



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

INSTITUTO DE ASTRONOMÍA

ESTUDIO DE LA HISTORIA DE FORMACIÓN ESTELAR DE
LA GALAXIA ESPIRAL ROJA UGC11680

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA:

JEFFREY ELIUD BÁRCENAS MOSQUEDA

DIRECTOR DE TESIS:

DR. SEBASTIÁN FRANCISCO SÁNCHEZ SÁNCHEZ



MÉXICO, DISTRITO FEDERAL

ENERO (?), 2016

**Estudio de la Historia de Formación Estelar de la galaxia espiral
roja UGC11680**

por

Jeffrey Eliud Bárcenas Mosqueda

Tesis presentada para obtener el grado de

Maestro en Ciencias

en el

INSTITUTO DE ASTRONOMÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

México, Distrito Federal. Enero (?), 2016

*As for me, I am tormented with an everlasting itch for things remote.
I love to sail forbidden seas, and land on barbarous coasts.*
HERMAN MELVILLE, MOBY-DICK; OR, THE WHALE

Agradecimientos

Contents

| | | |
|----------|--|-----------|
| I | Estableciendo el Escenario | 1 |
| 1 | Introducción | 2 |
| 1.1 | Disgresión sobre el <i>Quenching</i> | 4 |
| 2 | Clasificación Galáctica | 7 |
| 2.1 | Primeros pasos: la Clasificación Morfológica de Hubble | 7 |
| 2.2 | Clasificación Bimodal | 8 |
| 2.3 | UGC11680NED01 | 12 |
| 3 | Exprimiendo los Cubos | 31 |
| 4 | Califa | 32 |
| 4.1 | Lists Environments | 32 |
| 5 | Fit3D Pipe3D and check your Sanitivity | 33 |
| 6 | Gas Ionizado, SFR | 34 |
| 7 | SFH | 35 |
| 7.1 | Registro Fossil | 36 |
| 8 | Conclusiones | 39 |
| 9 | Aren't you looney enough? (anything else) | 40 |
| A | Derivaciones | 41 |

**Estudio de la Historia de Formación Estelar de la galaxia espiral roja
UGC11680**

por

Jeffrey Eliud Bárcenas Mosqueda

Resumen

Aquí se redacta el resumen en español.

**Estudio de la Historia de Formación Estelar de la galaxia espiral roja
UGC11680**

by

Jeffrey Eliud Bárcenas Mosqueda

Abstract

Here goes the english abstract.

Part I

Estableciendo el Escenario

Chapter 1

Introducción

*It is a capital mistake to theorize before one has data.
Insensibly one begins to twist facts to suit theories,
instead of theories to suit facts.*

— SHERLOCK HOLMES, *A Scandal in Bohemia*

LAS galaxias elípticas son rojas y las galaxias espirales son azules. Esta frase es común en cursos elementales de astronomía. en el caso de las elípticas, se nos enseña que sus poblaciones estelares consisten en estrellas viejas y carentes de gas para formar nuevas generaciones de ellas, mientras que las espirales contienen la suficiente cantidad de gas para formar una nueva generación de estrellas jóvenes, de ahí su color azul. Pero el universo no es tan sencillo de explicar. Existen espirales rojas y elípticas azules y donde la primera es el motivo de este trabajo: ¿Por que una galaxia espiral es roja y conservar su estructura de disco?

Para tratar de contestar esta pregunta, nos saldremos de la corriente actual en los estudios astronómicos, en donde debido a la gran cantidad de objetos en los surveys actuales, donde la estadística es la principal herramienta para tratar de encontrar patrones y tendencias en grupos de ellos, nos concentraremos en solo un objeto atípico en un solo survey: la galaxía espiral roja UGC11680NED01 en el survey de campo integrado conocido como CALIFA. Esta galaxia es un caso atípico en este survey; su color rojo la coloca en la parte superior del diagrama color magnitud para la muestra de 933 galaxias que lo comprende. Su color no es debido al polvo, ya que se encuentra de cara (*face-on*) por lo que la contaminación visual es mínima y no altera su color al corregirla por este motivo. Así mismo, se encuentra interaccionando con otra galaxia además de tener un núcleo activo (AGN) lo que la clasifica como Seyfert 2, según las definiciones actuales para el espectro de su centro.

Al ser un solo objeto, no podremos utilizar toda la artillería estadística con la que comunmente se estudian los surveys modernos sino que tomaremos dos galaxias de control dentro del mismo catalogo, una espiral de cara normal y otra interaccionando pero sin el color rojo que caracteriza nuestro objeto

de estudio. En la literatura actual, existen 6 explicaciones posibles de por que una galaxia espiral se vuelve roja dados los conocimientos actuales:

- 1** Las interacciones galaxia-galaxia: en regiones de alta densidad existe una mayor probabilidad de interacción con otras galaxias. La mayoría de las fusiones más importantes destruyen la estructura espiral (Toomre y Toomre 1972) a menos que involucren progenitores ricos en gas (Hopkins et al. 2009), pero algunas interacciones puede ser bastante suaves (Walker, Mihos y Hernquist 1996), por ejemplo: fusiones menores, interacciones de marea, etc.
- 2** La interacción con el propio cúmulo también se produce y puede quitar el gas que forma el depósito para la formación de estrellas. Esto puede ser debido a efectos de marea (por ejemplo Gnedin 2003) o la interacción con el gas caliente intra-cúmulo, ya sea a través evaporación térmica (Cowie y Songaila 1977) o presión de ariete (Gunn y Gott 1972).
- 3** Los procesos como el acoso (Moore et al., 1999) y la inanición o estrangulación (Larson et al 1980;.. Bekki et al 2002) también han demostrado tener un efecto significativo en las galaxias tipo tardío. El acoso se refiere al calentamiento del gas por muchas interacciones pequeñas , mientras que la inanición o la estrangulación se refiere a la agotamiento gradual del gas en disco después de que el halo caliente ha sido desnudado. Estos mecanismos pueden ocurrir en a grandes radios en el cúmulos (es decir, a densidades más bajas) que el "clásico" efecto del medio ambiente. Aún así, los mecanismos internos podrían ser más importantes.
- 4** Los últimos modelos semi-analíticos para la formación de galaxias invocan retroalimentación de un agujero negro super-masivo (o núcleos galácticos activos AGN's) para explicar las galaxias elípticas rojas más masivas (Granato et al. 2004; Seda 2005; Schawinski et al. 2006; Croton et al. 2006; Bower et al. 2006), aunque el efecto de este proceso en galaxias de disco se ha estudiado menos, todavía puede tener algún efecto (Okamoto, Nemmen y Bower 2008).
- 5** Otro culpable podría ser inestabilidades de barras en galaxias espirales que impulsan de gas hacia el interior (por ejemplo. Combes y Sanders 1981) y puede desencadenar actividad AGN y / o la formación de estrella centrales (por ejemplo. Shlosman et al. 2000), tal vez utilizando el depósito de gas en el exterior del disco y haciendolas rojas.
- 6** Por último, espirales rojas podrían simplemente ser espirales viejas que hayan agotado todo su gas en actividades normales de formación de estrellas sin tener ninguna interaccion importante. En espirales normales, el gas que alimenta la formación de estrellas viene de la caída de materia de un depósito en el halo exterior (Boselli y Gavazzi 2006). Como fue sugerido por Larson, Tinsley y Caldwell (1980) y ampliado por Bekki et al. (2002) la eliminación de gas de este halo exterior

("estrangulamiento", o "inanición") causará un cese gradual de formación de estrellas durante varios Gyrs.

Con esta lista nos concentraremos principalmente en las causas 1, 4, 5, 6, ya que nuestra galaxia no parece pertenecer (hasta el momento) a un cúmulo, y con un análisis exhaustivo con las técnicas actuales, explicar el estado actual de UGC11680. Para esto, dividiremos el trabajo como sigue:

- Comenzaremos por poner en suelo firme la clasificación de galaxias, comenzando con los trabajos de Hubble hasta la clasificación actual sobre la bimodalidad que se utiliza actualmente mencionando, la literatura principal y sus autores

- Daremos una explicación de que consiste el survey de CALIFA así como los cubos de datos (IFUS) que son su producto principal.

- El análisis consistirá en caracterizar las propiedades espectroscópicas espacialmente resueltas: índices estelares, su historia de formación estelar (SFH) así como las propiedades del gas ionizado.

- Así mismo se analizará su tasa de formación estelar, su contenido metálico y las características de ionización.

Se comparará con las galaxias de control (NGC4047 y NGC5394) aplicando el mismo análisis y ver las diferencias principales entre ellas.

Finalmente ver que escenario de los antes propuestos puede ser la razón que mejor explique el por qué de su color rojo.



Figure 1-1: UGC11680

1.1 Disgresión sobre el *Quenching*

En la literatura se encontrará la palabra *Quenching* que define el apagado repentino (a escalas de tiempo galáctico, aun sin definir claramente) de formación estelar y sus explicaciones posibles. En este trabajo dejaremos la dejaremos sin traducción a no haber una palabra en español que abarque su significado. Así pues, definimos la palabra "*Quenching*" como un evento discreto que instantáneamente (o en un muy escala de tiempo corto) trunca la actividad de formación estelar en una galaxia dada. Por el contrario,

vamos a utilizar el término "envejecimiento" para denotar un aumento gradual en el promedio de edad con la masa ponderada de la población estelar

$$\tau_*(t) = t - \frac{\int_0^t t' \psi(t') dt'}{\int_0^t \psi(t') dt'} \quad (1-1)$$

sin ningún cambio repentino en su tasa de formación estelar (SFR) $\psi(t)$. Con esta definición, se puede demostrar que las galaxias se vuelven "viejas" a medida que evolucionan a menos que su masa estelar aumente más rápido que una relación exponencial (por ejemplo, durante un fuerte starburst). Por lo tanto, todas las galaxias están sujetas a 'envejecimiento', mientras que el *Quenching* o rejuvenecimiento por episodios de brote estelar es algo opcional.

Durante mucho tiempo se ha sabido que los colores de galaxias están fuertemente correlacionados con el medio ambiente, lo que sugiere que el *Quenching* podría ser un proceso de externo. La ubicación de la secuencia roja sugiere ser independiente de la densidad de la galaxia (Sandage Y Visvanathan 1978), y la posición de la nube azul en el diagrama de color-magnitud varía sólo débilmente (por ejemplo, Balogh et al. 2004). La mayoría de las galaxias en la nube azul tienen SFRs similares, variando de forma relativamente lenta con la masa (Noeske et al. 2007; Speagle et al. 2014), y se ha demostrado (por ejemplo Balogh et al. 2004; Tanaka et al. 2004; Park et al. 2007; Wijesinghe et al. 2012) que la distribución de los anchos equivalentes de H_α para la población de formación de estrellas, seleccionados por la intensidad de sus líneas y / o color, no es una función necesaria de la densidad local. Sin embargo, la fracción de galaxias rojas y azules están ligadas notablemente al medio ambiente.

