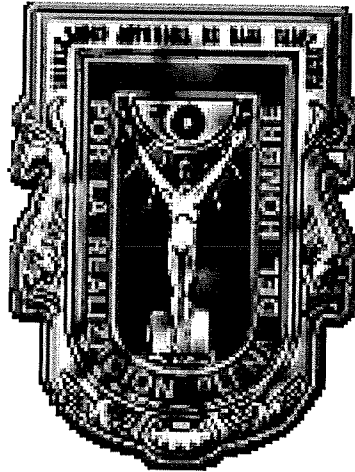


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS



DIAGRAMAS DE DIAGNÓSTICO DE DENSIDAD-EXCITACIÓN
ELECTRÓNICA EN NEBULOSAS PLANETARIAS

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

FÍSICO

PRESENTA:

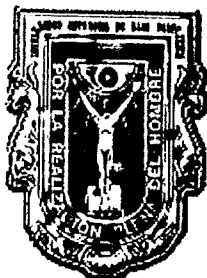
MARÍA HORTENSIA RIESGO TIRADO

Ensenada, Baja California.

Diciembre de 2000

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS



DIAGRAMAS DE DIAGNÓSTICO DE DENSIDAD-EXCITACIÓN
ELECTRÓNICA EN NEBULOSAS PLANETARIAS


Tesis Profesional que como requisito parcial para obtener el Título de

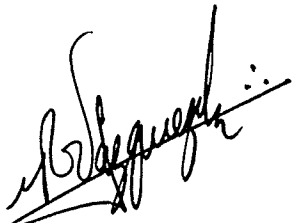
Físico

Presenta

MARÍA HORTENSIA RIESGO TIRADO

Aprobado por:


DR. JOSÉ ALBERTO LÓPEZ GARCÍA
Presidente del Jurado


DR. ROBERTO VÁZQUEZ MEZA
Secretario


DR. GUILLERMO GARCÍA SEGURA
1er. Vocal

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento al Dr. José Alberto López García por haber dirigido esta tesis y sugerir el tema de la misma, por alentarme a seguir adelante en la Astronomía, pero sobre todo por el compañero que he encontrado... HAGAMOS UN TRATO.

A mi *Alma Mater* la Universidad Autónoma de Baja California siempre estaré orgullosa de ser un Cimarrón.

A la Facultad de Ciencias de la UABC, por haberme dado la oportunidad de formarme como Físico, al personal académico y administrativo... Blanquita gracias por toda la ayuda que me has brindado durante estos 4 años ☺ a Fernando "el Fer" Moreno, por su ayuda durante mis prácticas de laboratorio.

Al instituto de Astronomía de la UNAM- Ensenada, por proporcionarme todo lo necesario y más para realizar este trabajo.

A TODO el personal del Observatorio Astronómico Nacional, mi hogar académico desde hace año y medio, a la Sra. Ma. Elena Jiménez y Sra. Georgina Puig, así hasta gusto da entrar a una biblioteca; al personal administrativo... imposible nombrarlos a todos, pero desde aquí un enorme GRACIAS.

A mis siempre recordados amigos Graciela, Tania, Aubé, Luis y Manuel por acompañarme a lo largo de la carrera, y a todos mis compañeros de clases.

A los habitantes del cubo 404, a los amigos de las extensiones 325, 253, 401 (todos del IA)

Hey!!! Roberto, muchas, pero muchas gracias

A mis padres y hermanos, siempre siento que me quedo corta de palabras cuando me dirijo a ustedes... saben que los quiero y MUCHO

A toda mi familia... algo muy bueno debí haber hecho para merecer su compañía

A mi niña

Trascender...

*el espacio
el tiempo
...la vida*

habitas en mi corazón, por favor


nunca te vayas.

RESUMEN de la tesis de María Hortensia Riesgo Tirado presentada como requisito parcial para la obtención del grado de FÍSICO. Ensenada, Baja California, México.

Diciembre de 2000

DIAGRAMAS DE DIAGNÓSTICO DE DENSIDAD-EXCITACIÓN ELECTRÓNICA EN NEBULOSAS PLANETARIAS

Resumen Aprobado



DR. JOSÉ ALBERTO LÓPEZ GARCÍA
DIRECTOR DE TESIS

En la presente tesis se hace un análisis general del comportamiento de las intensidades relativas de las líneas de emisión $H\alpha$ 6563, [NII] 6548, 6584 y [SII] 6717, 6731 contenidas en el Catálogo de Strasburgo. Se reproducen Los diagramas de diagnóstico de densidad-excitación introducidos originalmente por Sabbadin, Minello y Bianchini (1977) y se redefinen los límites correspondientes a las nebulosas planetarias en función a una nueva base de datos consistente de 613 objetos. Se hace el análisis de una submuestra compuesta por objetos de muy baja excitación y se presentan los resultados observacionales referentes a esta submuestra, obtenidos con el telescopio de 2.1m del Observatorio Astronómico Nacional, ubicado en la Sierra de San Pedro Martir, B.C., México.

DIAGRAMAS DE DIAGNÓSTICO DE DENSIDAD-EXCITACIÓN ELECTRÓNICA EN NEBULOSAS PLANETARIAS

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. EVOLUCIÓN DE LAS NPs EN EL DIAGRAMA H-R.	4
CAPÍTULO II. RADIACIÓN EN LÍNEA.	15
II.1. Radiación en línea.	15
II.1.1. Líneas de recombinación.	15
II.1.2. Líneas excitadas colisionalmente.	20
II.2. Determinación de las propiedades físicas de una nebulosa planetaria a partir de sus líneas de emisión.	22
II.2.1. Temperatura electrónica.	23
II.2.2. Densidad electrónica.	25

CAPÍTULO III. ANTECEDENTES, MUESTRA Y DIAGRAMAS.	29
III.1. Antecedentes.	29
III.2. Muestra.	34
III.2.1. Criterios de selección.	35
III.3. Diagramas.	35
CAPÍTULO IV. SUBMUESTRA.	44
IV.1. Presentación de la submuestra.	44
IV.2. Adquisición de datos.	46
IV.3. Reducción de imágenes.	49
IV.4. Resultados de las observaciones.	59
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.	64
V.1. Discusiones	64
V.2. Conclusiones	65
BIBLIOGRAFÍA	67
ANEXO 1 Muestra General	69
ANEXO 2 Macro “Pruegraf”	81
ANEXO 3 Macro “Pruegraf2”	88
ANEXO 4 Submuestra	95

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
I.1. Diagrama H-R.	6
I.2. Diagrama H-R.	7
I.3. Posible estructura de una estrella evolucionada.	12
I.4. Estructura de una estrella en la etapa de AGB.	13
II.1. Líneas de recombinación del átomo de H.	17
II.2. Niveles de energía para [OIII] y [NII].	23
II.3. Gráfica del cociente de [OIII] vs Temperatura.	24
II.4. Niveles de energía para [OII] y [SII].	26
II.5. Gráfica de los cocientes de [OII] y [SII] vs densidad electrónica.	27
III.1. Diagramas originales de Sabbadin et al. (1977).	30
III.2. Diagramas utilizados por López y Meaburn (1982).	31
III.3. Diagramas utilizados por Miranda et al. (2000).	32
III.4. Adaptaciones hechas a los diagramas de Sabbadin et al. (1977) por Cantó (1981).	33
III.5. Diagramas utilizados por García Lario (1991).	33
III.6. Diagrama con los límites originales de Sabbadin et al. (1977) pero con nuestra muestra del CSNPG, $H\alpha / [SII]$ vs $H\alpha / [NII]$.	36
III.7. Misma descripción que la figura III.6., pero $H\alpha / [SII]$ vs 6717/6731.	37
III.8. Misma descripción que la figura III.6., pero $H\alpha / [NII]$ vs 6717/6731.	38

III.9. Diagrama de , $H\alpha / [SII]$ vs $H\alpha / [NII]$ con los nuevos límites propuestos.	39
III.10. Igual que la figura anterior, pero $H\alpha / [SII]$ vs 6717/6731.	40
III.11. Igual que en la figura III.9., pero $H\alpha / [NII]$ vs 6717/6731.	41
IV.1. Diagrama de $H\alpha / [SII]$ vs $H\alpha / [NII]$ para la submuestra.	45
IV.2. Rueda de filtros MEXMAN.	47
IV.3. Rueda de filtros MEXMAN montada en el telescopio.	48
IV.4. Interfaz de usuario para la rueda de filtros MEXMAN.	48
IV.5. K 2-5	51
IV.6. K 2-5	51
IV.7. K 4-5	52
IV.8. K 4-5	52
IV.9. WeSb 4	53
IV.10. WeSb 4	53
IV.11. M 1-28	54
IV.12. M 1-28	54
IV.13. HaTr 10	55
IV.14. HaTr 10	55
IV.15. H 2-12	56
IV.16. H 2-12	56
IV.17. K 1-4	57
IV.18. K 1-4	57
IV.19. SaWe 3	58

IV.20.	SaWe 3	58
IV.21.	K 3-46	59
IV.22.	K 3-46	59
IV.23.	Sa 2-237	60
IV.24.	Sa 2-237	60
IV.25.	Wray 17-107	61
IV.26.	Wray 17-107	61
IV.27.	MaC 1-13	62
IV.28.	MaC 1-13	62
IV.29.	Te 1567	63
IV.30.	Te 1567	63

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
I.I Ciclo Protón-Protón.	5
I.II. Ciclo del Carbono.	7
II.I. Líneas de recombinación para el H.	19
IV.I. Filtros de la rueda MEXMAN.	47

INTRODUCCIÓN

Una nebulosa planetaria (NP) es una estrella rodeada por material gaseoso producto de una etapa de intensa pérdida de masa en la cual la estrella expelle sus capas superiores. Esto sucede poco antes de que la estrella se convierta en una enana blanca, hacia el final de su evolución. Este material se encuentra ionizado debido a procesos de radiación originados por los fotones ultravioletas emitidos por la estrella central. El nombre de nebulosa planetaria es puramente histórico, éste se debe a que algunas nebulosas brillantes aparentan ser discos pequeños de color verdoso cuando se observan a través de telescopios pequeños, dando así la imagen de un planeta.

El proceso evolutivo de una estrella depende fundamentalmente de su masa. No todas las estrellas dan origen a las nebulosas planetarias (NPs), de hecho, se sabe que las estrellas con masas de $0.8M_{\odot} \leq M \leq 9M_{\odot}$ son las que originan las NPs. En las estrellas con masas menores a $0.8M_{\odot}$ su evolución es muy lenta y su masa puede no llegar a ser suficiente para pasar a la etapa de NP y cae directamente al estado de enana blanca; las estrellas cuya masa excede de $9M_{\odot}$ continúan produciendo energía por combustión formando de esta manera un núcleo de elementos más pesados, este núcleo se colapsa para formar una estrella de neutrones, y la envolvente es expulsada mediante una explosión de supernova.

