$	C	M_g	$\log M$	$g-r$
1161	6	AB	0.38	2.0	1.165	0.248	0.096	0.49	-19.6	10.05	0.43
1169	5	AB	0.14	3.2	4.597	0.355	0.169	0.49	-21.06	11.04	0.7
1172	3	B	0.37	4.4	2.813	0.728	0.228	0.42	-19.3	10.32	0.68
1174	-2	B	0.34	4.0	3.847	1.137	0.214	0.3	-20.06	10.93	0.88
1181	-2	B	0.44	6.0	4.557	1.666	0.386	0.32	-19.14	10.49	0.82
1184	2	B	0.38	6.8	4.552	1.966	0.322	0.31	-19.36	10.6	0.84
1190	3	AB	0.22	2.4	1.62	0.656	0.137	0.33	-19.48	10.52	0.76
1192	2	AB	0.16	3.2	2.08	0.705	0.182	0.41	-19.03	10.36	0.77
1194	4	B	0.52	5.2	2.376	0.943	0.237	0.39	-18.96	10.08	0.62
1195	7	B	0.7	8.4	2.879	0.603	0.342	0.47	-17.99	9.39	0.42
1196	5	AB	0.27	3.2	0.877	0.209	0.08	0.47	-18.83	10.05	0.62
1199	5	B	0.64	11.2	5.351	0.614	0.257	0.53	-20.05	10.71	0.73
1200	5	AB	0.4	3.6	0.617	0.274	0.11	0.46	-18.59	9.95	0.62
1203	3	AB	0.38	3.6	2.695	1.143	0.196	0.36	-19.95	10.38	0.55
1205	3	AB	0.4	2.8	1.053	0.477	0.117	0.34	-18.49	10.2	0.8
1207	4	AB	0.36	3.2	1.995	0.494	0.12	0.42	-19.34	10.32	0.67
1214	7	B	0.29	4.8	0.533	0.318	0.084	0.45	-17.25	9.19	0.45
1215	4	B	0.62	5.6	3.558	1.102	0.313	0.39	-19.18	10.25	0.67
1216	2	B	0.24	4.0	2.385	0.702	0.193	0.39	-19.4	10.64	0.85
1220	2	B	0.43	5.6	4.673	1.554	0.328	0.31	-19.98	10.34	0.52
1221	4	B	0.44	5.6	5.777	1.033	0.31	0.41	-20.19	10.8	0.76
1222	3	B	0.49	8.0	3.988	1.144	0.372	0.41	-18.99	10.33	0.76
1223	3	B	0.42	6.4	4.117	1.229	0.286	0.33	-20.6	10.51	0.47
1226	6	AB	0.36	3.6	1.953	0.413	0.132	0.43	-19.58	10.14	0.5
1228	4	B	0.33	6.0	3.208	0.513	0.105	0.42	-20.05	10.76	0.76
1230	4	B	0.61	12.8	5.941	1.35	0.462	0.44	-19.44	10.53	0.77
1234	3	B	0.61	4.4	2.665	0.966	0.278	0.41	-18.75	10.17	0.73
1242	5	AB	0.22	2.4	0.709	0.426	0.143	0.42	-17.51	9.38	0.54
1245	5	AB	0.12	3.2	0.907	0.27	0.071	0.48	-18.53	9.82	0.55
1253	8	AB	0.5	3.2	0.407	0.428	0.287	0.44	-15.59	8.31	0.34
1254	6	B	0.43	4.0	2.5	0.542	0.199	0.38	-19.54	10.34	0.63
1256	2	AB	0.34	3.6	2.224	1.489	0.239	0.31	-18.94	10.35	0.79
1260	0	B	0.33	6.8	3.173	1.866	0.489	0.33	-18.34	10.02	0.72
1261	5	B	0.32	8.4	2.851	0.577	0.203	0.39	-19.66	10.7	0.81
1264	3	B	0.38	18.4	13.851	3.118	0.835	0.38	-20.09	10.75	0.75

TABLA A.1: Continuación de la Tabla A, con las columnas como se indica en la primera pagina de este apéndice.