Una posible interpretación sería que todas las galaxias evolucionan a lo largo de una "secuencia de formación de estrellas" hasta que un quenching las conduciría rápidamente a través del valle verde hacia la secuencia roja (véase, por ejemplo Peng et al. 2010). De acuerdo a estos autores, hay dos mecanismos de quenching diferentes: uno relacionado con la masa (interno) y uno relacionado al medio ambiente (externo).

Si las galaxias crecen en masa, alguno proceso no identificado apagaría la formación de estrellas con una probabilidad que escala linealmente con la formación de estrellas instantánea (a diferencia de, por ejemplo, un umbral de masa fija). El quenching de medio ambiente sería impulsado por sobredensidad galáctica, y se ha encontrado que es más o menos independiente de la masa estelar ó época cósmica hasta $z \approx 1$, consistente con la caída de la galaxia en un halo de materia oscura más grande. ambos mecanismos son independientes, y su efecto total sobre la fracción de las galaxias rojas es separable.

Este tipo de escenarios asumen implícitamente que las galaxias con formación estelar y pasivas forman dos grupos distintos. Sin embargo, algunos estudios cuestionan la existencia misma de una bimodalidad en la población de galaxias. Ascasibar y Sánchez Almeida (2011) encontraron que casi todas las galaxias

SDSS se distribuyen a lo largo de una bien definida curva en el espacio multidimensional definido por sus espectros. Sólo galaxias activas ópticamente brillantes aparecen como una rama independiente, más o menos ortogonal que se cruza con la secuencia principal exactamente en el punto de la transición entre formación estelar y sistemas pasivos. La ubicación de dicha transición es, pues, bien definida, pero sin ningún hueco aparente, en lo que los espectros ópticos se refiere.

Como es señalado recientemente por Schawinski et al. (2014), la morfología de las galaxias puede ser una pieza importante del rompecabezas. Si bien las galaxias de tipo temprano tienen trazas de quenching, dando lugar a una transición rápida a través del valle verde, galaxias de tipo tardío son consistentes con una lenta y decreciente tasas de formación de estrellas, con escalas de tiempo típicas del orden de varios Gyr. Ellas no se separan en una nube azul y una roja, sino que abarcan casi todo el diagrama color-Magnitud sin ninguna brecha o un valle en medio. la aparente bimodalidad en el diagrama color-magnitud surge de la superposición de ambas poblaciones morfológicas.

Aquí nos gustaría cuantificar la evolución secular del SFR, así como la relevancia del medio ambiente e interacciones. Como se menciono antes, las galaxias en entornos densos están sujetos a una plétora de procesos, tales como las fuerzas de marea, estrangulamiento del suministro de gas, presión de ariete de extracción, o acoso galaxia (véase, por ejemplo Boselli y Gavazzi 2006) que suprimiría la tasa de formación de estrellas, aunque la escala de tiempo exacto aún se debate (véase, por ejemplo Wijesinghe et al. 2012, y las referencias en él).

Por otra parte, cerca de las interacciones con las galaxias vecinas pueden conducir a la compresión de gas y disparar la formación de estrellas (véase, por ejemplo Li et al. 2008; Ellison et al. 2008; Ideue et al. 2012). Objetos extremos, como galaxias infrarrojas ultraluminosas se encuentran siempre en sistemas que interactúan fuertemente (Sanders & Mirabel 1996; Surace et al 1998). Sin embargo, el mecanismos que establecen la tasa de formación de estrellas en la parte final de baja masa aún no están claros. Algunos de estos sistemas muestran un alto SSFRs, a menudo interpretado como explosiones masivas de 'rejuvenecimiento' con formación de estrellas (por ejemplo Heckman et al. 1998), pero hay poca evidencia de que estos episodios sean provocados por interacciones con los vecinos cercanos (véase, por ejemplo Fujita 1998; Martig Y Bournaud 2008; Lemastra et al. 2013; Lanz et al. 2013). Más aún, Galaxias HII representan los objetos más extremos en este rango de masas. Ellas son, en general, enanas compactas azules (BCD) mostrando Líneas de emisión de Balmer muy fuertes y delgadas con grandes anchos equivalentes (Sargent Y Searle 1970), y tienen el contenido de metales más bajo que cualquier galaxia de formación estelar (Searle & Sargent 1972; Rosa González et al. 2007). Las observaciones muestran que la galaxia HII más luminosa tienden a vivir en ambientes de muy baja densidad sin compañeros obvias (véase, por ejemplo Telles y Terlevich 1995; Vilchez 1995), aunque muestran morfologías irregulares y grandes dispersiones de velocidad, consistente con un origen 'externo' (Telles et al. 1997).

Chapter 2

Clasificación Galáctica

2.1 Primeros pasos: la Clasificación Morfológica de Hubble

LA naturaleza extragaláctica de las galaxias espirales fue establecida y Hubble inmediatamente las utilizó como herramientas para estudiar la estructura del universo a gran escala. Notó además que las galaxias ofrecían muchos recursos con los cuales se podían atacar los problemas de cosmología fundamental por medio de observaciones astronómicas. En 1926, publicó un estudio de galaxias (Nebulosas, como eran llamadas hasta ese momento) que comienza con su ya famoso esquema de clasificación, distinguiendo entre la morfología de las galaxias más prominentes hasta ese momento: las elípticas, las espirales normales, las espirales barradas y las irregulares (Hubble 1926). Las elípticas fueron ordenadas de acuerdo a la elipticidad de sus imágenes y las espirales -barradas y normales- fueron divididas en subclases - *a*, *b* y *c* según su estrechez en los brazos de la estructura espiral y la relativa importancia del disco y bulbo en la distribución de estrellas en la galaxia.

Este esquema fue finalmente presentado en forma de un diagrama de 'diapasón' y publicado en 1936 ver figura 2-5. Hubble interpretó el diagrama como una secuencia evolutiva en que suponía que las galaxias evolucionaban de galaxias elípticas esféricas a la izquierda del diagrama hacia la secuencia de las galaxias espirales. Esta especulación demostró ser totalmente errónea, sin embargo, los términos 'tipo temprano' y 'tipo tardío' todavía se utilizan, lo que refleja el prejuicio

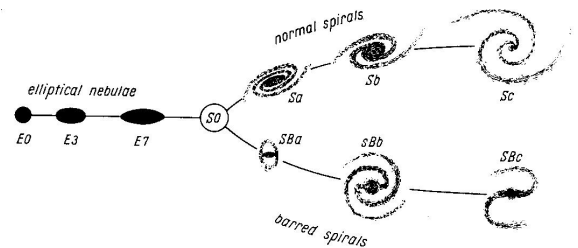


Figure 2-1: Diagrama original de diapasón que apareció en el libro de Hubble "El reino de las nebulosas" (1936).

original del Hubble.

Asi mismo, fue de mucha importancia para la cosmología la comprensión de que el conteo en el numero de galaxias más brillantes que una magnitud aparente dada proporcionan una prueba de la homogeneidad en la distribución de las galaxias en el Universo. Si las galaxias se distribuyen de manera uniforme en el espacio euclidiano local, el número más brillante que la magnitud aparente limite , m , se espera que sea $\log N = 0.6m + \text{constante}$, independiente de la función de luminosidad de las galaxias. En 1926, el conteo de galaxias de Hubble se extendió a magnitudes aparentes de 16,7 y se encontró que el número de galaxias aumentó con su magnitud aparente exactamente como se esperaba para una distribución uniforme. Este resultado iba a tener profundas implicaciones para la construcción de modelos cosmológicos porque significaba que como una primera aproximación, el Universo podría ser tomado como homogéneo en gran escala.

A continuación, Hubble calculó las masas típicas de galaxias, y de ahí la densidad promedio de masa en el Universo. El valor que encontró fue $\rho = 1.5 \times 10^{28} \text{ kg m}^{-3}$. también en este trabajo de 1926, Hubble reconocido que este número tenía un significado cosmológico. Adoptando el modelo estático de Einstein para el Universo (Einstein, 1917) encontró que el radio de curvatura de la geometría esférica era de 27,000 Mpc y que el número de galaxias en este universo cerrado era de 3.5×10^{15} . En el último parrafo de este trabajo, señala que el telescopio de 100 pulgadas podría observar galaxias típicas deaproximadamente 1/600 del radio del Universo de Einstein y galaxias brillantes como M31 a varias veces esta distancia. Finalmente, Hubble cierra su trabajo señalando

(...) "with reasonable increases in the speed of plates and sizes of telescopes it may become possible to observe an appreciable fraction of the Einstein Universe."

2.2 Clasificación Bimodal

Con el advenimiento de grandes surveys de galaxias como el Digital Sloan Sky Survey (SDSS) en donde la fotometría (y, por tanto, los colores) estában disponibles para millones de objetos llevaron a la terminología común de colores ópticos para definir muestras de galaxias de tipo "Tempranas" y "tardías" (por ejemplo, Simon et al. 2009; Salimbeni et al. 2008; Lee & Pen 2007; Croton et al. 2007; Bundy et al. 2006; Cooray 2005, Masters, et.al 2010). Este método estaba particularmente favorecido por la obtención de morfologías para un gran número de galaxias que hasta ese momento era imposible. esta simplificación se justificaba ya que se demostró que muchas veces la mayoría de las galaxias siguen una estricta relación color - morfología. Por ejemplo Mignoli et al. (2009) argumentó que el 85% de las galaxias a $z \approx 1$ son galaxias rojas dominadas por bulbos o galaxias azules dominadas por el disco; mientras Conselice (2006) mostró un resultado similar para 22,000 galaxias con un corrimiento al rojo

bajo (ambos utilizando métodos automatizados para clasificación morfológica).

Sin embargo, la clara correlación entre el color y la morfología era interesante, dado que los colores de las galaxias son determinada principalmente por su contenido estelar (y, por tanto, su reciente historia de formación estelar (SFH), la mayoría en los últimos Giga-años (Gyrs)), mientras que la morfología esta generada principalmente por la historia dinámica. La relación entre el color y la morfología da un indicio de que en las escalas de tiempo y los procesos que conducen a la transformación morfológica y el cese de la formación estelar están correlacionados, al menos en la mayoría de los casos. En este trabajo, sin embargo, consideraremos una clase de objeto (espiral roja), donde la relación antes descrita parece romperse.