La etapa de NP es muy breve en la vida de una estrella, sólo de unos cuantos 10^4 años. Las estrellas centrales en las NPs alcanzan temperaturas efectivas del orden de 10^4 a 10^5 °K, y luminosidades típicas de $10^4 L_{\odot}$ ($M_V = -3$ a $+5$). La envoltura gaseosa tiene una velocidad de expansión que fluctúa típicamente entre 20 km s^{-1} y 50 km s^{-1} . Su densidad varía de 10^2 a 10^4 cm^{-3} , con masa del orden de 0.1 a $1.0 M_{\odot}$ y tamaños de 0.1 a 1.0 pc . Las líneas espectrales de emisión que se producen en estas envolturas revelan información importante tanto del estado físico del gas como de la historia de la estrella.

La mayor compilación de posiciones y cartas de identificación de NPs en nuestra galaxia es el Catálogo de Strasburgo de Nebulosas Planetarias Galácticas (CSNPG) (Acker et al. 1992), el cual contiene 1143 objetos. Este catálogo contiene también listadas las intensidades relativas de importantes líneas de emisión para la mayoría de los objetos del catálogo. En particular se listan las intensidades relativas de las líneas de $H\alpha$ 6563, [NII] 6584, [SII] 6717, 6731 y [OIII] 5007, 4957.

El objetivo de esta tesis es hacer un análisis general del comportamiento de las intensidades relativas de las líneas de emisión de mayor importancia astrofísica, contenidas en el CSNPG, aprovechando que este catálogo es un conjunto homogéneo de observaciones, reducidas en condiciones similares.

En el capítulo 1 se presenta una descripción de la secuencia evolutiva que siguen las estrellas típicas que originan las nebulosas planetarias a través del diagrama Hertzsprung-Russell (H-R).

En el capítulo 2 se describen los mecanismos básicos que dan lugar a la formación de líneas espectrales de emisión en nebulosas gaseosas ionizadas.

Los antecedentes relativos a trabajos similares al estudio de esta tesis se muestran en el capítulo 3, donde además se presenta la base de datos extraída del CSNPG utilizada en este trabajo, así como los criterios de selección y los diagramas resultantes.

Posteriormente, en el capítulo 4, se analizan subgrupos de particular importancia extraídos de los diagramas del capítulo anterior y se presentan los resultados observacionales de uno de estos subgrupos.

Finalmente, las conclusiones de esta tesis se presentan en el capítulo 5.

CAPÍTULO I

EVOLUCIÓN DE LAS NPs EN EL DIAGRAMA H-R

El origen de una estrella es una nube molecular dividida en fragmentos que empiezan a contraerse, manteniéndose unidos gracias a su propia gravedad. Estas nubes autogravitantes siguen contrayéndose elevando la temperatura central hasta el punto de iniciar reacciones termonucleares, lo que genera una presión que se opone a la fuerza de gravedad. Cuando estas dos fuerzas están en equilibrio se dice que se ha formado la protoestrella.

Cuando la temperatura en el centro alcanza los 15×10^6 K y la presión es del orden de 10^8 atm, se dan las condiciones ideales para que se lleve a cabo el ciclo Protón-Protón, que es la formación de deuterio por la combinación directa de dos protones, acompañada por la emisión de un positrón y un neutrino. Un deuterio puede unirse entonces con un protón para formar un núcleo de helio ${}^3_2\text{He}$. Finalmente, dos núcleos de ${}^3_2\text{He}$ reaccionan para producir un núcleo de ${}^4_2\text{He}$ más dos protones. La energía total desprendida es $(\Delta m)c^2$ donde Δm es la diferencia entre la masa de los cuatro protones y la de una partícula alfa y dos positrones, y llega a valer 24.7 MeV (Ver tabla I.I), y el ciclo del carbono (Tabla I.II), según cuál sea el que predomine, la

estructura de la estrella será radicalmente distinta. El hecho de que uno de los dos procesos produzca la mayor parte de la energía, dependerá principalmente de la temperatura central de la estrella y, por lo tanto, de su masa. Las estrellas de mayor masa estarán suficientemente calientes para que el ciclo del carbono opere en su centro, mientras que las estrellas más pequeñas tenderán a basarse en el ciclo Protón-Protón. La cantidad de energía radiada será proporcional a la cantidad de materia disponible para la fusión. Una vez iniciadas las cadenas de reacciones termonucleares, la estrella empieza su trayectoria evolutiva por el diagrama H-R (Figura I.1).

El diagrama llamado H-R (diagrama en el cual se representan los valores de temperatura contra luminosidad) está dividido en distintas regiones que representan diferentes etapas evolutivas de las estrellas. La posición inicial y la trayectoria seguida por una estrella en el diagrama H-R está determinada fundamentalmente por su masa, de ahí que se presenten diferentes trazas evolutivas (Figura I.2).

Tabla I.I.- Esquema del ciclo Protón-Protón, implica la combinación de cuatro núcleos de H para formar un núcleo de He con la evolución de la energía.

CICLO	REACCIÓN TERMONUCLEAR
Protón - Protón	${}^1_1\text{H} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^2_1\text{H} + e^+ + \nu$
	${}^1_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + \gamma$
	${}^3_2\text{He} + {}^3_2\text{He} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_1\text{H} + {}^1_1\text{H}$

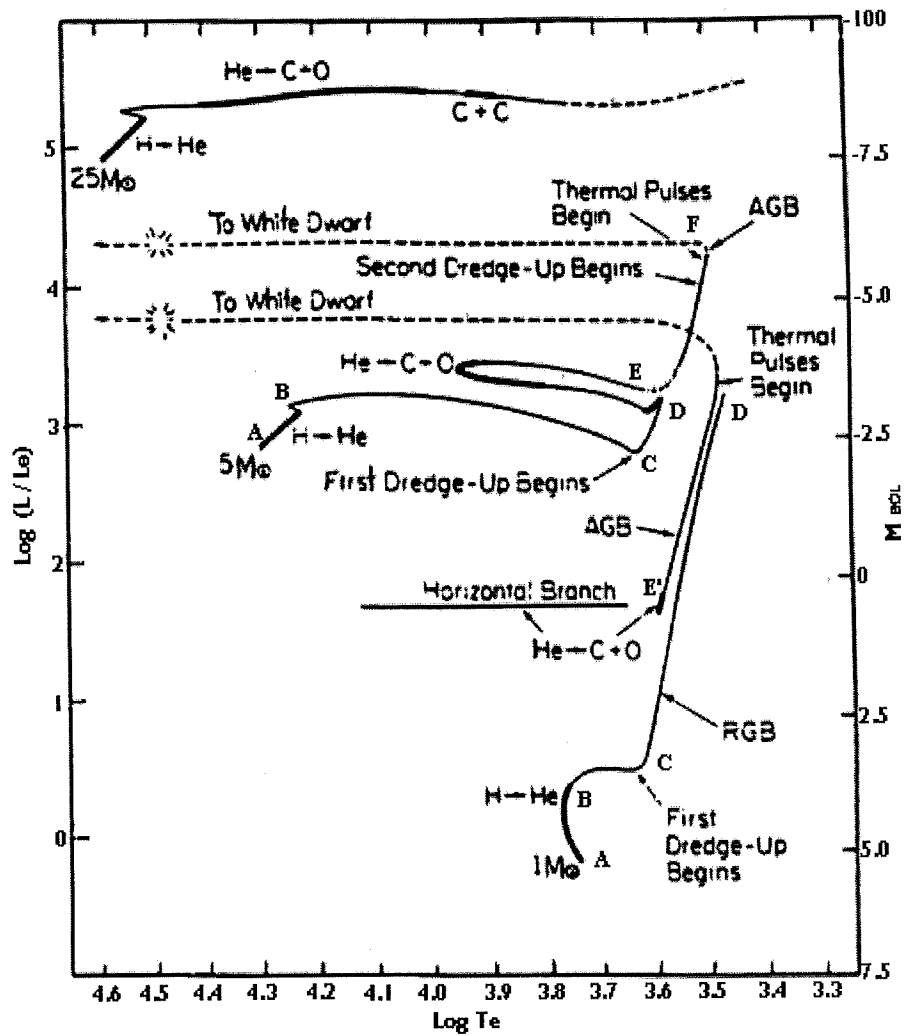


Figura I.1.- Trayectoria evolutiva seguida por una estrella típica que genera una NP. La luminosidad esta dada en unidades de luminosidad solar (L_{\odot}) y la temperatura efectiva en grados Kelvin. Los segmentos oscurecidos señalan cuando la combustión nuclear ocurre en una escala de tiempo muy grande.

Tabla I.II.- Ciclo del carbono, es la formación de una partícula alfa y dos positrones a partir de cuatro protones.

CICLO	REACCIÓN TERMONUCLEAR
Ciclo del carbono	${}^1_1\text{H} + {}^{12}_6\text{C} \rightarrow {}^{13}_7\text{N}$
	${}^{13}_7\text{N} \rightarrow {}^{13}_6\text{C} + e^+ + \nu$
	${}^1_1\text{H} + {}^{13}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + \gamma$
	${}^1_1\text{H} + {}^{14}_7\text{N} \rightarrow {}^{15}_8\text{O} + \gamma$
	${}^{15}_8\text{O} \rightarrow {}^{15}_7\text{N} + e^+ + \nu$
	${}^1_1\text{H} + {}^{15}_7\text{N} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + {}^4_2\text{He}$

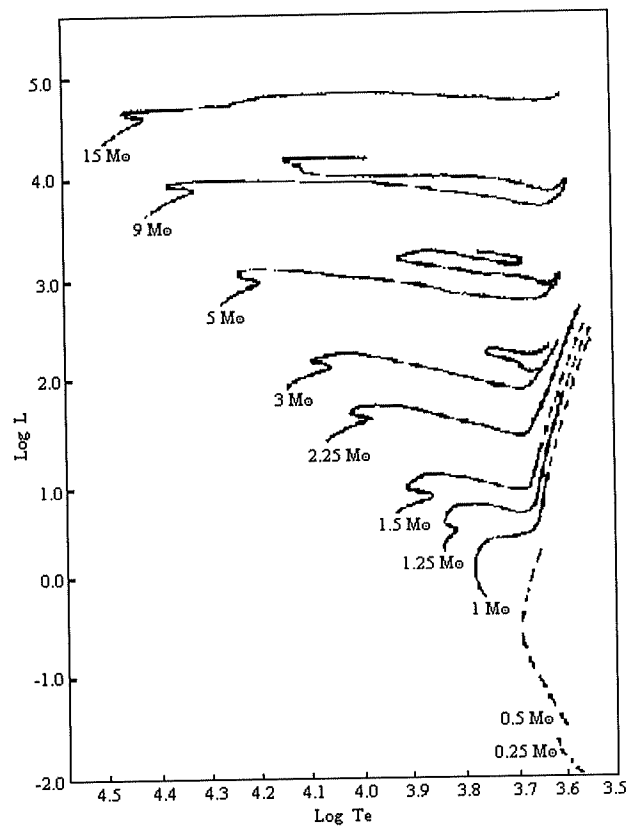


Figura I.2.- Trazas evolutivas para modelos estelares de diferentes masas representados en el diagrama H-R.