ID	T	AB/B	ϵ	ℓ (")	ℓ (kpc)	ℓ/h	$\ell/lr25$	C	M_g	$\log M$	$g-r$
1271	2	B	0.38	4.0	3.19	1.318	0.21	0.32	-19.47	10.53	0.77
1272	2	B	0.56	10.0	7.02	2.029	0.604	0.39	-19.3	10.47	0.77
1274	7	AB	0.38	2.0	0.689	0.212	0.08	0.48	-18.14	9.4	0.39
1276	2	B	0.47	4.4	5.056	0.736	0.344	0.45	-20.37	10.99	0.84
1278	3	B	0.32	4.4	3.231	0.715	0.167	0.35	-20.93	10.96	0.67
1280	4	B	0.63	12.0	9.69	1.538	0.577	0.52	-20.08	10.63	0.68
1282	4	B	0.72	7.6	5.227	1.183	0.595	0.48	-18.91	10.27	0.75
1283	9	AB	0.52	2.4	0.287	0.321	0.149	0.44	-15.47	8.64	0.59
1301	6	AB	0.46	2.8	2.739	0.334	0.167	0.48	-20.27	10.75	0.7
1305	4	B	0.6	6.8	8.108	0.86	0.335	0.47	-20.71	11.0	0.76
1310	2	B	0.33	4.4	4.173	1.513	0.213	0.31	-19.8	10.83	0.88
1318	4	B	0.57	5.2	4.544	0.724	0.248	0.4	-19.75	10.53	0.7
1319	4	AB	0.34	2.4	1.375	0.32	0.099	0.44	-19.82	10.41	0.61
1322	4	B	0.68	10.4	6.589	0.96	0.344	0.49	-19.96	10.72	0.77
1326	2	B	0.59	11.6	7.069	3.307	0.495	0.3	-19.34	10.32	0.67
1330	3	B	0.6	14.4	1.976	0.829	0.259	0.46	-17.95	10.01	0.82
1333	3	B	0.58	11.6	6.984	1.669	0.52	0.33	-19.56	10.34	0.63
1334	3	B	0.52	7.2	6.995	1.31	0.402	0.4	-19.89	10.7	0.77
1338	3	AB	0.53	3.6	2.325	0.723	0.162	0.39	-19.0	10.18	0.67
1340	7	B	0.18	7.2	1.406	0.628	0.143	0.52	-17.69	9.44	0.52
1342	4	B	0.45	4.4	5.042	0.725	0.235	0.44	-20.44	10.93	0.78
1346	1	B	0.36	4.4	1.361	1.211	0.269	0.36	-17.67	9.57	0.62
1350	2	B	0.55	7.6	7.105	2.448	0.392	0.31	-19.83	10.52	0.67
1352	-2	B	0.3	4.0	3.007	1.349	0.258	0.31	-19.2	10.36	0.73
1353	3	B	0.43	5.2	3.902	1.16	0.245	0.35	-19.62	10.57	0.76
1354	5	B	0.53	6.4	4.836	0.712	0.26	0.5	-19.71	10.49	0.68
1356	6	B	0.48	6.8	1.295	0.0	0.141	0.0	-10.51	6.38	0.45
1368	3	B	0.67	5.6	2.549	0.934	0.279	0.42	-18.95	9.87	0.49
1369	2	B	0.52	6.8	2.628	1.394	0.254	0.33	-18.99	10.34	0.77
1371	2	B	0.46	4.0	2.068	1.029	0.204	0.35	-18.57	10.2	0.79
1372	4	B	0.47	4.8	4.653	1.293	0.277	0.34	-20.02	10.6	0.67
1375	5	B	0.47	6.0	5.019	1.527	0.185	0.34	-19.75	10.62	0.75
1383	7	B	0.56	4.0	0.756	0.266	0.138	0.48	-17.02	8.96	0.38
1385	3	B	0.69	12.8	14.082	2.189	0.562	0.39	-20.34	11.06	0.89
1386	7	AB	0.38	2.8	0.876	0.239	0.104	0.52	-17.98	9.49	0.48

TABLA A.1: Continuación de la Tabla A, con las columnas como se indica en la primera pagina de este apéndice.