Desde que la relación morfología-densidad fue por primera vez cuantificada (Dressler 1980) se han propuesto muchos mecanismos para la transformación de galaxias espirales azules, con formación estelar en las regiones de baja densidad del universo, a galaxias tempranas rojas y pasivas en cúmulos. Una reciente revisión de muchos mecanismos propuestos, y la evidencia de ellos, se encuentran en Boselli y Gavazzi (2006). Claramente dos cosas debe suceder para que una galaxia espiral azul con formación estelar se convierta en una tipo temprano roja y pasiva. En primer lugar, la formación de estrellas debe cesar (que pueden alterar la morfología indirectamente al causar que los brazos espirales y el disco en general se desvanezcan, posiblemente produciendo una S0 o lenticular de una espiral), y en segundo lugar, con el fin de producir una elíptica el mismo proceso o uno diferente también debe modificar dinámicamente la cinemática estelar del galaxia.

La presencia de una población de galaxias rojas inusuales o pasivas (es decir, sin formación estelar) se encontraron por primera vez por Van den Bergh (1976) en el Cúmulo de Virgo. Estudios posteriores de cúmulos de galaxias distantes con el Telescopio Espacial Hubble (HST) también reveló un significativo número de las llamadas galaxias "pasivas" espirales con un falta de formación permanente estrellas (Couch et al 1998; Dressler et al. 1999; Poggianti et al. 1999). Galaxias de tipo tardío pasivas fueron identificadas en los corrimientos al rojo más bajos en las afueras de los cúmulos en el SDSS por Goto et al. (2003), utilizando la concentración como un indicador de la morfología. Espirales pasivas en un cúmulos a $z \approx 0.4$ fueron estudiados por Moran et al. (2006), quien encontró que la SFH con GALEX se detiene debido al estrangulamiento (como se describe por Bekki et al. 2002). Las espirales pasivas también han sido encontradas en cúmulos a $z \approx 0.1$.

Las espirales rojas se han estudiado en trabajos recientes (Lee et al. 2008; Deng et al 2009; Hughes & Cortese 2009; Cortese & Hughes 2009), así como en Mahajan y Raychaudhury (2009) que hablan de galaxias pasivas azules (es decir, las galaxias con colores azules, pero sin mostrar indicación de formación estelar reciente en sus espectros), que en su mayoría parecen tener morfologías tipo tardío y tener apagada muy recientemente la formación de estrellas. Estos podrían ser los progenitores de las espirales rojas.

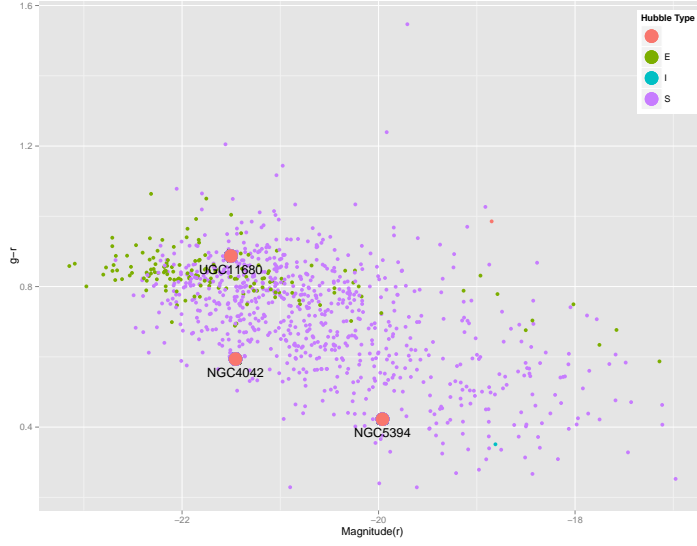


Figure 2-2: Diagrama Color-Magnitud para la muestra total de Califa

Bundy et al. (2010) han estudiado la evolución con corrimiento al rojo en las galaxias con componente de disco en COSMOS y lo utilizan para estimar que hasta el 60% de las galaxias espirales debe pasar por esta fase de el camino a la secuencia roja lo que es un importante avance.

Es evidente que todas las galaxias espirales pueden ser afectadas por diversos procesos físicos a medida que evolucionan. En este trabajo intentamos identificar cuáles son los más importantes para nuestra espiral roja, preguntándonos cómo son capaces de apagar la formación de estrellas al tiempo que conserva su morfología espiral.

El objetivo principal de este trabajo es investigar las propiedades físicas de la galaxia UGC11680NED01 con el fin de separar la contribución externa y externa a la galaxia ya sea por envejecimiento, enfriamiento, y rejuvenecimiento. en particular, nuestro objetivo es explorar el papel de masa estelar, locales, de medio ambiente, interacción cercana y metalicidad en el establecimiento del SSFR.

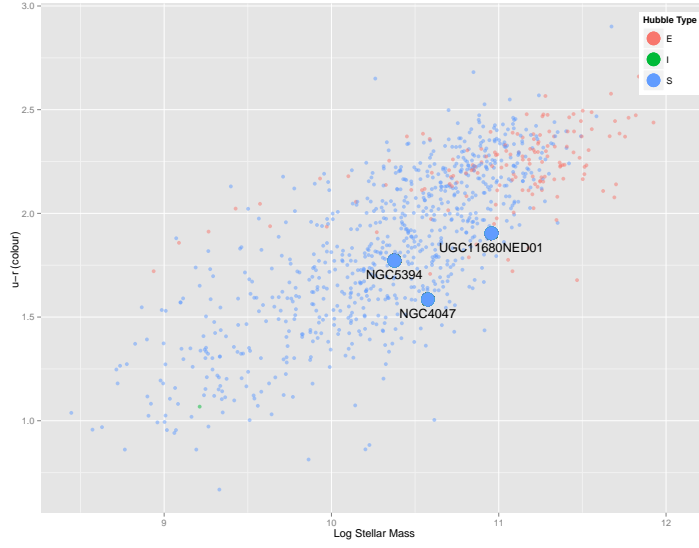


Figure 2-3: Diagrama Color-Masa estelar para la muestra total de Califa

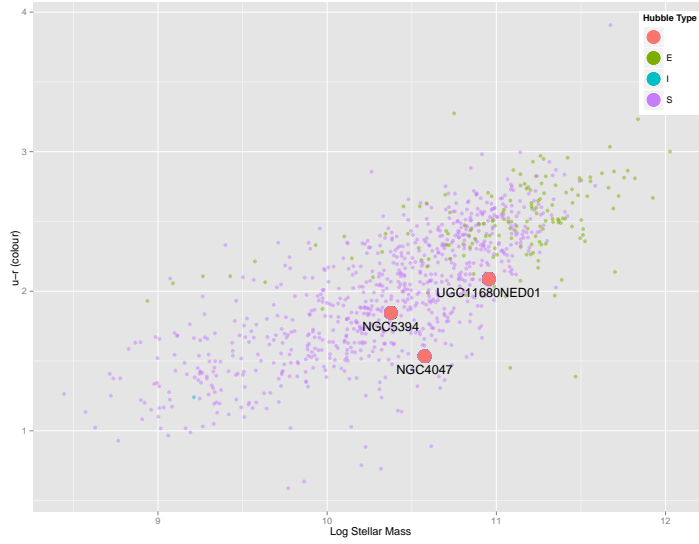


Figure 2-4: Diagrama Color-Masa estelar con la corrección por polvo para la muestra total de Califa

2.3 UGC11680NED01

UGC 11680, NED01 y NED02 son un par de galaxias que podrian adaptarse a la categoría de Arp de galaxias espirales con un gran brillo superficial en brazos. La pareja se encuentra a unos 113.6 Mpc de distancia, con un corrimiento al rojo de $z = 0.026$ en el sur de Equuleus, una constelación poco conocida, entre Pegaso y la mucho más pequeña, Delphinus. Equuleus significa "pequeño caballo" o posiblemente "El Potro". A 72 grados cuadrados, es la segunda más pequeña de las 88 constelaciones. En ultimo est Crux a 68 grados cuadrados, sin embargo, sus estrellas son muy brillantes y se conocen mucho mejor y es más fácil de encontrar. En cualquier caso, es la constelación más pequeña visible desde la mayor parte de el hemisferio norte excepto Hawaii.

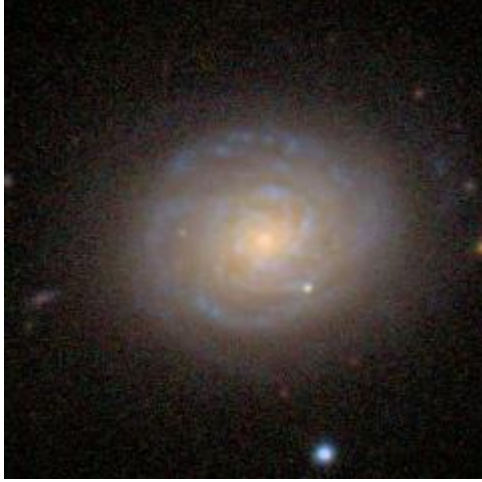
El catalogo NED señala:

"Esto puede ser otro ejemplo de una galaxia de disco donde los brazos son probablemente las mareas inducidas por la interacción. La imagen filtrada en la banda B (azul) muestra que la galaxia está dominada por nudos fuertes que forman un anillo central y que delinean los brazos de marea exteriores. La forma de este brazo (s) forma un puente hacia el compañero compacto (NED02 o Mrk 897). A principios de este brazo, un conjunto de filamentos tenues son apenas visibles. Nótese la presencia de un fuerte conjunto de nudos casi en la punta del brazo occidental en esta galaxia. La clasificación morfológica aparente podría ser SAB (rs) bc. Sin embargo, si consideramos El origen de las mareas de los brazos y los eliminamos de la clasificación, colocamos esta galaxia como SAB (rs) ab." NED clasifica esta galaxia como Sa (SY2).

Asi mismo, su compañera, conocida como Mrk 897 es una galaxia de tipo temprano con un núcleo activo ópticamente clasificada ya sea como Sy 2 ó AGN / starburst compuesto. La galaxia está interactuando con UGC 11680 NED01, que esta a 1.1arcmin (≈ 32 kpc) en dirección al oeste, formando la galaxia en pareja (UGC 11680). Un núcleo compacto se detectó en radio para Mrk 897. La emisión extendida es más o menos circular con un diámetro de $\approx 2\text{arcsec} \approx 1$ kpc. Esto sugiere la existencia de un AGN profundamente incrustado dentro de una región starburst brillante que domina la emisión MIR de Mrk 897.