La región más poblada de este diagrama es la llamada “secuencia principal”, donde las estrellas pasan aproximadamente el 90% de su existencia, y deben aquí su energía a las reacciones termonucleares que ocurren exclusivamente en su núcleo, y que permiten la transformación de hidrógeno a helio. Esta etapa es usualmente llamada de “quemado de hidrógeno”, representada en la figura I.1 por el camino del punto A al punto B. En este período se cumplen las condiciones de equilibrio térmico y equilibrio hidrodinámico.

Cuando la estrella consume aproximadamente el 10% del hidrógeno presente en el núcleo, éste empieza a contraerse y la región donde el hidrógeno es quemado es gradualmente desplazada hacia zonas superiores creándose así una envoltura; ahora la estrella está compuesta por un núcleo inerte de helio y una envoltura de hidrógeno que lo rodea transmutándose en helio. La estrella se encuentra en el punto C de la figura I.1. Los efectos de transporte de energía que hasta el punto anterior eran caracterizados por transporte radiativo se transforman ahora en procesos convectivos que se extienden desde las capas externas hasta las regiones donde se llevan a cabo las reacciones termonucleares.

Dado que el núcleo se contrae debido a que la fuerza gravitatoria ya no es compensada por la presión del gas y la presión de radiación producidas por el quemado de hidrógeno, la masa adicional depositada en las capas superiores producirá un aumento en su volumen haciendo que las capas externas de la estrella se expandan de

forma lenta, aumentando así su luminosidad de acuerdo con la relación $L=4\pi R^2 \sigma T^4$. En este momento la estrella se encuentra en la fase de “gigante roja” (punto D de la figura I.1).

En la etapa de “gigante roja”, el quemado de hidrógeno aumenta en las capas externas, haciendo que la estrella se expanda y se enfríe. La densidad del núcleo crece rápidamente. Hasta este punto se considera que la estrella (incluso la región central) se comportaba como un gas. Para las densidades que ahora se presentan (10^5 veces la densidad del agua) esta suposición deja de ser válida. La materia del núcleo está comprimida hasta tal extremo que deja de comportarse como un gas y empieza a comportarse como un metal, por ejemplo, empieza a conducir el calor eficazmente. La materia en este estado “comprimido” recibe el nombre de degenerada. Otra propiedad de la materia degenerada es que puede soportar altas presiones sin ningún cambio apreciable en su volumen, así que, cuando el núcleo de una estrella se vuelve degenerado su contracción se detiene.

La estrella ahora está formada por un núcleo central pequeño, muy denso y degenerado, compuesto principalmente de helio. La temperatura en todos sus puntos es la misma porque la materia degenerada es buena conductora y cualquier diferencia de temperatura queda rápidamente equilibrada. Fuera del núcleo hay una capa parcialmente degenerada de helio, luego una capa de combustión de hidrógeno y finalmente, una envoltura extensa y tenue.

Aunque la parte central del núcleo sea estática, la estrella puede seguir sufriendo cambios ya que las regiones externas aún pueden contraerse. La capa de combustión de hidrógeno produce continuamente más helio. Éste se va añadiendo a la zona parcialmente degenerada y así su masa va creciendo ligeramente. La compactación hacia el centro, además de incrementar la masa del núcleo, también libera cierta cantidad de energía, por lo cual aumenta su temperatura. En esta etapa del proceso, la temperatura en el núcleo de la estrella es de varias veces 10^7 K. Los núcleos de helio en el centro chocan unos con otros cada vez con más frecuencia y violencia. Para convertir el helio en otro elemento es necesario que tres núcleos colisionen simultáneamente, la probabilidad de que esto suceda es muy baja, por lo que el ritmo de colisiones debe ser muy alto antes de que ocurra un número significativo de reacciones. Ésta es la razón por la que el núcleo debe volverse muy caliente y muy denso para que se produzca la ignición del helio. El proceso triple alfa (He se transforma en C y O) se hace posible cuando la densidad corresponde a la de la materia degenerada y la temperatura se acerca a los 10^8 K.

Una vez iniciado el proceso triple alfa se produce inmediatamente energía, lo que hace crecer aún más la temperatura, pero la materia no se expande sino que se calienta rápidamente, debido a que está degenerada. Esto hace crecer la tasa de interacción de los núcleos de helio, se genera mucha más energía y la temperatura se dispara. Posteriormente aumentan las condiciones de inestabilidad en la estrella, y cuando ésta busca el equilibrio, se produce una violenta explosión que expulsa material del núcleo haciendo que disminuya la luminosidad. Esta liberación térmica es llamada

el fognazo de helio. La explosión de energía generada en la ignición del helio es suficiente para convertir la materia degenerada del centro de la estrella en un gas ionizado.

Cuando se da la formación de núcleos de C en el centro de la estrella, también se da la formación de núcleos de O, ambos son estables y hacen que el núcleo de la estrella sea cada vez más denso (este proceso se presenta sólo en estrellas con $M \geq 4M_{\odot}$). El núcleo empieza a contraerse lentamente hasta transformarse de nuevo en material degenerado. Cuando la densidad es del orden de 10^6 gr cm^{-3} y la temperatura es aproximadamente de $6 \times 10^8 \text{ K}$, los núcleos de carbono empiezan a interaccionar entre sí, se produce más oxígeno, neón y magnesio junto con algo de sodio, liberando gran cantidad de energía y, provocando que la estrella se expanda. A este proceso se le conoce como fognazo de carbono. A medida que la temperatura va en ascenso y rebasa los 10^9 K , entran en acción nuevas reacciones, como por ejemplo, la de los núcleos de oxígeno interaccionando entre sí. Se producen ahora algunos elementos más pesados, como el silicio, azufre y el fósforo. Un mayor aumento de la temperatura hacia los $3 \times 10^9 \text{ K}$ desata una cascada de reacciones. Se crean rápidamente una gran cantidad de elementos cada vez mas pesados, deteniéndose cuando el núcleo esté compuesto por hierro, por ser éste el elemento más pesado que puede ser formado por fusión (Véase figura I.3).

La estrella se encuentra ahora en la rama horizontal del diagrama H-R, cerca del punto E de la figura I.1. La posición dependerá de su masa y composición química.

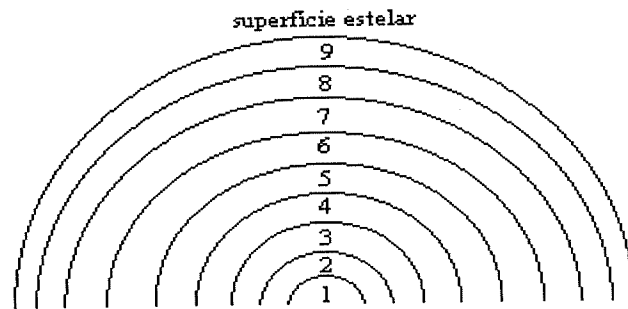


Figura I.3.- Posible estructura de una estrella altamente evolucionada. 1-núcleo compuesto de hierro; 2-capa compuesta fundamentalmente de silicio; 3-capa compuesta básicamente de magnesio y silicio; 4-capa formada por magnesio, silicio y azufre; 5-capa de oxígeno, neón y magnesio; 6-capa compuesta básicamente de carbono y oxígeno; 8-capa compuesta esencialmente de helio; 9-capa compuesta básicamente de hidrógeno. Entre cada dos capas hay una zona de combustión donde se transmuta el elemento de la capa superior en el de la capa inferior.

Después de un cierto período, una considerable fracción del helio presente en el núcleo ha sido agotada (E' de la figura I.1), es entonces cuando se presenta el segundo ascenso por la rama de las gigantes rojas. El núcleo formado por C y O presenta rápidas contracciones, un considerable aumento de temperatura y, la envolvente se expande para compensar la contracción del núcleo.

La estrella contiene entonces dos zonas de combustión en capa. La primera de estas es la capa de combustión de hidrógeno en la base de la envoltura; la otra es una nueva capa de combustión de helio alrededor de un núcleo inerte de carbono y oxígeno. En esta etapa suelen presentarse inestabilidades en las envolturas externas produciendo cambios de luminosidad, los cuales hacen que la estrella cambie de azul a roja y se vuelva mucho más brillante, evolucionando hacia arriba en el diagrama H-R, paralelamente a la rama de las gigantes rojas, entonces se dice que ha alcanzado la rama asintótica de las gigantes rojas (AGB) (Figura I.4).

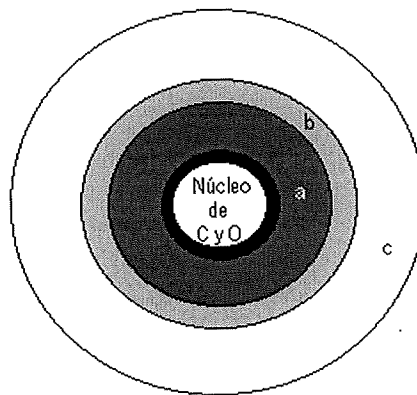


Figura I.4.- Estructura de una estrella en la etapa AGB, presenta un núcleo inerte de C-O, rodeado por una capa donde el He se está quemando (zona negra) y otra capa de He inerte (a). Mas arriba existe una capa que está quemando H (b) y hasta arriba una envoltura compuesta por H y He (c).

La característica principal de una estrella en etapa AGB es que presenta múltiples fogonazos de helio, los cuales están relacionados con la pérdida de masa. Esta pérdida de masa de la envoltente en la etapa AGB es la que genera el desarrollo de la NP, y los fogonazos son conocidos como “pulsos térmicos”.

Cuando la estrella pasa de la rama horizontal hacia la región donde ocurren los pulsos térmicos, se dice que, está en E-AGB (Early AGB) y corresponde a la evolución temprana de la AGB. Cuando se están originando los pulsos térmicos, la estrella está en TP-AGB (Thermal Pulse AGB), y después de los pulsos térmicos la estrella llega a la última etapa de la AGB llamada LAGB (Late AGB).

Durante las etapas de gigante roja y rama horizontal, los procesos convectivos que se dan en las estrellas pueden ocasionar que elementos más pesados como el oxígeno, nitrógeno, carbono, neón o silicio terminen en las capas exteriores que a la larga forman las envoltentes de las NPs.