ID	T	AB/B	ϵ	ℓ (")	ℓ (kpc)	ℓ/h	$\ell/lr25$	C	M_g	$\log M$	$g-r$
1388	7	B	0.48	8.4	5.679	0.731	0.264	0.47	-20.67	10.83	0.65
1389	1	B	0.2	4.0	2.841	1.073	0.207	0.31	-19.84	10.73	0.8
1390	2	B	0.48	4.8	4.533	0.693	0.266	0.5	-20.02	10.78	0.79
1396	5	B	0.35	8.8	2.821	0.754	0.204	0.48	-18.97	10.2	0.69
1401	5	AB	0.35	3.2	2.431	0.627	0.132	0.44	-19.99	10.43	0.57
1403	5	AB	0.43	3.2	1.421	0.286	0.109	0.46	-19.17	10.22	0.64
1414	5	B	0.31	8.4	2.487	1.318	0.514	0.47	-17.92	9.37	0.42
1423	1	AB	0.13	3.6	1.898	1.24	0.159	0.27	-19.32	10.52	0.79
1424	4	B	0.66	7.2	6.928	1.15	0.386	0.48	-21.06	10.86	0.58
1425	5	AB	0.26	2.8	2.203	0.282	0.105	0.51	-20.14	10.6	0.64
1437	1	AB	0.33	2.4	3.778	0.671	0.128	0.3	-20.96	11.39	0.96
1438	3	B	0.57	12.8	5.25	1.141	0.446	0.49	-19.03	10.27	0.72
1442	-2	B	0.48	7.6	8.145	2.578	0.472	0.29	-19.99	10.9	0.87
1443	2	B	0.53	9.2	5.846	2.488	0.466	0.35	-19.33	10.64	0.87
1447	3	B	0.63	12.0	8.456	1.321	0.564	0.48	-19.66	10.45	0.67
1449	5	B	0.38	4.8	4.831	0.554	0.251	0.5	-20.42	10.87	0.74
1455	2	AB	0.46	3.6	2.652	0.77	0.138	0.32	-19.69	10.64	0.79
1457	3	B	0.58	23.2	9.61	1.753	0.551	0.43	-19.72	10.69	0.8
1459	6	B	0.43	6.0	1.069	0.384	0.151	0.45	-18.48	9.88	0.6
1463	2	B	0.39	4.8	5.76	1.649	0.222	0.29	-20.17	10.98	0.89
1464	4	B	0.59	6.0	7.13	1.03	0.304	0.43	-20.64	10.94	0.74
1466	8	B	0.59	5.6	1.678	0.72	0.274	0.55	-18.17	9.49	0.44
1468	3	B	0.45	6.0	7.956	1.059	0.24	0.38	-20.82	11.07	0.78
1469	5	B	0.56	7.2	4.664	0.822	0.384	0.49	-19.79	10.46	0.64
1470	5	B	0.44	4.8	2.452	0.443	0.184	0.5	-19.18	10.2	0.64
1477	3	B	0.61	8.4	3.123	1.206	0.488	0.48	-18.46	10.07	0.73
1481	5	B	0.52	5.6	3.631	0.795	0.327	0.4	-19.53	10.45	0.7
1482	4	AB	0.34	2.8	2.592	0.489	0.195	0.45	-20.07	10.56	0.63
1489	4	B	0.58	6.0	3.69	0.627	0.264	0.51	-19.33	10.21	0.6
1490	3	B	0.78	8.0	5.614	0.618	0.376	0.77	-16.53	11.09	1.92
1494	2	B	0.46	5.6	20.039	1.462	0.368	0.41	-23.46	12.03	0.78
1499	3	AB	0.34	3.2	3.334	0.533	0.165	0.42	-20.16	10.85	0.8
1501	5	AB	0.3	2.4	2.392	0.24	0.112	0.51	-20.45	10.73	0.65
1511	5	AB	0.51	3.6	2.03	0.254	0.107	0.46	-19.7	10.46	0.66