Figure 2-5: UGC11680

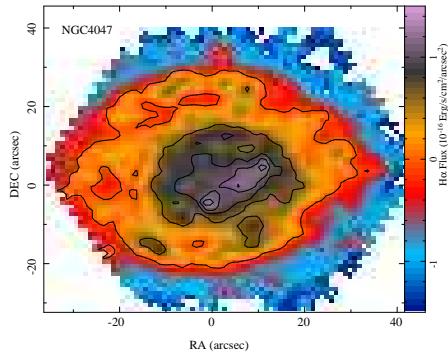


(a) NGC 4047

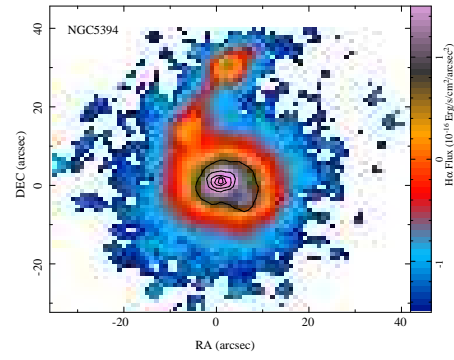


(b) NGC 5394

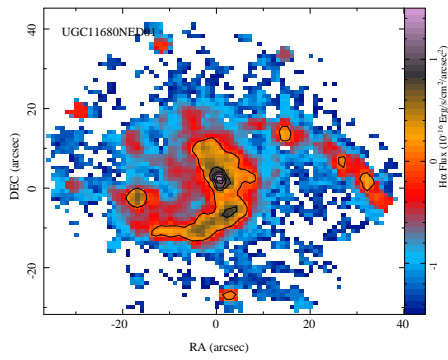
Figure 2-6: Imagenes en el optico para las galaxias seleccionadas en la muestra de Califa



(a) NGC 4047

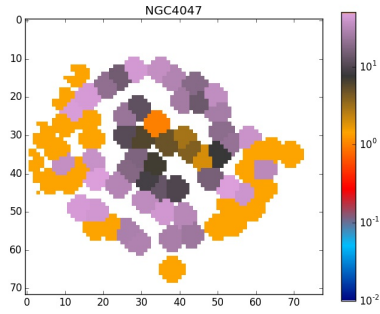


(b) NGC 5394

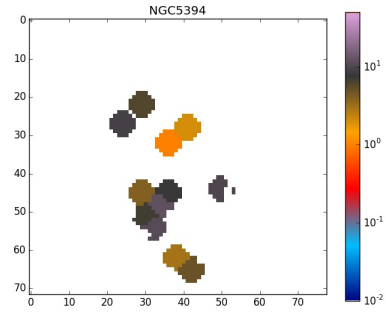


(c) UGC 11680NED01

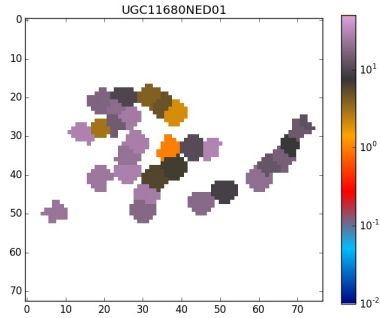
Figure 2-7: Mapas de H_{α}



(a) NGC 4047: Aproximadamente 77 regiones

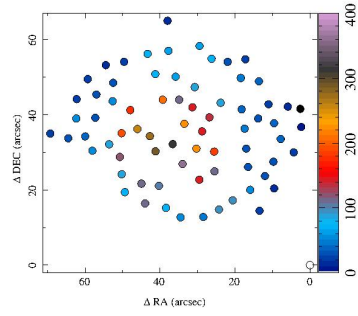


(b) NGC 5394: Aproximadamente 12 regiones

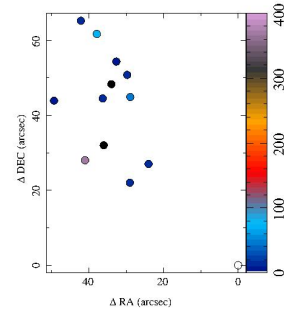


(c) UGC 11680NED01: Aproximadamente 22 regiones

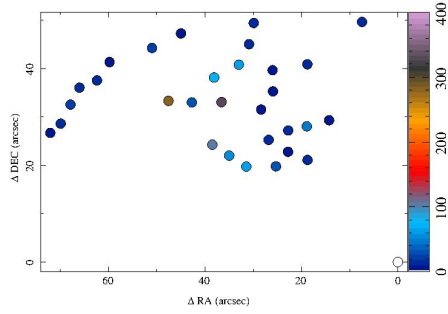
Figure 2-8: Mapas de segmentación para las regiones HII de las tres galaxias. Cada color indica la intensidad de las regiones detectadas.



(a) NGC 4047: Aproximadamente 77 regiones



(b) NGC 5394: Aproximadamente 12 regiones



(c) UGC 11680NED01: Aproximadamente 22 regiones

Figure 2-9: Campo de velocidad de H_{α} derivado del análisis de las regiones HII de las tres galaxias, así como su ángulo de posición. El color de de densidades esta en unidades de Km/h