El fin de la LAGB es conocido como el estado de proto-NP, es cuando disminuye la pérdida de masa (de $\sim 10^{-5} - 10^{-4} M_{\odot}$ a $10^{-9} - 10^{-8} M_{\odot}$) y la estrella se desplaza a la región azul del diagrama H-R. A la mitad de este trayecto, la estrella es tan caliente que emite los fotones necesarios para ionizar las envoltentes que formó previamente, generando así una NP (edad temprana), después de aproximadamente 10^4 años la estrella baja por el diagrama H-R convirtiéndose en enana blanca y las envoltentes se disipan en el medio interestelar.

CAPÍTULO II

II.1. RADIACIÓN EN LINEA

Los átomos tienen niveles discretos de energía. Al presentarse una transición electrónica de un nivel superior de energía a otro nivel inferior se emite un fotón cuya energía es igual a la diferencia de energía de los dos niveles involucrados. La radiación emitida en una nebulosa en una línea particular está en función del grado de ionización, la temperatura, la densidad y las abundancias de los elementos que la constituyen.

En el espectro de línea de una nebulosa planetaria se presentan dos tipos de líneas de emisión: las líneas de recombinación y las líneas excitadas colisionalmente, las cuales se discuten brevemente a continuación.

II.1.1. Líneas de recombinación

Las líneas espectrales de recombinación son formadas por la captura de un electrón, por un átomo o ion, a un nivel ligado de energía, el cual posteriormente decae radiativamente a niveles inferiores produciendo fotones cuya energía corresponde a la diferencia de energía dada entre los niveles involucrados.

De manera particular, para el átomo de hidrógeno, la energía del electrón en un nivel n esta dada por:

$$E = - \frac{m e^4}{8 \epsilon_0^2 h^2} \left(\frac{1}{n^2} \right) \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (\text{II.1})$$

donde: $\frac{m e^4}{8 \epsilon_0^2 h^2}$ es una constante que depende de los parámetros atómicos y

n es el número cuántico principal.

A las transiciones electrónicas de un nivel superior n al nivel $n=1$ se les llama la serie de Lyman, la cual se encuentra en la región ultravioleta del espectro; las transiciones al nivel $n=2$ forman la serie de Balmer, que se encuentra en el visible; al nivel $n=3$ la serie de Paschen, que forma parte del infrarrojo; al nivel $n=4$ son llamadas la serie de Brackett, que se encuentra en el infrarrojo y así, sucesivamente (Véase la figura II.1).

Las transiciones que involucran un cambio de niveles $\Delta n = 1$ son conocidas como transiciones α , aquellas con $\Delta n = 2$ son llamadas transiciones β , etc. De esta manera, una transición del nivel $n=2$ al nivel $n=1$ es llamada Lyman α ; del nivel $n=3$ al nivel $n=1$ es llamada Lyman β ; a una transición del nivel $n=3$ al nivel $n=2$ se le llama Balmer α ($H\alpha$), del nivel $n=4$ al nivel $n=2$ se le nombra Balmer β ($H\beta$), etc.

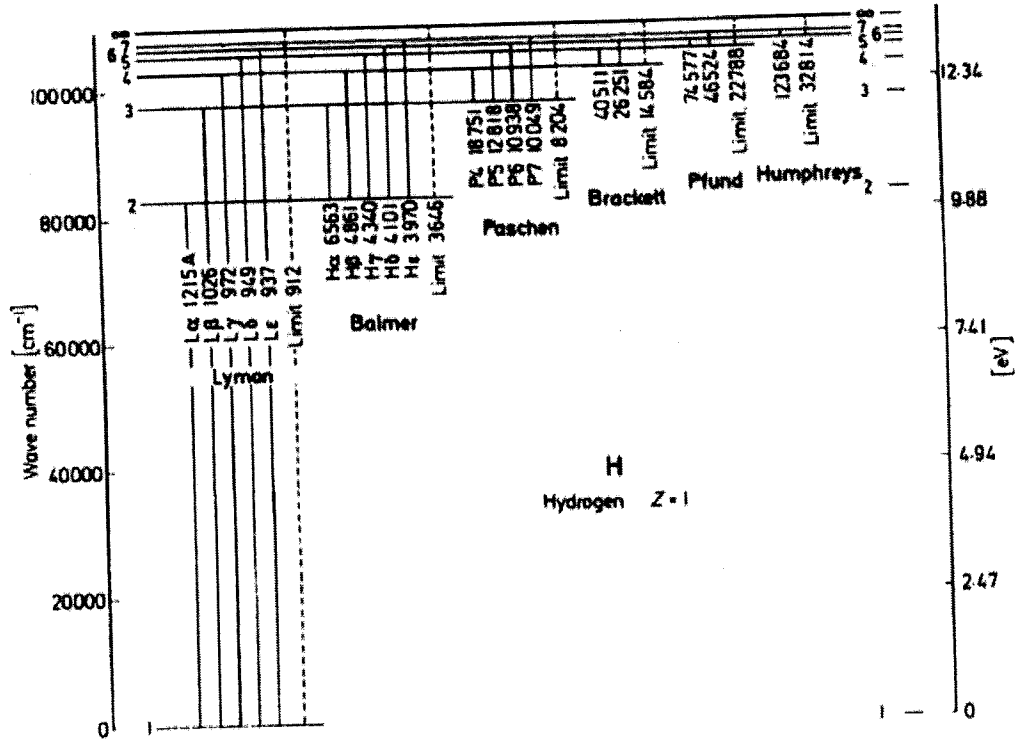


Figura II.1.- Líneas de recombinación del átomo de Hidrógeno.

La emisión de una nebulosa es fundamentalmente producto de la fotoionización del gas que la forma por fotones ultravioletas. El equilibrio de ionización en cada punto de la nebulosa está dado por el balance entre las fotoionizaciones y las recombinaciones de los electrones y los iones. La ecuación de equilibrio de ionización es:

$$N_{H^0} \int_{\nu_0}^{\infty} \frac{4\pi J_{\nu}}{h\nu} a_{\nu}(H) d\nu = N_e N_p \alpha(H^0, T) \quad (\text{II.2})$$

Donde J_{ν} es la intensidad promedio de radiación en un punto, así que $\frac{4\pi J_{\nu}}{h\nu}$ es el

número de fotones incidentes por cm^2 por s por intervalo de frecuencia y, $a_\nu(\text{H})$ es la sección recta de ionización, de tal manera que, la integral representa el número de fotoionizaciones por cm^3 por s. N_{H^0} , N_e y N_p son: la densidad de átomos neutros, electrones y protones, respectivamente, por unidad de volumen y, $\alpha(\text{H}^0, T)$ es el coeficiente de recombinación, por lo que el lado derecho de la ecuación representa el número de recombinaciones por cm^3 por s.

Al calcular los coeficientes de recombinación, se asume que existe equilibrio estadístico en cada uno de los niveles, es decir, la tasa con la que los átomos llegan a un nivel de energía n es la misma con que abandonan dicho nivel. De igual forma, cualquier fotón emitido en una transición $n^2\text{P} \rightarrow 1^2\text{S}$ es absorbido cerca de la nebulosa, poblando el nivel $n^2\text{P}$ de otro átomo. De aquí que todas las transiciones radiativas de un nivel superior al nivel 1^2S son omitidas del coeficiente de recombinación.

El coeficiente de recombinación efectiva está dado por:

$$N_p N_e \alpha_{ni}^{\text{eff}} = \frac{4\pi j_{ni}}{h\nu_{ni}} \quad [\text{cm}^{-3} \text{s}^{-1}] \quad (\text{II.3})$$

donde N_p y N_e son las densidades de protones y electrones, respectivamente y, j_{ni} es el coeficiente de emisión para una línea dada, definido por:

$$j_{ni} = \frac{h\nu_{ni}}{4\pi} \sum_{L=0}^{n-1} \sum_{L'=L\pm 1} N_{nL} A_{nL, nL'} \quad (\text{II.4})$$

el cuál está en función de las probabilidades de transición $A_{nL,n'L}$ y de la densidad de población N_{nL} al nivel n .

Estos coeficientes se encuentran resueltos numéricamente en tablas (Véase la tabla II.I), de donde se observa que el coeficiente es dependiente de la temperatura. Las intensidades de las líneas en el intervalo óptico están expresadas relativas a $H\beta$. De manera análoga se derivan las expresiones para el helio y elementos más pesados.

Tabla II.I.- Líneas de recombinación para el hidrógeno. (Tomado de Osterbrock, 1974).

H I Recombination Lines (Case B)				
	<i>T</i>			
	2500*	5000*	10,000*	20,000*
$4\pi j_{H\beta}/N_p N_e$ (erg cm ³ sec ⁻¹)	3.72×10^{-25}	2.20×10^{-25}	1.24×10^{-25}	6.62×10^{-26}
$\alpha_{H\beta}^{eff}$ (cm ³ sec ⁻¹)	9.07×10^{-14}	5.37×10^{-14}	3.03×10^{-14}	1.62×10^{-14}
Balmer-line intensities relative to Hβ				
$j_{H\alpha}/j_{H\beta}$	3.30	3.05	2.87	2.76
$j_{H\gamma}/j_{H\beta}$	0.444	0.451	0.466	0.474
$j_{H\delta}/j_{H\beta}$	0.241	0.249	0.256	0.262
$j_{H\epsilon}/j_{H\beta}$	0.147	0.153	0.158	0.162
$j_{H\zeta}/j_{H\beta}$	0.0975	0.101	0.105	0.107
$j_{H\eta}/j_{H\beta}$	0.0679	0.0706	0.0730	0.0744
$j_{H\theta}/j_{H\beta}$	0.0491	0.0512	0.0529	0.0538
$j_{H\iota}/j_{H\beta}$	0.0142	0.0149	0.0154	0.0156
$j_{H\kappa}/j_{H\beta}$	0.0059	0.0062	0.0064	0.0065
Paschen-line intensities relative to corresponding Balmer lines				
$j_{Pa}/j_{H\beta}$	0.528	0.427	0.352	0.293
$j_{P\beta}/j_{H\gamma}$	0.473	0.415	0.354	0.308
$j_{P\gamma}/j_{H\delta}$	0.440	0.398	0.354	0.313
$j_{P\delta}/j_{H\epsilon}$	0.421	0.388	0.350	0.321
$j_{P\epsilon}/j_{H\zeta}$	0.422	0.389	0.350	0.320
$j_{P\zeta}/j_{H\eta}$	0.415	0.383	0.344	0.321
$j_{P\eta}/j_{H\theta}$	0.407	0.387	0.344	0.323

II.1.2. Líneas excitadas colisionalmente

La excitación colisional es el mecanismo más importante para la formación de líneas de elementos químicos distintos del H y He. Las líneas formadas por este proceso son tan intensas como las líneas de recombinación a pesar de que los elementos que las originan tienen abundancias mucho menores. La razón es que los procesos colisionales son generalmente varios órdenes de magnitud más rápidos que los procesos de recombinación radiativa.