Bibliografía

- Abraham, R. G., Merrifield, M. R., Ellis, R. S., Tanvir, N. R., & Brinchmann, J. 1999, MNRAS, 308, 569
- Abraham, R. G., & Merrifield, M. R. 2000, AJ, 120, 2835
- Adelman-McCarthy, J. K., Agüeros, M. A., Allam, S. S., et al. 2007, ApJS, 172, 634
- Aguerri, J. A. L., Debattista, V. P., & Corsini, E. M. 2003, MNRAS, 338, 465
- Aguerri, J. A. L., Elias-Rosa, N., Corsini, E. M., & Muñoz-Tuñón, C. 2005, A&A, 434, 109
- Aguerri, J. A. L., Méndez-Abreu, J., & Corsini, E. M. 2009, A&A, 495, 491
- Aragon-Calvo, M. A., & Szalay, A. S. 2013, MNRAS, 428, 3409
- Athanassoula, E., Morin, S., Wozniak, H., et al. 1990, MNRAS, 245, 130
- Athanassoula, E. 2003, MNRAS, 341, 1179
- Athanassoula, E., & Misiriotis, A. 2002, MNRAS, 330, 35
- Athanassoula, E., Lambert, J. C., & Dehnen, W. 2005, MNRAS, 363, 496
- Barazza, F. D., Binggeli, B., & Jerjen, H. 2002, A&A, 391, 823
- Barazza, F. D., Jogee, S., & Marinova, I. 2008, ApJ, 675, 1194
- Barazza, F. D., Jablonka, P., Desai, V., et al. 2009, A&A, 497, 713
- Bell, E. F., McIntosh, D. H., Katz, N., & Weinberg, M. D. 2003, ApJS, 149, 289
- Binney, James, 1950-, Galactic dynamics / James Binney and Scott Tremaine, 2a ed., Princeton, New Jersey : Princeton University Press, 885 pp.
- Blanton, M. R., Dalcanton, J., Eisenstein, D., et al. 2001, AJ, 121, 2358
- Blanton, M. R., Schlegel, D. J., Strauss, M. A., et al. 2005, AJ, 129, 2562

- Bournaud, F., Combes, F., & Semelin, B. 2005, MNRAS, 364, L18
- Buta, R., & Crocker, D. A. 1993, AJ, 106, 939
- Buta, R., & Block, D. L. 2001, ApJ, 550, 243
- Buta, R. 1986, ApJS, 61, 609
- Carter, D. 1978, MNRAS, 182, 797
- Colbert, J. W., Mulchaey, J. S., & Zabludoff, A. I. 2001, AJ, 121,
- Chilingarian, I. V., Cayatte, V., Durret, F., et al. 2008, A&A, 486, 85
- Choi, Y.-Y., Park, C., & Vogeley, M. S. 2007, ApJ, 658, 884
- Curir, A., Mazzei, P., & Murante, G. 2008, A&A, 481, 651
- Elmegreen, B. G., & Elmegreen, D. M. 1985, ApJ, 288, 438
- Elmegreen, B. G., Seiden, P. E., & Elmegreen, D. M. 1989, ApJ, 343, 602
- Elmegreen, B. G., & Elmegreen, D. M. 1989, ApJ, 342, 677
- Erwin, P., & Sparke, L. S. 2003, ApJS, 146, 299
- Erwin, P. 2005, MNRAS, 364, 283
- Erwin, P., Pohlen, M., & Beckman, J. E. 2008, AJ, 135, 20
- Eskridge, P. B., Frogel, J. A., Pogge, R. W., et al. 2000, AJ, 119, 536
-]Ferrers, N. M. 1877, Quart. J. Pure and Appl. Math., 14, 1
- Freeman, K. C. 1970, ApJ, 160, 811
- Friedli, D., & Martinet, L. 1993, A&A, 277, 27
- Friedli, D., & Benz, W. 1993, A&A, 268, 65
- Gadotti, D. A., & de Souza, R. E. 2006, ApJS, 163, 270
- Gadotti, D. A., Athanassoula, E., Carrasco, L., et al. 2007, MNRAS, 381, 943
- Gadotti, D. A. 2008, MNRAS, 384, 420
- Gadotti, D. A. 2011, MNRAS, 415, 3308
- Gavazzi, G., Boselli, A., Donati, A., Franzetti, P., & Scodreggio, M. 2003, arXiv:astro-ph/0309388