Figure 2-10: Diagrama BPT para NGC4047

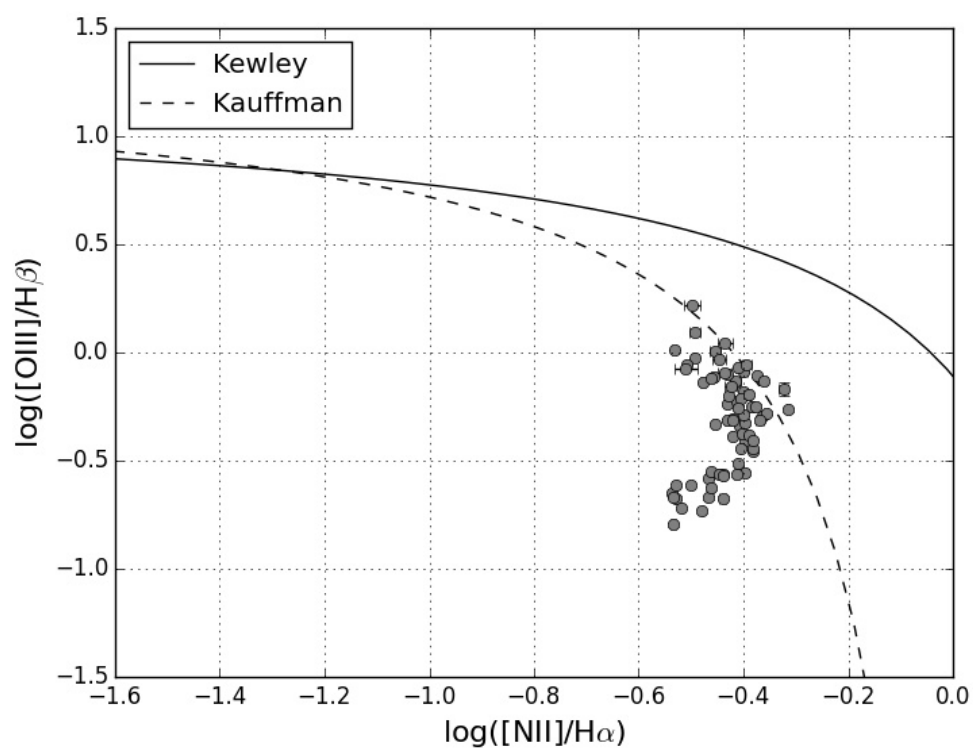


Figure 2-11: Diagrama BPT para NGC5394

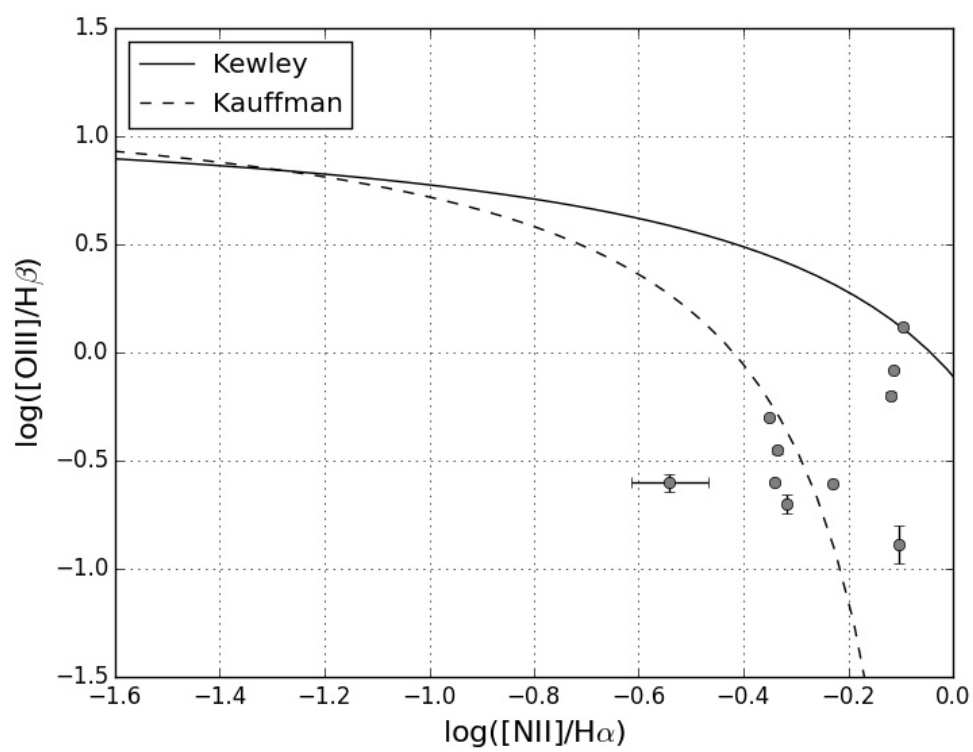


Figure 2-12: Diagrama BPT para ugc11680NED01

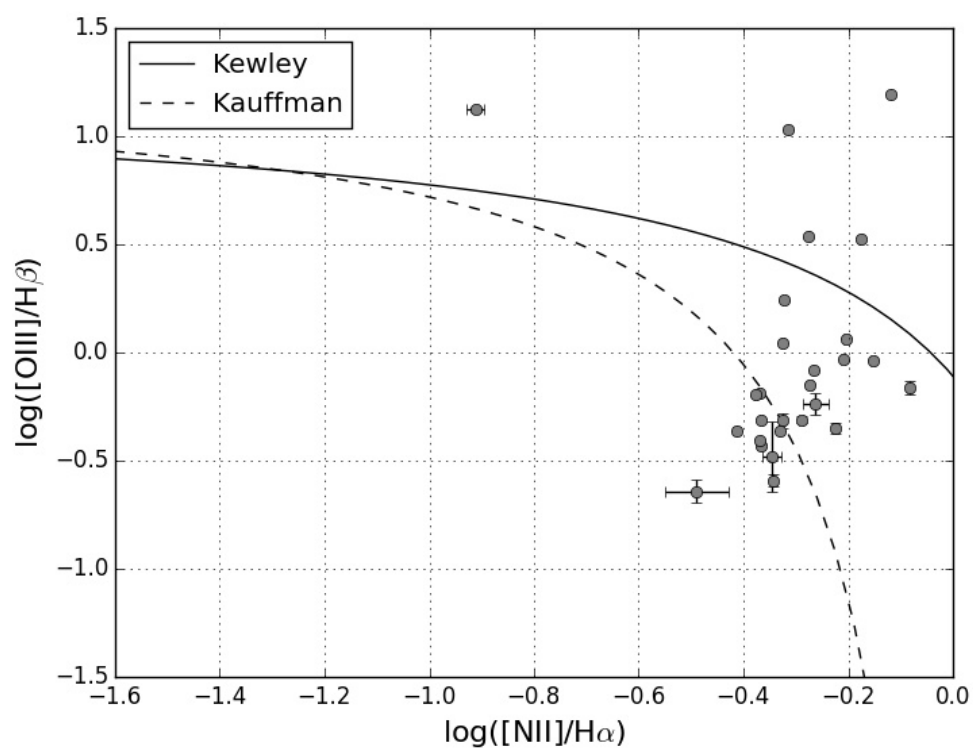


Figure 2-13: Abundancia radial de O3N2 Para NGC4047

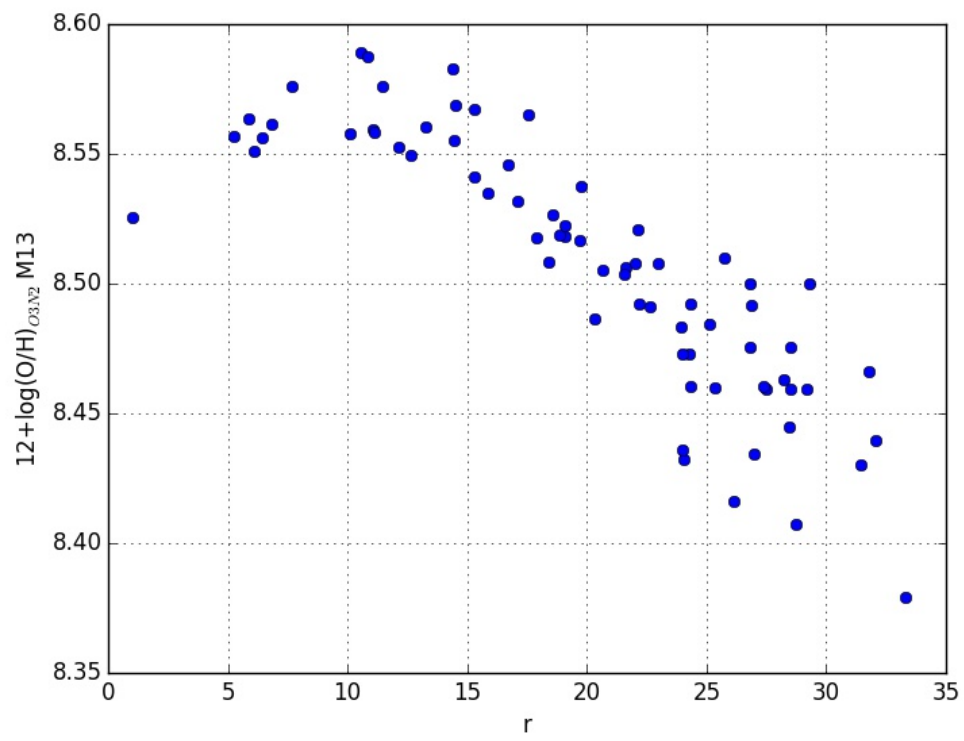


Figure 2-14: Abundancia radial de O3N2 Para NGC5394

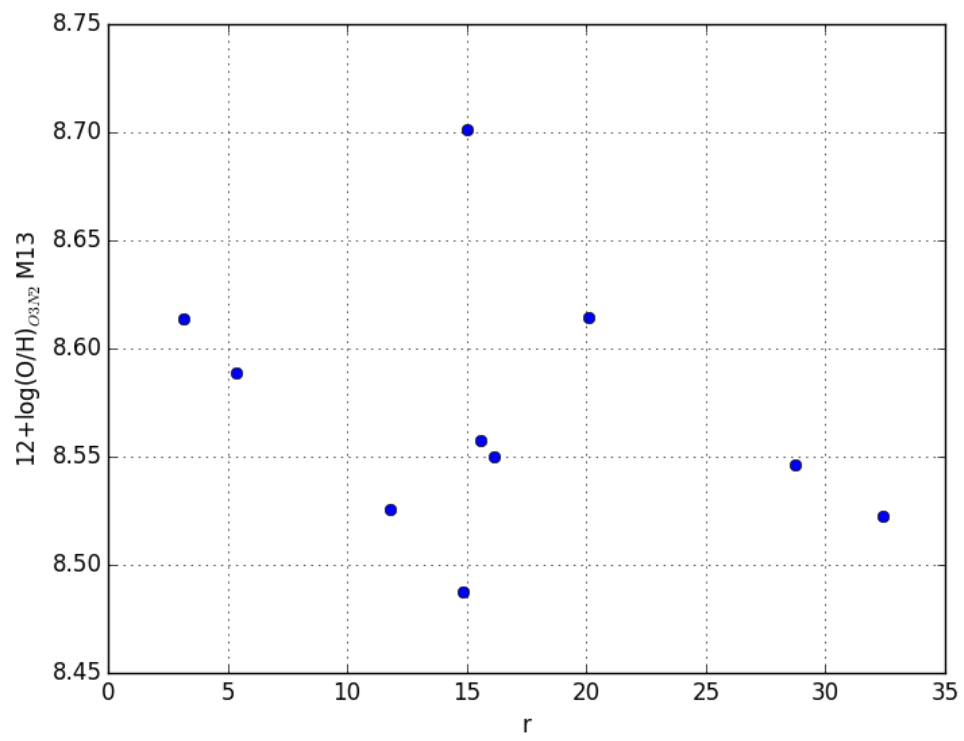


Figure 2-15: Abundancia radial de O3N2 Para UGC11680NED01

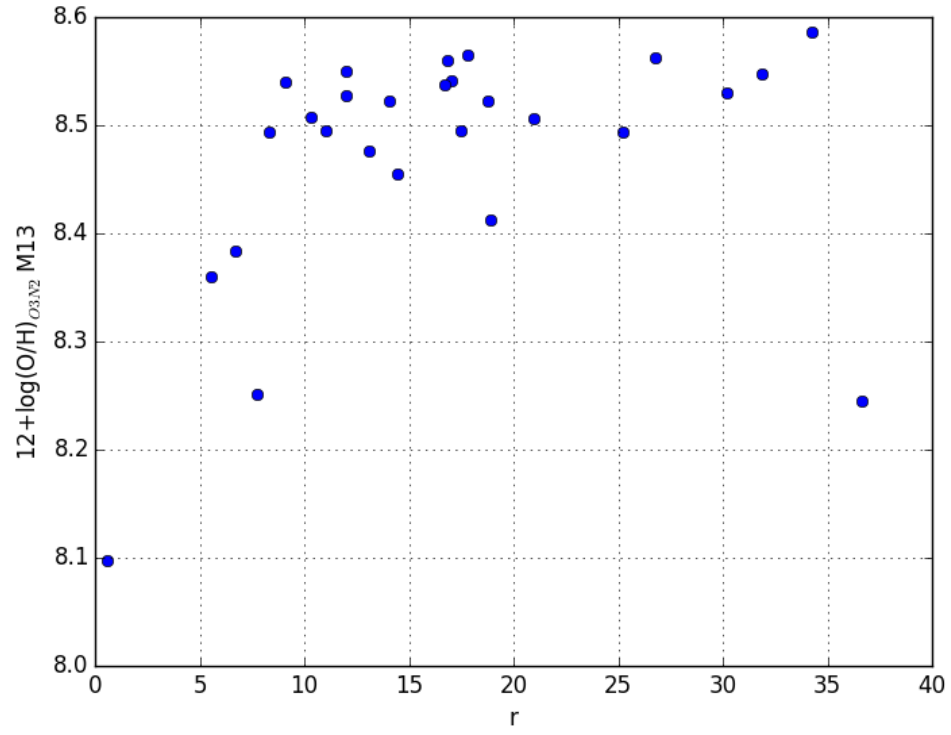


Figure 2-16: Relación de abundancias Pettini Marino de O/H Para NGC5394