Las líneas excitadas colisionalmente pueden ser originadas por transiciones permitidas (dipolo eléctrico) o por transiciones “prohibidas” (cuadrupolo eléctrico o dipolo magnético). Éstas últimas tienen una probabilidad de transición de 5 a 10 órdenes de magnitud menores que las transiciones permitidas.

En las nebulosas, las transiciones “prohibidas” dominan el espectro por dos razones. Primero, la configuración del estado base de energía de varios iones de elementos pesados (N, O, Ne, etc.) tienen niveles de energía separados por energías del orden de kTe , es decir, la energía cinética promedio típica de las partículas en una nebulosa y, por lo tanto, de presentarse una colisión, puede excitarse uno de los electrones de estos iones para después desexcitarse radiativamente. Y segundo, las densidades en las NPs son suficientemente bajas (10^2 a 10^4 cm^{-3}) para que la desexcitación colisional sea poco frecuente, es decir, el tiempo que le lleva a un electrón

decaer radiativamente es menor que el tiempo requerido para desexcitarlo mediante una nueva colisión.

Consideremos la excitación de un ion por la colisión de un electrón de un nivel inferior l a un nivel u . La sección recta de excitación en términos de la fuerza de colisión $\Omega_{(lu)}$ es:

$$\sigma_{lu}(v) = \frac{\pi h^2}{m^2 v^2} \frac{\Omega_{(lu)}}{\omega_l} \quad [\text{cm}^2] \quad (\text{II.5})$$

Donde: $\Omega_{(lu)}$ es función de la energía del electrón

ω_l es el peso estadístico del nivel inferior

m es la masa del electrón

h es la constante de Plank

v es la frecuencia

La tasa total de excitación colisional C_{lu} esta dada entonces por la sección recta $\sigma_{lu}(v)$ integrada sobre una distribución maxwelliana de velocidades. Para el caso de desexcitación colisional, dado que estas tasas son esencialmente constantes atómicas, deben aplicarse en equilibrio termodinámico, es decir, cada microproceso es balanceado por su inverso y, en estas condiciones, las poblaciones de los niveles están dadas por la ecuación de Boltzman, de donde:

$$C_{lu} = \frac{8.629 \times 10^{-6}}{T e^{1/2}} \frac{\Omega_{lu}}{\omega_l} \quad [\text{cm}^3 \text{ s}^{-1}] \quad (\text{II.6})$$

donde Ω_{lu} debe ser calculado.

Para todas las líneas prohibidas y algunas otras, la nebulosa es ópticamente delgada, es decir, toda la radiación producida en la nebulosa es capaz de escapar. En este caso, la intensidad I_{ul} observada en la línea u está dada por:

$$I_{ul} = h \nu_{lu} A_{ul} \int n_u dV \quad [\text{erg s}^{-1}] \quad (\text{II.7})$$

Donde: A_{ul} es la tasa de transición radiativa del nivel u al l de un ion cuya densidad es n_u (que a su vez está en función de las C_{lu}) por elemento de volumen dV .

II.2. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE UNA NEBULOSA PLANETARIA A PARTIR DE SUS LÍNEAS DE EMISIÓN.

Mediante el análisis de las líneas de emisión es posible determinar importantes propiedades físicas de las nebulosas planetarias como por ejemplo la temperatura y densidad electrónica del plasma.

II.2.1. Temperatura electrónica.

Iones como el [OIII] y [NII] poseen estructuras de niveles de energía que emiten líneas a partir de dos niveles superiores con considerables diferencias de energías de excitación. Particularmente, para el caso del [OIII], las líneas $\lambda 4363$ y $\lambda 5007$ provienen de niveles cuyas energías de excitación son muy distintas, así que el cociente $I(\lambda 5007) / I(\lambda 4363)$ depende fuertemente de la temperatura. De manera análoga para el [NII] el cociente $I(\lambda 6583) / I(\lambda 5755)$ es también dependiente de la temperatura electrónica (Figura II.2).

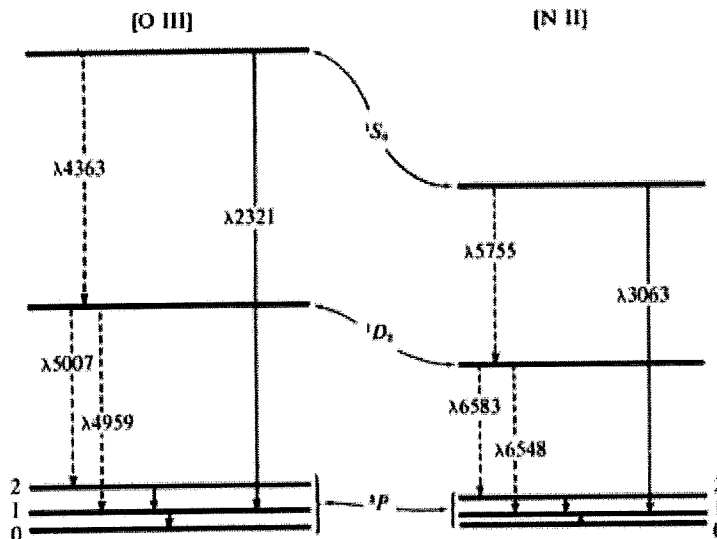


Figura II.2.- Diagrama de niveles de energía para los iones [OIII] y [NII]. Las líneas de emisión en el óptico están indicadas por las líneas punteadas mientras que las líneas sólidas indican emisión en el infrarrojo y ultravioleta. (Tomado de Osterbrock, 1974).

El cociente de intensidades de estas transiciones en el límite de baja densidad está dado por:

$$\frac{j4959 + j5007}{j4363} = \frac{8.32 \exp\left(\frac{3.29 \times 10^4}{T}\right)}{1 + 4.5 \times 10^{-4} \frac{Ne}{T^{1/2}}} \quad (\text{II.8})$$

Siguiendo un tratamiento similar para [NII]:

$$\frac{j6548 + j6584}{j5755} = \frac{7.53 \exp\left(\frac{2.50 \times 10^4}{T}\right)}{1 + 2.7 \times 10^{-3} \frac{Ne}{T^{1/2}}} \quad (\text{II.9})$$

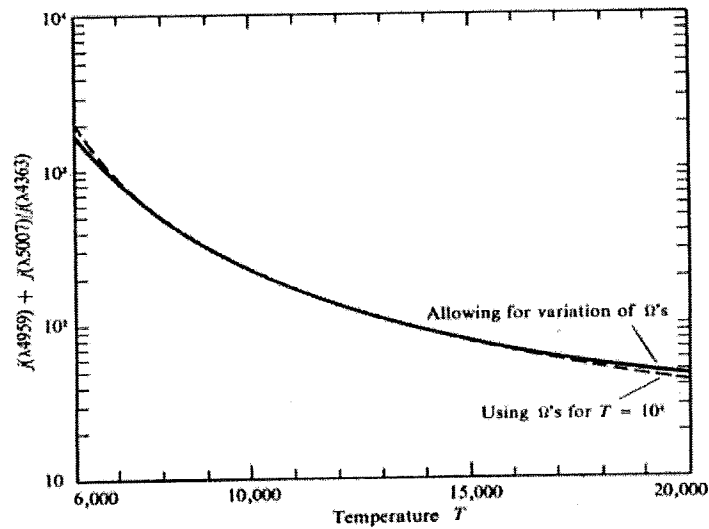


Figura II.3.- Cociente de intensidades de [OIII] como función de la temperatura en el límite de baja densidad. La línea punteada muestra una aproximación obtenida con la ecuación II.8. (Tomado de Osterbrock, 1974).

II.2.2. Densidad electrónica

Para determinar la densidad electrónica de una nebulosa se comparan las intensidades de dos líneas del mismo ion emitidas por diferentes niveles con energías de excitación similares, entonces, las tasas relativas de excitación de los dos niveles sólo dependen de los cocientes de las intensidades de colisión Ω .

Si los dos niveles tienen diferentes probabilidades de transición radiativa o diferentes tasas de desexcitación colisional, entonces, las probabilidades relativas de los dos niveles dependerán de la densidad y se verá reflejado en el cociente de intensidades de las líneas. Tal es el caso de las líneas de [OII] $\lambda 3729$ y $\lambda 3726$, así como de las líneas de azufre [SII] $\lambda 6716$ y $\lambda 6731$. En la figura II.4 se muestran los diagramas de energía correspondientes a éstas líneas.

Para el [OII], en el límite de baja densidad $N_e \rightarrow 0$, cada excitación colisional es seguida por la emisión de un fotón y, el cociente de intensidades está dado por:

$$\frac{j(\lambda 3729)}{j(\lambda 3726)} = 1.5 \quad (\text{II.10})$$

Por otro lado, en el límite de alta densidad $N_e \rightarrow \infty$, dominan las excitaciones colisionales y desexcitaciones y se establece un cociente de poblaciones de Boltzmann y, el cociente de intensidades está dado por:

$$\frac{j(\lambda 3792)}{j(\lambda 3726)} = 0.35 \quad (\text{II.11})$$

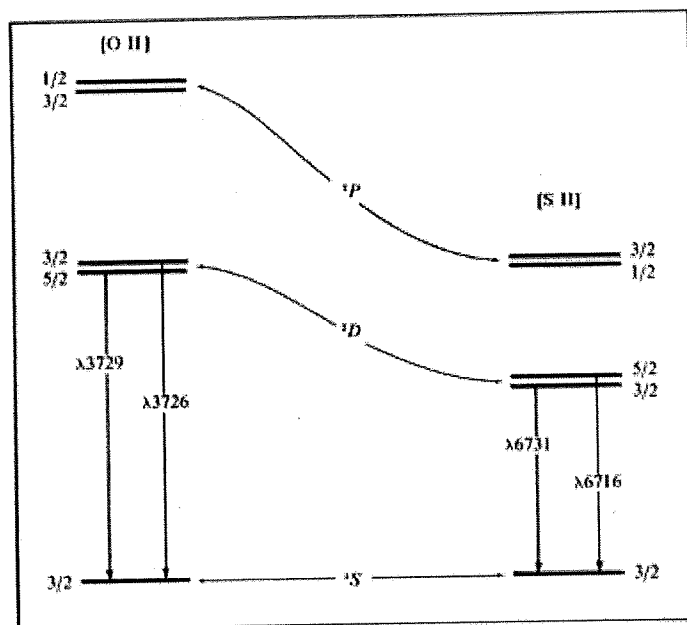


Figura II.4.- Diagrama de niveles de energía para los iones [OII] y [SII].

(Tomado de Osterbrock, 1974).

De manera similar, para el [SII], el cociente de intensidades es:

$$\frac{j(\lambda 6716)}{j(\lambda 6731)} \approx \frac{1.49 \times (1 + 3.77 n_e T^{-1/2})}{(1 + 12.8 n_e T^{-1/2})} \quad (\text{II.12})$$

En la figura II.5, se muestra el comportamiento de los cocientes [OII] y [SII] respecto a la densidad de electrones.