- Giordano, L., Tran, K.-V. H., Moore, B., & Saintonge, A. 2010, arXiv:1002.3167
- Giordano, L., Tran, K.-V. H., Moore, B., & Saintonge, A. 2011, arXiv:1111.1532
- Gawiser, E. J., Zhan, H., Abate, A., et al. 2013, American Astronomical Society Meeting Abstracts, 221, #247.08
- Hernández-Toledo, H. M., Vázquez-Mata, J. A., Martínez-Vázquez, L. A., Choi, Y.-Y., & Park, C. 2010, AJ, 139, 2525
- Hernández-Toledo, H. M., Méndez-Hernández, H., Aceves, H., & Olguín, L. 2011, AJ, 141, 74
- Hoyle, B., Masters, K. L., Nichol, R. C., et al. 2011, MNRAS, 415, 3627
- Holmberg, E.: 1958, Lund Medd. Astron. Obs. Ser. II 136, 1
- Hozumi, S., & Hernquist, L. 1999, Galaxy Dynamics - A Rutgers Symposium, 182, 259
- Hubble, E. P. 1926, ApJ, 64, 321
- Hubble, E. P. 1936, Realm of the Nebulae, by E.P. Hubble. New Haven: Yale University Press, 1936. ISBN 9780300025002
- Jansen, R. A., Franx, M., Fabricant, D., & Caldwell, N. 2000, ApJS, 126, 271
- Jedrzejewski, R. I. 1987, MNRAS, 226, 747
- Jungwiert, B., Combes, F., & Axon, D. J. 1997, A&AS, 125, 479
- Knapen, J. H., Shlosman, I., & Peletier, R. F. 2000, ApJ, 529, 93
- Laine, S., Shlosman, I., Knapen, J. H., & Peletier, R. F. 2002, ApJ, 567, 97
- Laurikainen, E., Salo, H., Buta, R., & Knapen, J. H. 2007, MNRAS, 381, 401
- Laurikainen, E., Salo, H., Buta, R., & Vasylyev, S. 2004, MNRAS, 355, 1251
- Laurikainen, E., Salo, H., Buta, R., & Knapen, J. H. 2009, ApJ, 692, L34
- Lisker, T., Grebel, E. K., & Binggeli, B. 2006, AJ, 132, 497
- in preparation
- Malin, D. F., & Zealey, W. J. 1979, S&T, 57, 354
- Malin, D. F., Quinn, P. J., & Graham, J. A. 1983, ApJ, 272, L5
- Marinova, I., & Jogee, S. 2007, ApJ, 659, 1176
- Marinova, I., Jogee, S., Weinzirl, T., et al. 2012, ApJ, 746, 136

- Masters, K. L., Nichol, R. C., Hoyle, B., et al. 2011, MNRAS, 411, 2026
- Mendez, M., Orsatti, A. M., & Forte, J. C. 1989, ApJ, 338, 136
- Menéndez-Delmestre, K., Sheth, K.,
- Méndez-Hernández, H., Magaña, A. M., Hernández-Toledo, H. M., & Valenzuela, O. 2011, Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica Conference Series, 40, 78
- Nair, P. B., & Abraham, R. G. 2010, ApJS, 186, 427
- Nair, P. B., & Abraham, R. G. 2010, ApJ, 714, L260
- Noordermeer, E., & van der Hulst, J. M. 2007, MNRAS, 376, 1480
- Norman, C. A., Sellwood, J. A., & Hasan, H. 1996, ApJ, 462, 114
- Odehahn, S. C., Cohen, S. H., Windhorst, R. A., & Philip, N. S. 2002, ApJ, 568, 539
- Ohta, K., Hamabe, M., & Wakamatsu, K.-I. 1990, ApJ, 357, 71
- Rauscher, B. J. 1995, AJ, 109, 1608
- Rix, H.-W., & Zaritsky, D. 1995, ApJ, 447, 82
- Rodríguez-Puebla, A., Drory, N., & Avila-Reese, V. 2012, ApJ, 756, 2
en preparación
- Slavcheva-Mihova, L., & Mihov, B. 2011, A&A, 526, A43
- Shen, J., & Sellwood, J. A. 2004, ApJ, 604, 614
- Schweizer, F., & Ford, W. K., Jr. 1985, New Aspects of Galaxy Photometry, 232, 145
- Simard, L., Mendel, J. T., Patton, D. R., Ellison, S. L., & McConnell, A. W. 2011, ApJS, 196, 11
- Whyte, L. F., Abraham, R. G., Merrifield, M. R., et al. 2002, MNRAS, 336, 1281
- Wozniak, H., Friedli, D., Martinet, L., Martin, P., & Bratschi, P. 1995, A&AS, 111, 115
- Yasuda, N., Fukugita, M., Narayanan, V. K., et al. 2001, AJ, 122, 1104
- York, D. G., Adelman, J., Anderson, J. E., Jr., et al. 2000, AJ, 120, 1579
- Zaritsky, D., & Rix, H.-W. 1997, ApJ, 477, 118