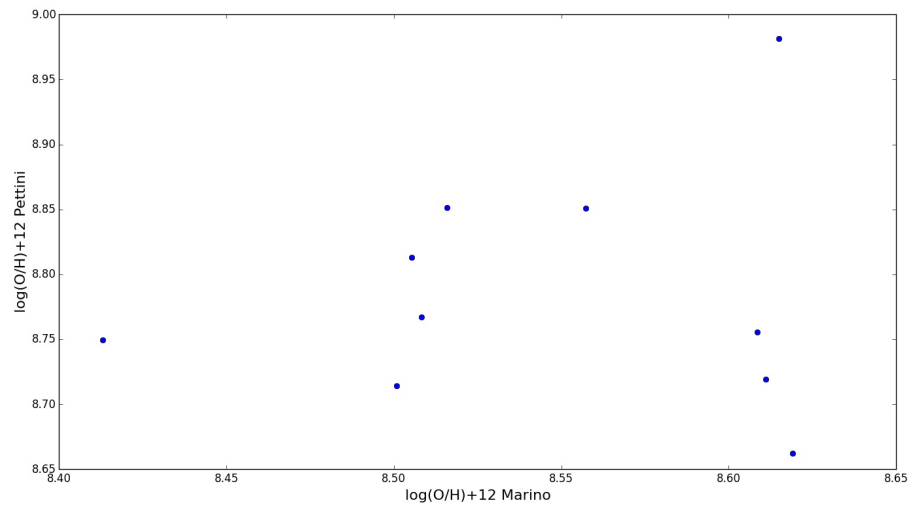


Figure 2-17: Relación de abundancias Pettini Marino de O/H Para NGC4047

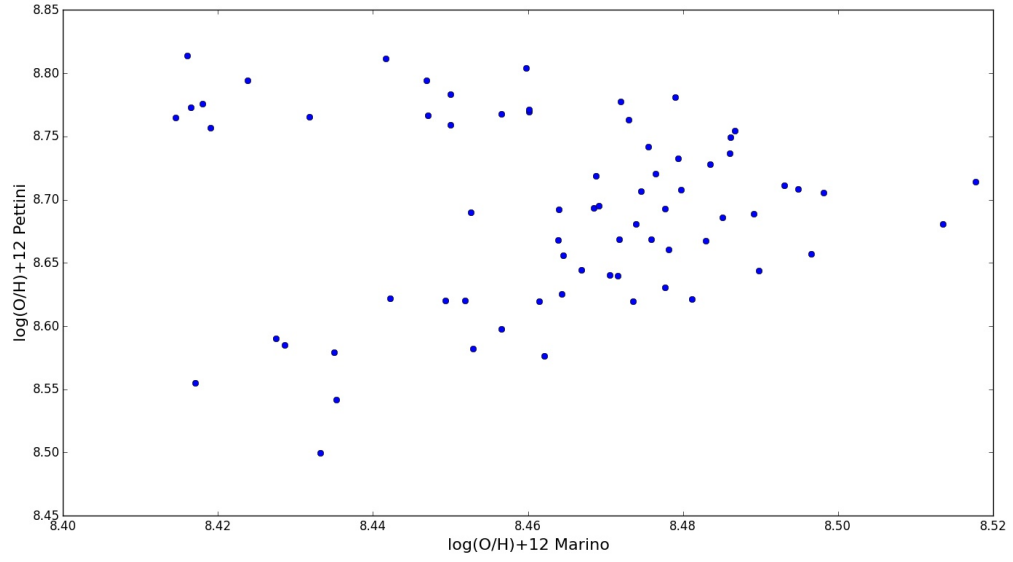


Figure 2-18: Relación de abundancias Pettini Marino de O/H Para UGC11680NED01

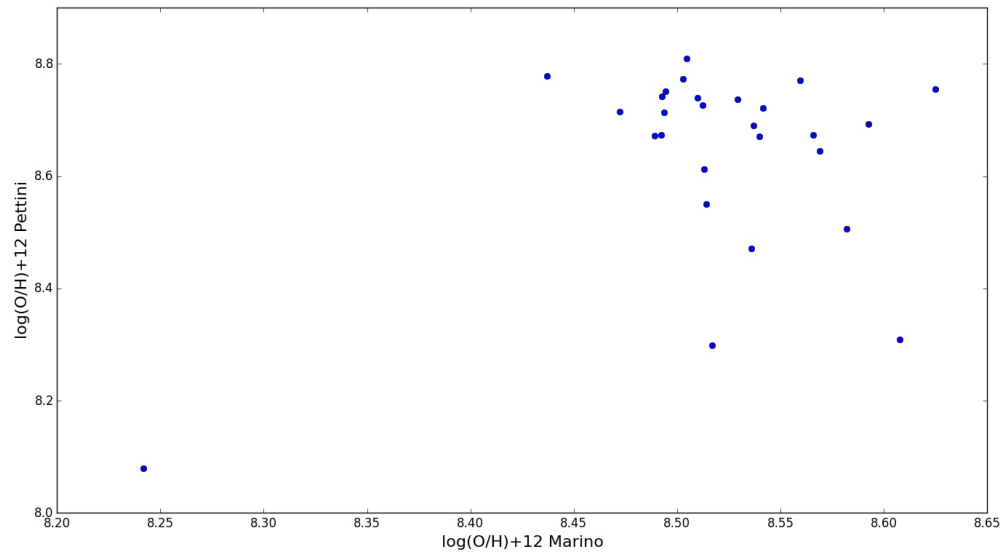


Figure 2-19: Relación de abundancias Pettini Marino de O/H Para NGC5394

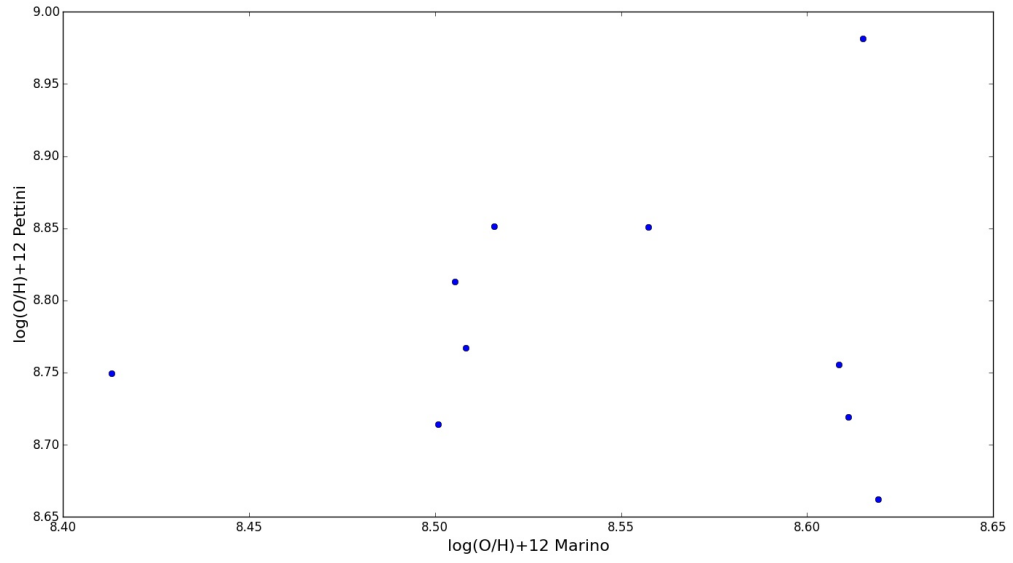


Figure 2-20: Relación de abundancias Pilyugin Pettini de O/H Para NGC4047

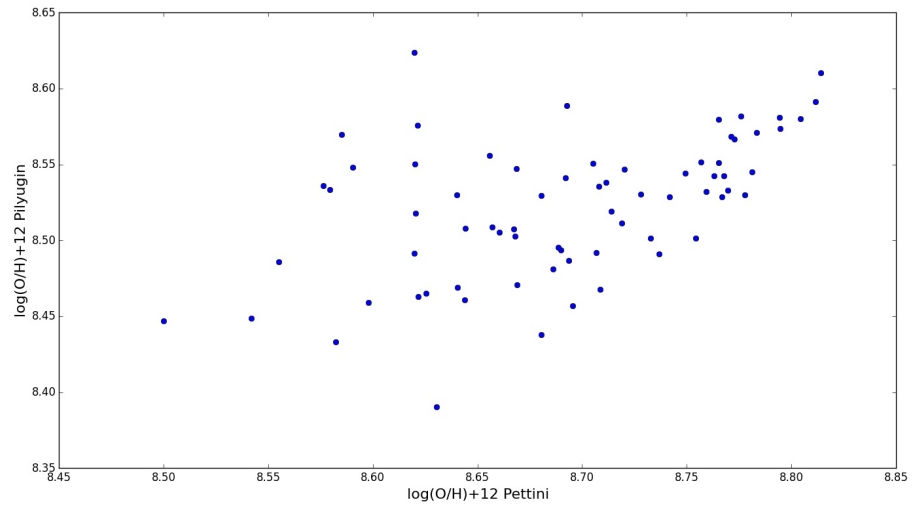


Figure 2-21: Relación de abundancias Pilyugin Pettini de O/H Para NGC5394