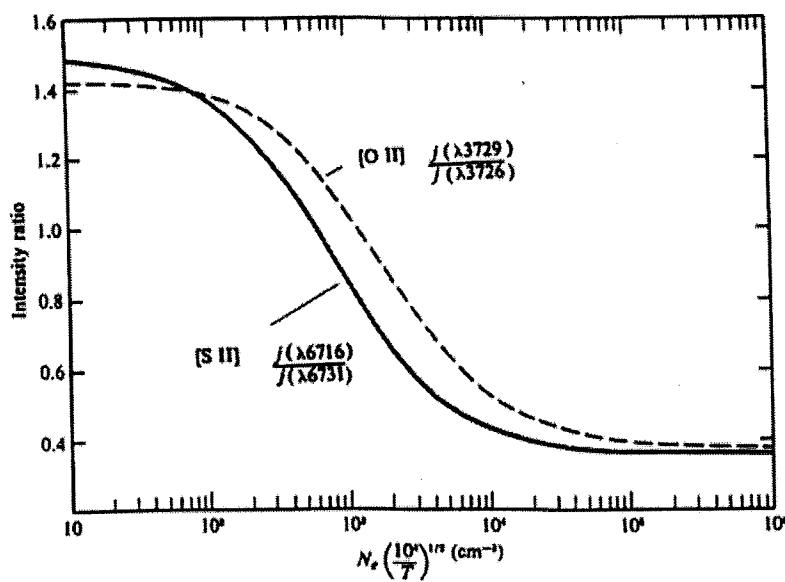


Figura II.5.- Variación de los cocientes de [OII] y [SII] como función de la densidad electrónica. (Tomado de Osterbrock, 1974).

Dada la importancia de los cocientes de estas líneas en la determinación de propiedades físicas fundamentales de las NPs, Sabbadin, Minello y Bianchini (1977) utilizaron estos cocientes en los diagramas de diagnóstico que se discuten en el capítulo siguiente.

CAPITULO III

III.1. ANTECEDENTES

Los diagramas de densidad y excitación electrónica fueron introducidos por Sabbadin et al. (1977), con el propósito de determinar la naturaleza del objeto S 176 sobre el cual existían dudas si era efectivamente una NP o no. Estos diagramas comparan entre sí intensidades dadas por los cocientes $H\alpha/[NII]^*$, $\lambda 6717/\lambda 6731$ y $H\alpha/[SII]^*$, observados en remanentes de supernovas (RSN), NPs y Regiones HII, dando como resultado diagramas con zonas delimitadas para cada uno de estos objetos (Figura III.1).

*[NII] y [SII] indican la suma de las intensidades de las líneas $\lambda 6584$ con $\lambda 6548$ y $\lambda 6717$ con $\lambda 6731$, respectivamente.

La información utilizada para definir la zona de RSN fue obtenida de Daltabuit (1976), Sabbadin y D'Odorico (1976) y Dopita (1976). Las zonas de NPs y Regiones HII son delimitadas utilizando la muestra del catálogo de intensidades relativas de líneas de emisión observadas en nebulosas planetarias y difusas (Kaler, 1976). En el caso que nos ocupa, el de las NPs, la muestra utilizada se compone tan sólo de 40 objetos con los cuales se definieron los límites de las regiones ocupadas en estos diagramas.

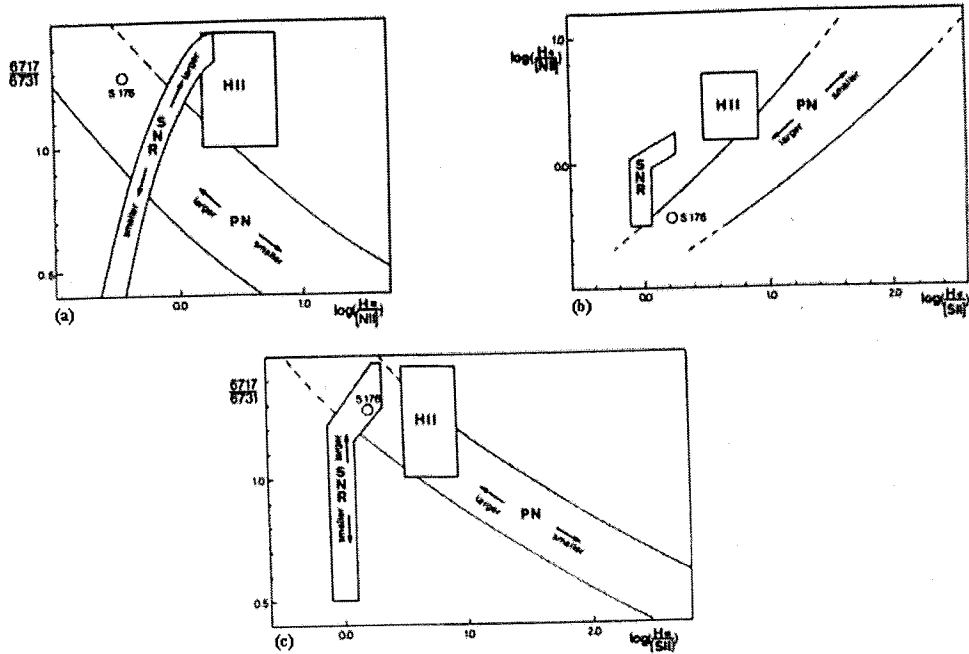


Figura III.1.- Diagramas originales propuestos por Sabbadin et al. (1977). (a) Gráfica del cociente de intensidades de $H\alpha/[NII]$ vs $6717/6731$. (b) Gráfica de $H\alpha/[SII]$ vs $H\alpha/[NII]$. (c) Gráfica del cociente de $H\alpha/[SII]$ vs $6717/6731$.

Estos diagramas que fueron utilizados originalmente con un propósito puntual mostraron ser una herramienta muy útil de caracterización y han sido utilizados posteriormente en diversos trabajos. Como ejemplo de esto se presentan algunos de los artículos que los han utilizado.

López y Meaburn (1982) los utilizan para analizar la estructura de la nebulosa planetaria bipolar MZ-3, (Figura III.2).

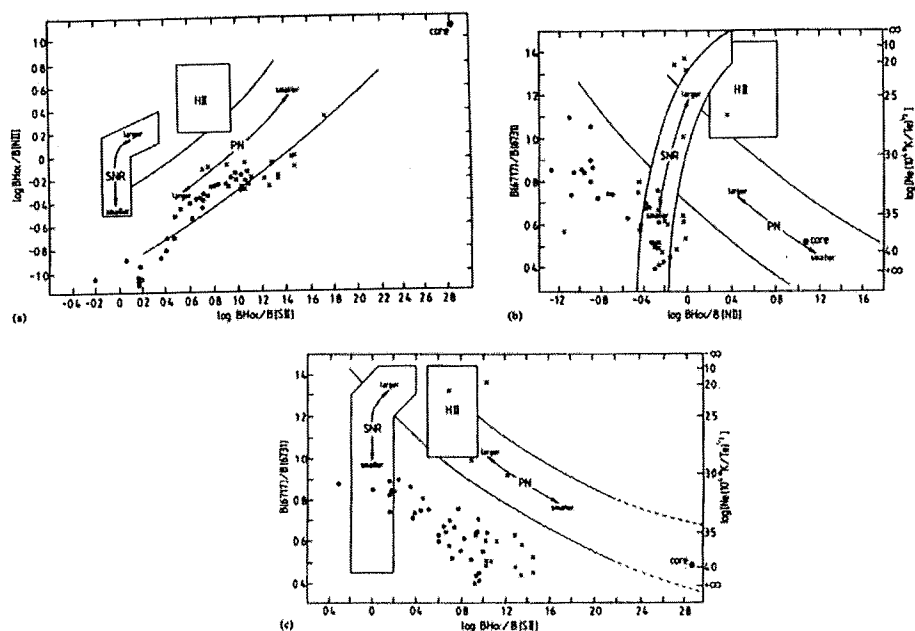


Figura III.2.- Diagramas utilizados por López y Meaburn (1982). (a) se muestran los cocientes de $H\alpha/[SII]$ vs $H\alpha/[NII]$. (b) $H\alpha/[NII]$ vs $6717/6731$. (c) $H\alpha/[SII]$ vs $6717/6731$.

Una aplicación similar de estos diagramas es presentada por Miranda et al. (2000) (Figura III.3) en donde los diagramas de diagnóstico sugieren que el espectro de emisión de la NP K3-35 es una combinación de excitación radiativa y colisional.

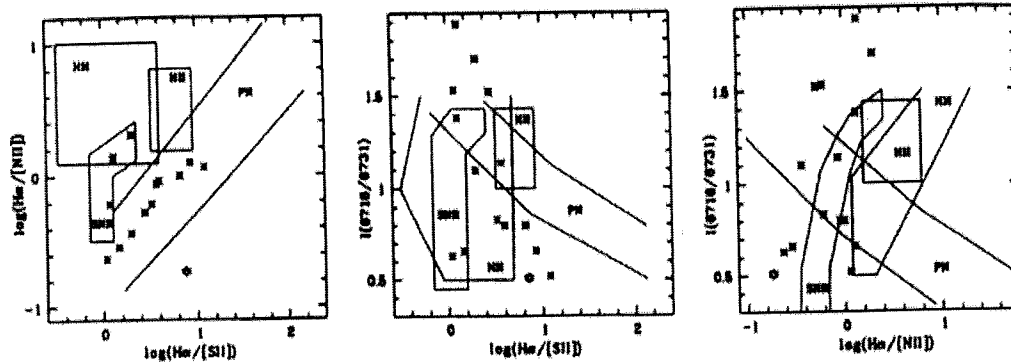


Figura III.3.- Diagramas utilizados por Miranda et al. (2000). Los cocientes graficados son $H\alpha/[SII]$ vs $H\alpha/[NII]$, $H\alpha/[SII]$ vs $6717/6731$ y $H\alpha/[NII]$ vs $6717/6731$, respectivamente.

Una extensión en la aplicación de estos diagramas fue hecha por J. Cantó donde incluyó los cocientes para objetos Herbig-Haro (Figura III.4). La popularidad de estos diagramas se ha hecho evidente por ejemplo, en la presentación que de ellos hace García-Lario et al. (1991), Figura III.5. En este caso, se aplican con el fin de distinguir los mecanismos de ionización y la naturaleza del objeto IRAS 22568+6141.

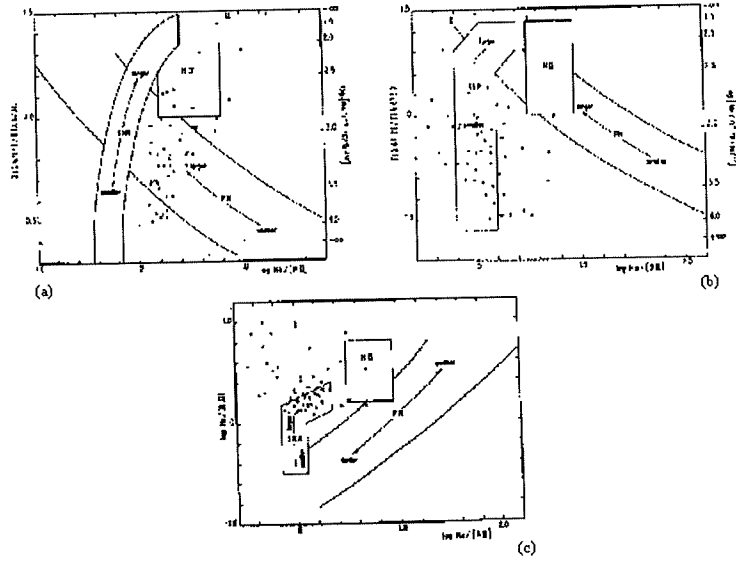


Figura III.4.- Adaptaciones hechas por Cantó (1981). (a) muestra los cocientes de $H\alpha/[NII]$ vs 6717/6731. (b) $H\alpha/[SII]$ vs 6717/6731. (c) $H\alpha/[SII]$ vs $H\alpha/[NII]$. Los puntos representan a los objetos H-H.

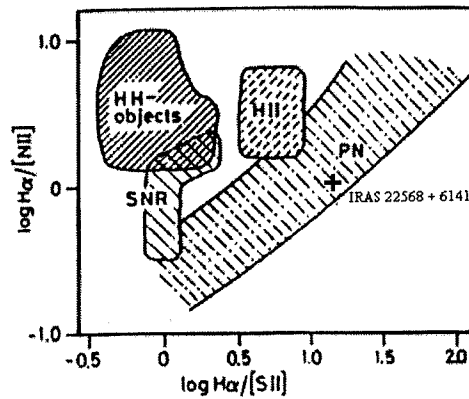


Figura III.5.- Diagrama utilizado por García Lario et al. (1991), $H\alpha/[SII]$ vs $H\alpha/[NII]$ donde se muestra la zona de los objetos H-H.

III.2. MUESTRA

El CSNPG lista las intensidades relativas de importantes líneas de emisión para una fracción considerable de los objetos del catálogo, en particular se listan las intensidades relativas de las líneas de H α 6563, [NII] 6584 y [SII] 6717,6731.

Con esta información se inició la construcción de una base de datos (iniciada por Miguel Lardizábal, como estudiante de los veranos en la ciencia, AMC, bajo la supervisión del Dr. J.A. López), la composición final de nuestra muestra se compone de 613 objetos (Anexo 1).

A continuación se presentan las condiciones bajo las cuales fueron observados los objetos de la muestra obtenida del CSNPG.

Hemisferio Norte

Observatoire de Haute Provence (OHP, Francia)
Telescopio: 1.92m
Temporada: Julio de 1986 a Octubre de 1989
Detector: • CCD (2-D, 325 x 512 pixeles)
Tiempo de exposición: 10 min.

Hemisferio Sur

European Southern Observatory (ESO, Chile)
Telescopio: 1.52m
Temporada: Julio de 1985 a Junio de 1991
Detector: • IDS (1-D, 2053 pixeles)
• CCD (2-D, 512 x 1024 pixeles)
Tiempo de exposición: 10 min.

Es importante hacer notar que la relevancia de esta muestra radica en que se trata de un conjunto homogéneo, en donde las observaciones así como el análisis de los datos se hizo bajo procedimientos similares.

III.2.1. Criterios de selección

Los objetos que componen nuestra muestra final son aquellos que tienen listadas las intensidades relativas de $H\alpha$ 6563, [NII] 6584 y [SII] 6717,6731, en la parte II del CSNPG. (La intensidad de la línea $\lambda 6548$ se obtiene mediante la relación $I_{6548}=1/3 I_{6584}$).

Además, fue necesario identificar aquellos objetos para los cuales el cociente de [SII] 6717/6731 deja de ser útil para determinar la densidad electrónica, los límites entre los cuales se considera válido este cociente son $0.45 < [SII] < 1.40$, (Véase con figura II.5). Estos objetos se encuentran representados en los diagramas finales como aquellos puntos que se encuentran entre las líneas horizontales punteadas.

III.3. DIAGRAMAS

Los diagramas fueron construidos con dos programas creados con el paquete de graficación "supermongo" (SM). SM es un programa interactivo flexible que funciona con línea de comandos o mediante archivos de comandos (macros). Los macros utilizados para realizar las gráficas de los diagramas fueron: "pruegraf", con el cual se reproducen los diagramas originales propuestos por Sabbadin et al. (1977), "pruegraf2", con el que se obtienen los diagramas con los nuevos límites propuestos en este trabajo (Anexo 2 y 3). Se ha aplicado nuestra muestra obtenida del CSNPG a los

diagramas originales de Sabbadin et al. (1977) mediante el macro 'pruegraf', el resultado se muestra a continuación.

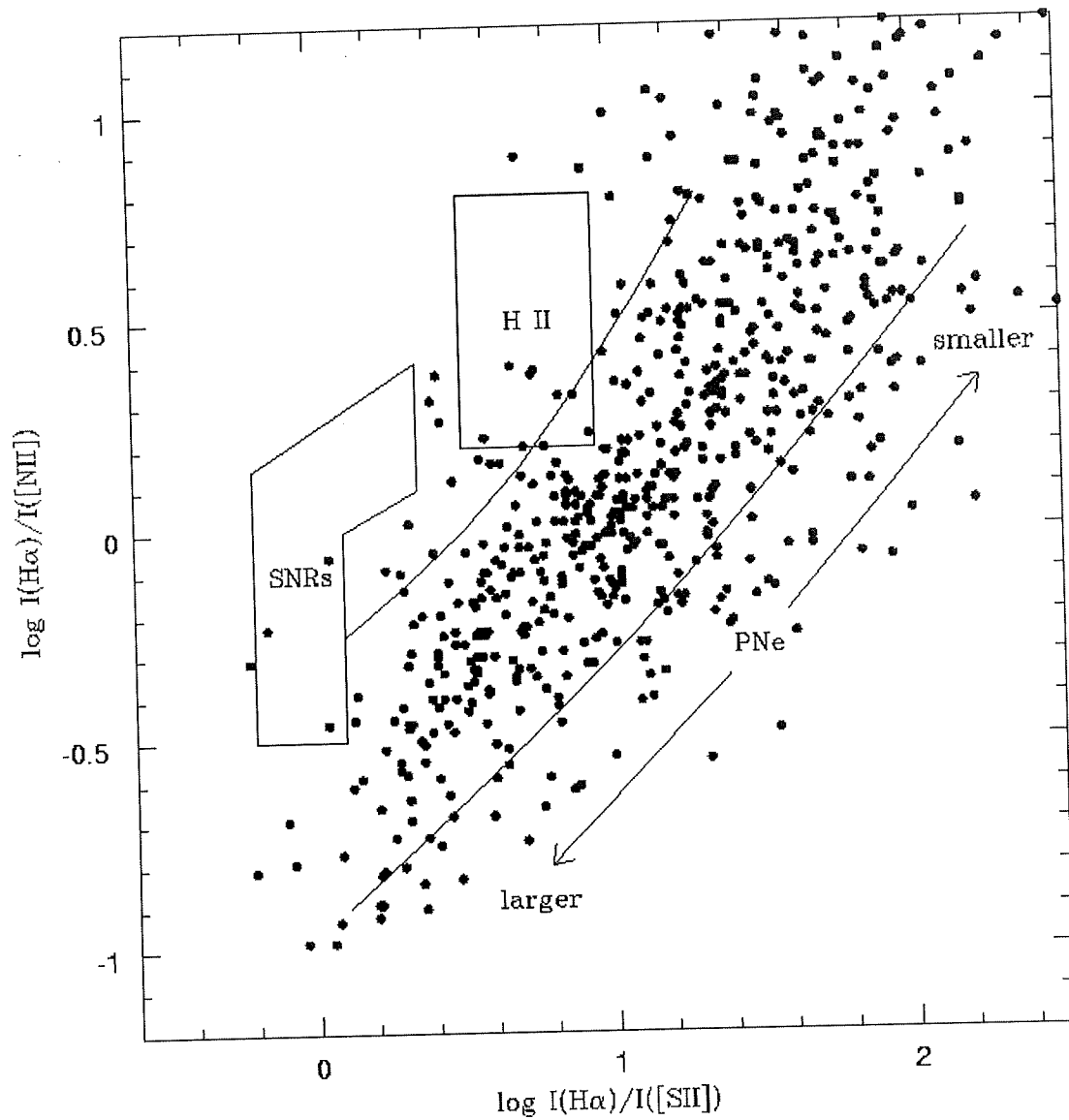


Figura III.6.- Diagrama con los límites originales de Sabbadin et al. (1977) pero con nuestra muestra del CSNPG, de $\text{H}\alpha/[\text{SII}]$ vs $\text{H}\alpha/[\text{NII}]$. 'larger' y 'smaller' representan la tendencia de dimensiones de las NPs.