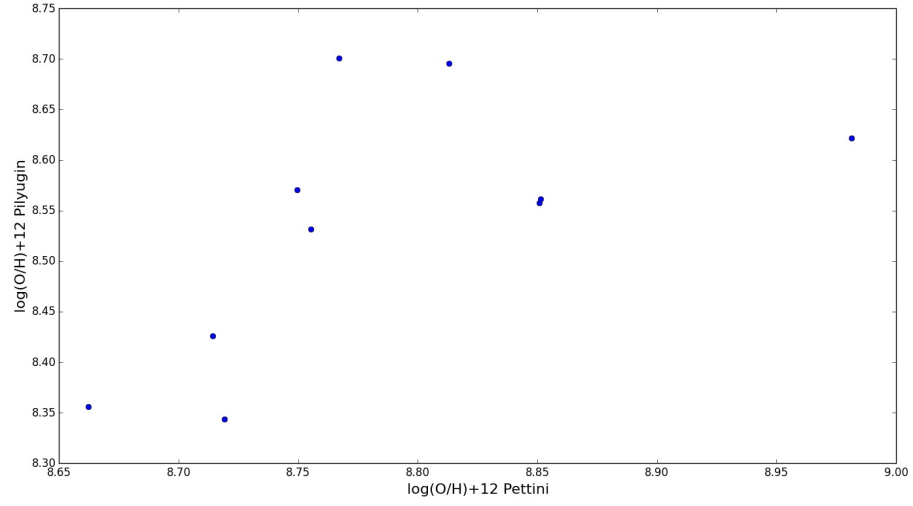


Figure 2-22: Relación de abundancias Pilyugin Pettini de O/H Para UGC11680NED01

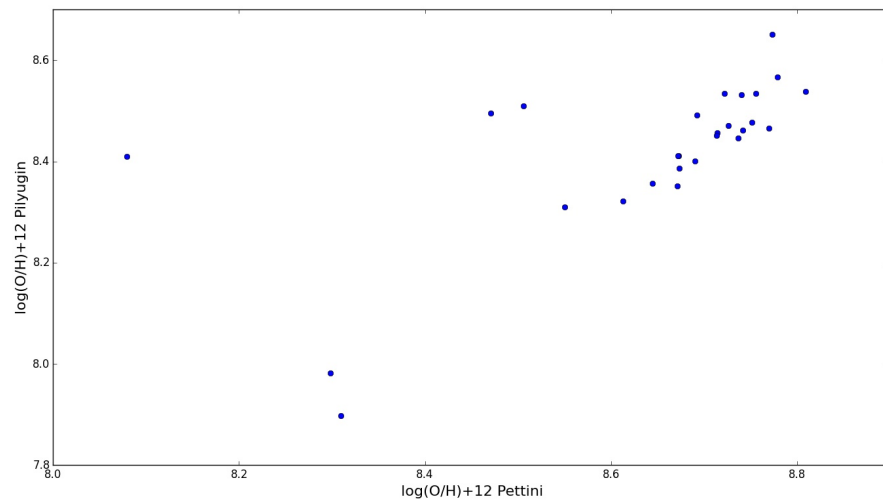


Figure 2-23: todas las abundancias (Incluyendo errores) de O/H Para NGC4047

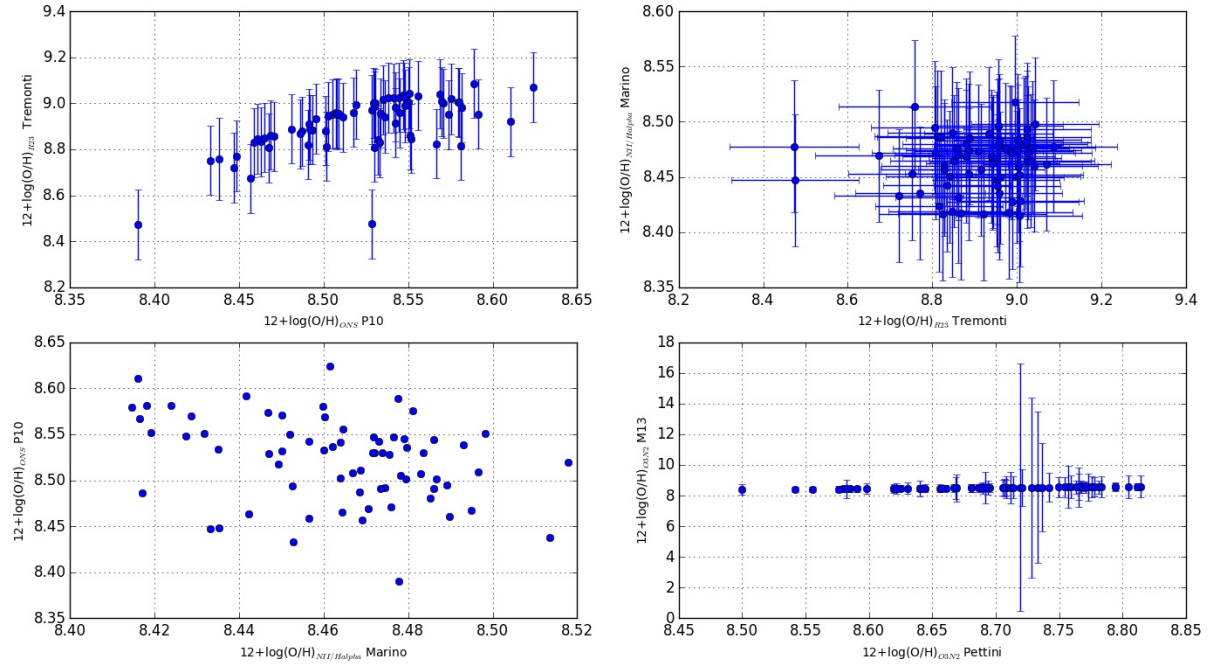


Figure 2-24: todas las abundancias (Incluyendo errores) de O/H Para NGC5394

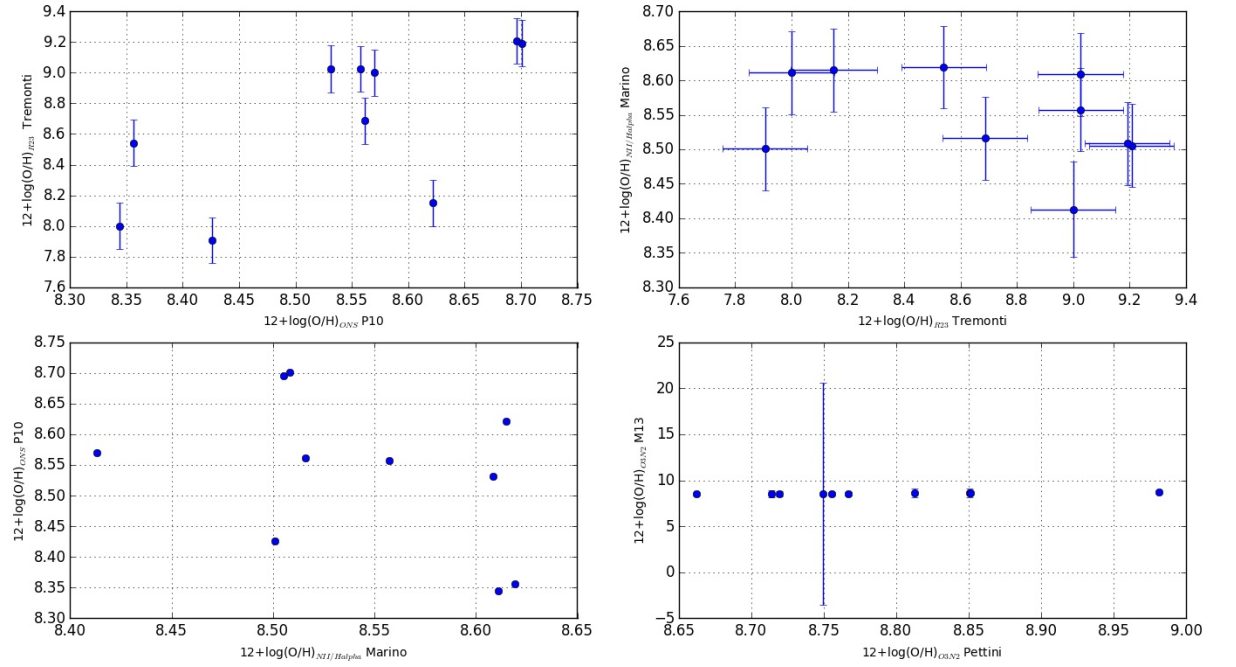
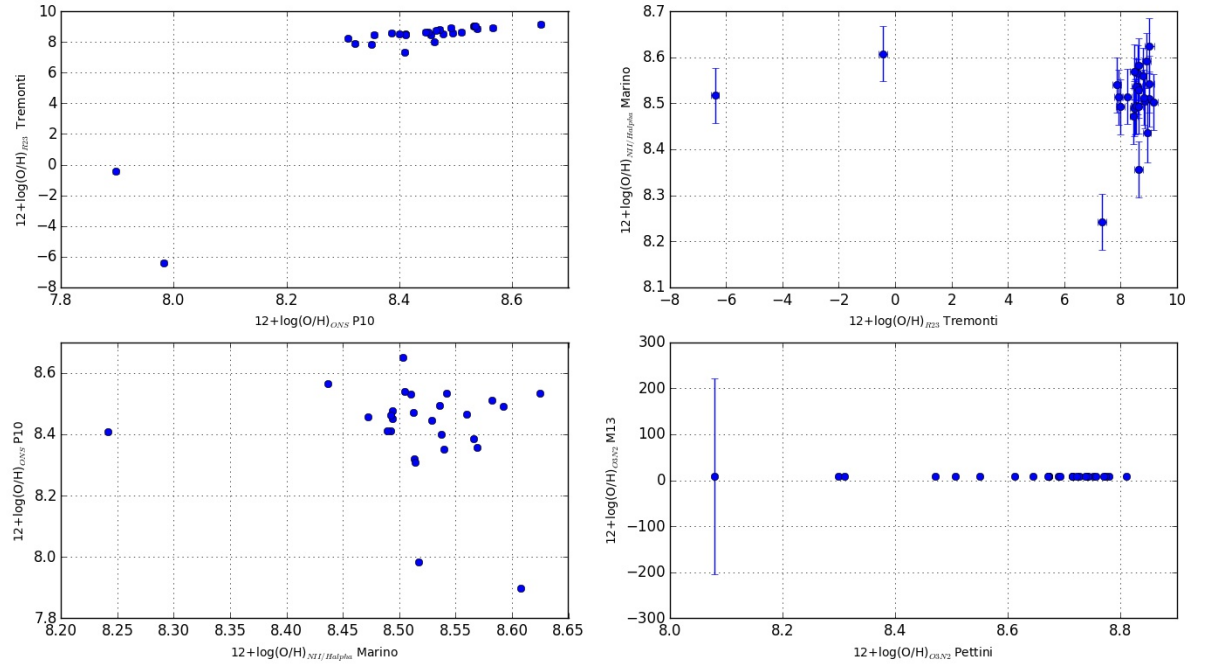
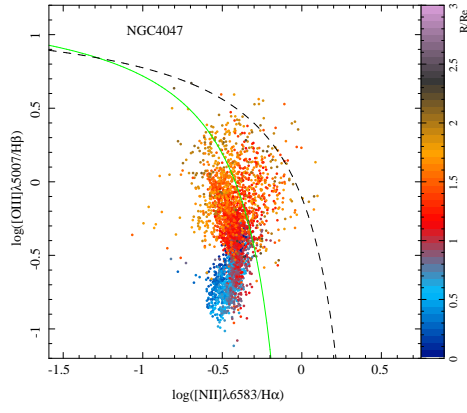
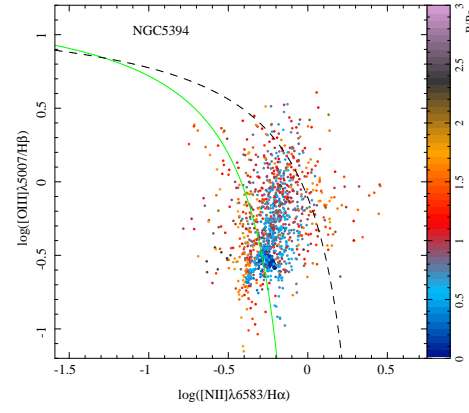


Figure 2-25: todas las abundancias (Incluyendo errores) de O/H Para UGC11680NED01.jpeg

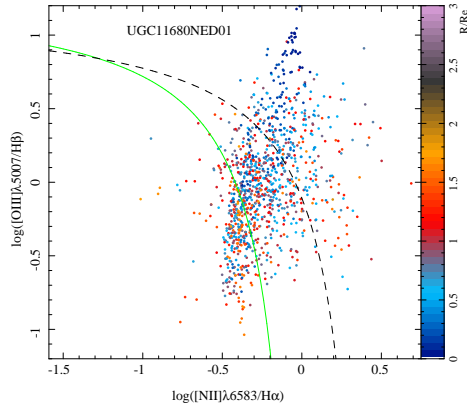




(a) NGC 4047

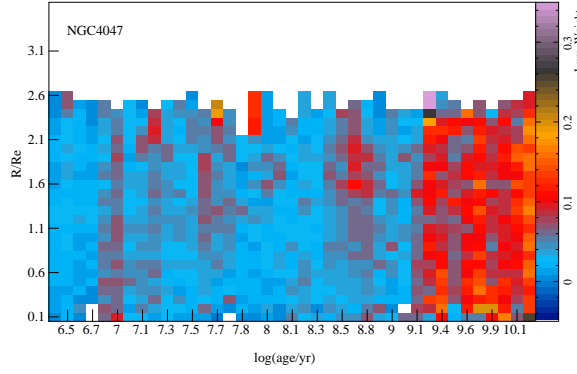


(b) NGC 5394

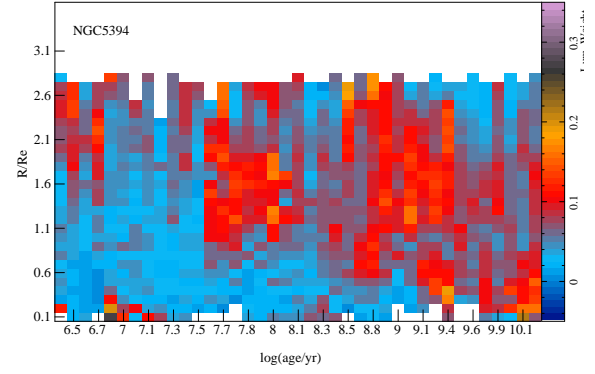


(c) UGC 11680NED01

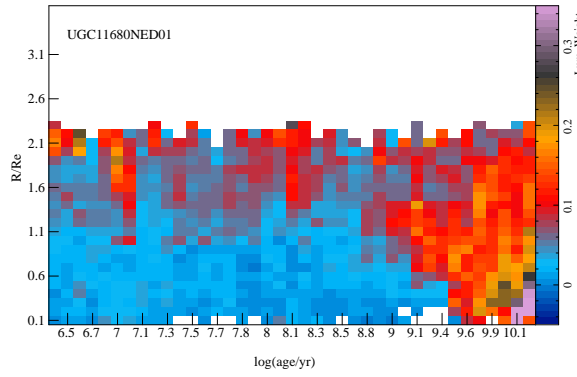
Figure 2-26: Diagramas BPT (incluye todas las regiones) para para las tres galaxias de la muestra



(a) NGC 4047

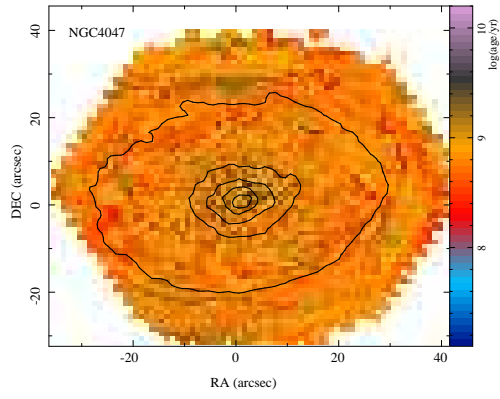


(b) NGC 5394

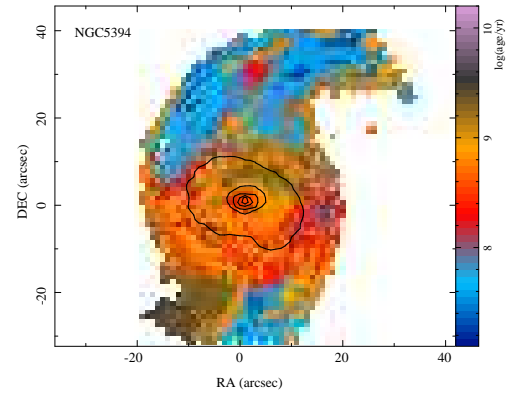


(c) UGC 11680NED01

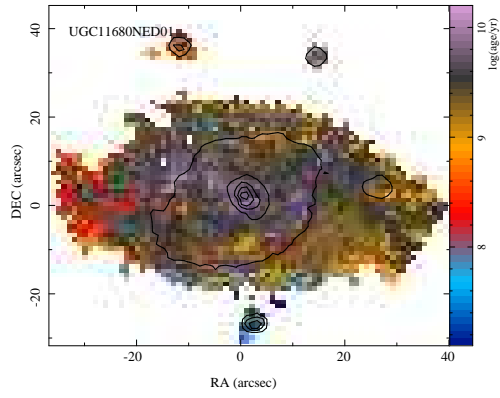
Figure 2-27: Historia de Formación Estelar para las tres galaxias de la muestra



(a) NGC 4047



(b) NGC 5394



(c) UGC 11680NED01

Figure 2-28: Mapa de edades para las tres galaxias de la muestra

Chapter 3

Exprimiendo los Cubos

*I worry that, especially as the Millennium edges nearer,
pseudo-science and superstition will seem year by year more tempting,
the siren song of unreason more sonorous and attractive.*
— CARL SAGAN, *The Demon-Haunted World* (1995)

Chapter 4

Califa

The numbered equation

$$u_{tt} - \Delta u + u^5 + u|u|^{p-2} = 0 \text{ in } \mathbf{R}^3 \times [0, \infty[. \quad (4-1)$$

is automatically numbered as equation 4-1.

4.1 Lists Environments

You can create numbered, bulleted, and description lists using the tag popup at the bottom left of the screen.

Description List Each description list item has a term followed by the description of that term. Double click the term box to enter the term, or to change it.

Bunyip Mythical beast of Australian Aboriginal legends.

Chapter 5

Fit3D Pipe3D and check your Sanity

Chapter 6

Gas Ionizado, SFR

Chapter 7

SFH

7.1 Registro Fósil

Aquí es donde la analogía con la paleontología encaja. Frente a los fósiles de diferentes épocas, un paleontólogo trata de averiguar, con la ayuda de datos y / o teorías auxiliares, cómo los eventos se desarrollaron con el paso del tiempo. Un espectro de una galaxia cualquiera puede ser visto como un registro fósil de su historia. Las estrellas viejas de baja masa que brillan hoy en las galaxias elípticas, son sólo las reliquias de una larga vida de un pasado agitado, donde las estrellas formadas a tasas elevadas y las estrellas masivas dominaban el escenario. El gas y las estrellas recién nacidas que componen las regiones HII de hoy en espirales coexisten con los sobrevivientes masivos de las generaciones anteriores, cuyo largo pasados contribuyeron a los metales que ahora brillan bajo los fotones ionizantes de las generaciones más jóvenes.

El contenido de la edad y los metales de estrellas jóvenes y viejas dejan sus huellas dactilares como colores y líneas de absorción. Por lo tanto, el espectro de una galaxia contiene información de toda sus generaciones estelares. Esta es una buena noticia. La mala noticia es que descifrar esta mezcla de los fotones procedentes de un mismo espacio, pero que reflejan diferentes momentos cósmicos no es tarea fácil. Las dificultades tanto matemáticas y astrofísicas, se aprecian mejor con un poco de formalismo básico. La estrategia más general para hacer frente a este rompecabezas es considerar una galaxia como una suma sencilla de poblaciones estelares (SSP), cada uno con su edad (t_j) y metalicidad (Z_j), de tal manera que el espectro de una galaxia puede ser escrito como:

$$L_{\lambda}^{gal}(\hat{x}) = \sum_{j=1}^{N_*} L_{\lambda,j}^{SSP} = L_{\lambda_0}^{gal} \sum_{j=1}^{N_*} x_j l_{\lambda,j}^{SSP} \quad (7-1)$$

donde $l_{\lambda,j}^{SSP}$ es el espectro de la j – ésima población normalizada a una referencia longitud de onda de referencia λ_0 y \hat{x} es el llamado vector de la población, que dice qué fracción de la luz galaxia a λ_0 viene de la j – ésima población, es decir, de las estrellas de la edad t_j A la metalicidad Z_j . De manera equivalente se puede expresar el problema en términos de fracciones de *masa*, que se relacionan con \hat{x} por medio del cociente masa-luminosidad M/L_{λ_0} de cada población. De esta manera, se compara este modelo con los espectros obsevados O_{λ}^{gal} (o los índices derivados de el) y buscar la \hat{x} que minimiza los residuales

$$\chi^2 = \sum_{\lambda} \left[O_{\lambda}^{gal} - L_{\lambda}^{gal}(\hat{x}) \right]^2 \omega_{\lambda}^2 \quad (7-2)$$

donde ω_{λ} es el peso atribuido a cada pixel λ . Esta ecuación está incompleta en al menos dos sentidos. En primer lugar, carece de un término para contar los corrimientos Doppler causados por las estrellas al moverse en una galaxia, suavizando las líneas de absorción en escalas del orden 100 km/s. Este efecto

se modela fácilmente convolucionando la ecuación 1 con un filtro cinemático, así que vamos a pretender esto se ha hecho. En segundo lugar, las condiciones de extinción que afectan a los espectros de galaxias en una λ -escala, están desaparecidos. La extinción puede y debe ser modelada, y lo más simple que hay que hacer es modelar una pantalla de polvo homogéneo en primer plano, multiplicando (1) por

por y la elección de algunos Y ? Y ? 1 curva enrojecimiento. Aunque esta estrategia da resultados útiles, que implica una representación descaradamente simplista de galaxias reales, donde diferentes poblaciones se ven afectadas de manera diferente por el polvo. Contabilización de esto en una constante y forma robusta es quizás el desafío más serio para la síntesis de la población actual métodos. En ausencia de una técnica sólida para hacer frente a esta dificultad, nos vemos obligados a adoptar el método tradicional de olvidar el problema y adoptar el modelo de pantalla hasta nuevo aviso. Está claro que lo es! ? estamos después, ya que codifica la distribución de edades estelares y metalicidad, y por lo tanto toda la historia de formación estelar (SFH) de una galaxia. Para llegar allí, tenemos que especifique varias cosas.

The past slips from our grasp. It leaves us only scattered things. The bond that united them eludes us. Our imagination usually fills in the void by making use of preconceived theories...Archaeology, then, does not supply us with certitudes, but rather with vague hypotheses. And in the shade of these hypotheses some artists are content to dream, considering them less as scientific facts than as sources of inspiration..
— IGOR STRAVINSKY, *Poetics of Music in the Form - Six Lessons* (1995)

Chapter 8

Conclusiones

Chapter 9

Aren't you looney enough? (anything else)

Appendix A

Derivaciones

The real problem is that programmers have spent far too much time worrying about efficiency in the wrong places and at the wrong times; premature optimization is the root of all evil (or at least most of it) in programming.

— DONALD KNUTH, *Turing Award Lecture* (1974)

Bibliography