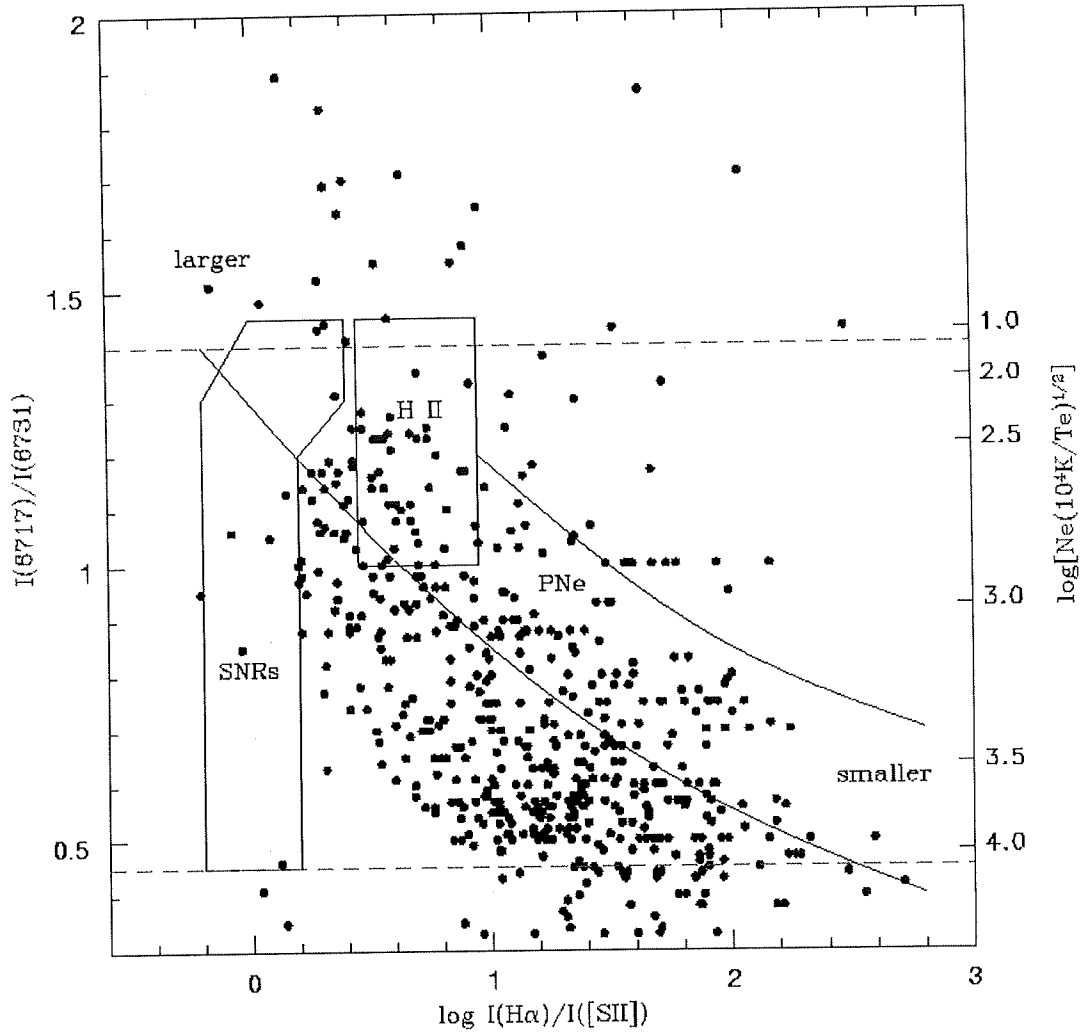


Figura III.7.- Como en la figura III.6, pero con los cocientes de $\text{H}\alpha/[\text{SII}]$ vs $6717/6731$, el eje de la derecha es un indicador de densidades en función de la temperatura.

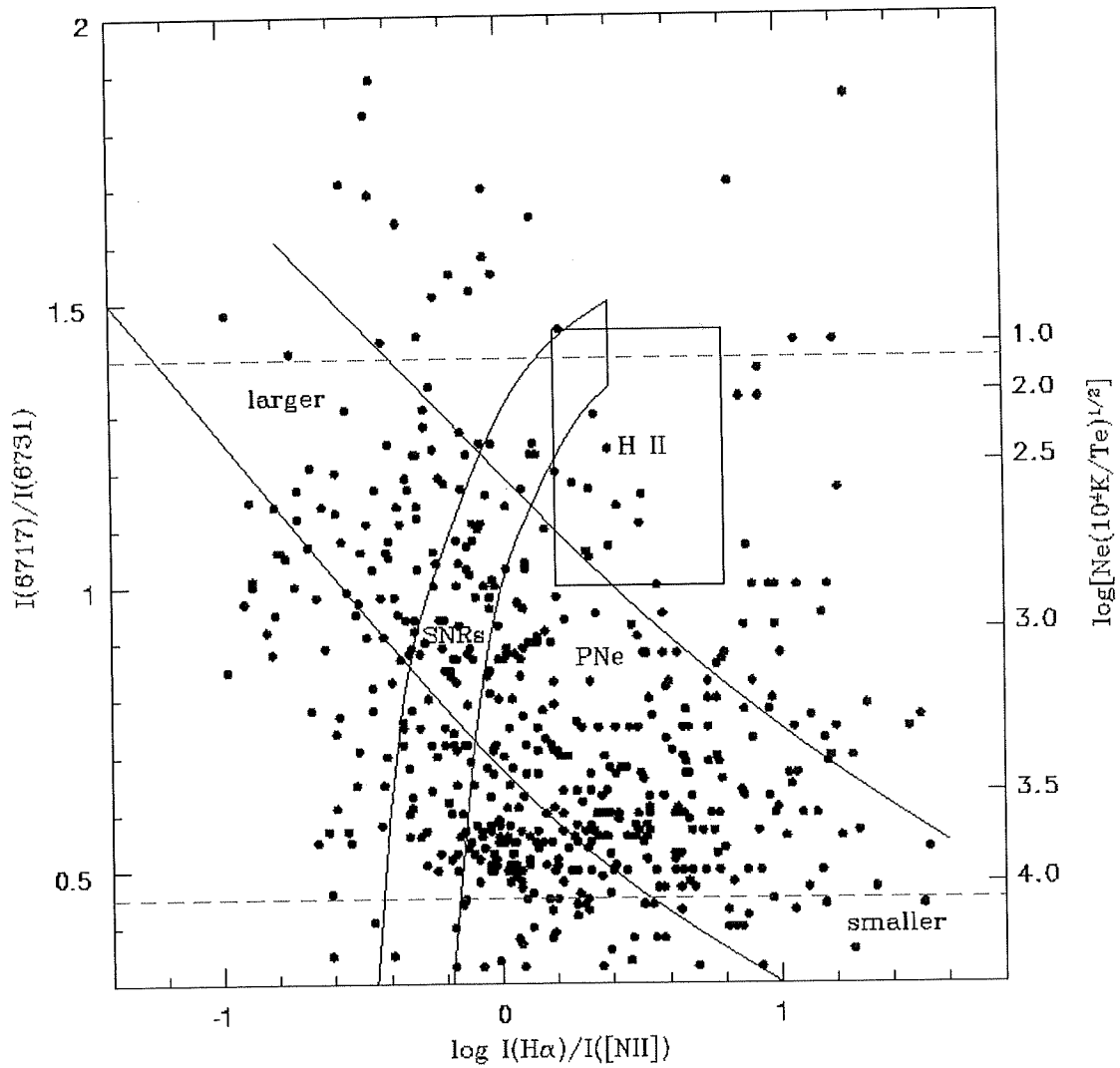


Figura III.8.- Misma descripción de la figura III.6, excepto que los cocientes utilizados son $H\alpha/[NII]$ vs $6717/6731$.

Se observa que la media de la distribución se encuentra por debajo de los límites establecidos, lo cual se hace más evidente en los dos últimos diagramas. Dado que estos límites fueron establecidos basándose en una muestra formada sólo por 40 objetos, al

aplicar nuestra muestra surge la necesidad de modificar las curvas de manera que definan mejor el tren de comportamiento de la muestra. Los nuevos límites para la zona de las NPs son ajustados a ojo. A continuación se presentan los diagramas con los nuevos límites propuestos, realizados con la ayuda del macro 'pruegraf2'.

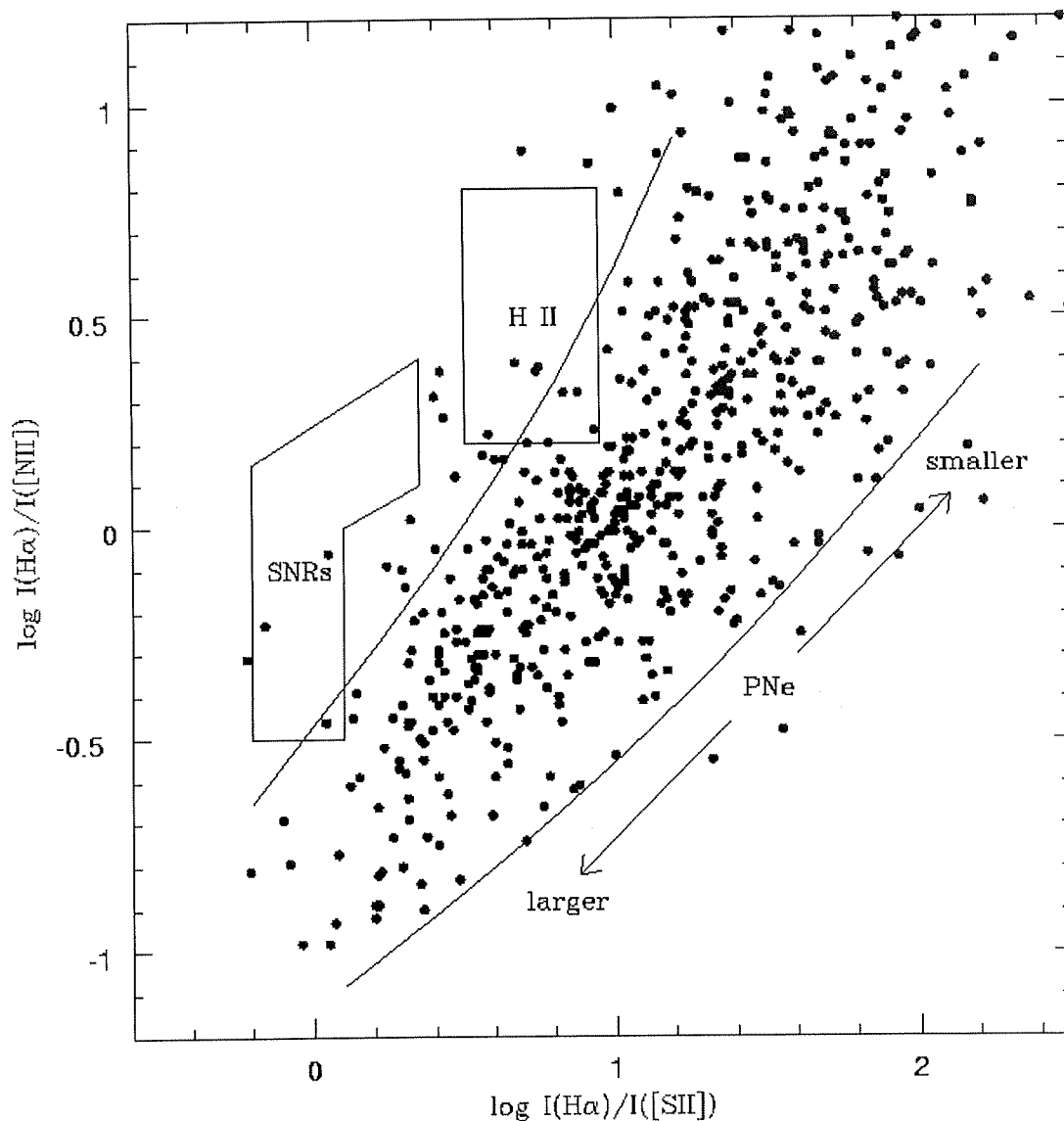


Figura III.9.- Diagrama de $\text{H}\alpha/[\text{SII}]$ vs $\text{H}\alpha/[\text{NII}]$ con los nuevos límites propuestos.

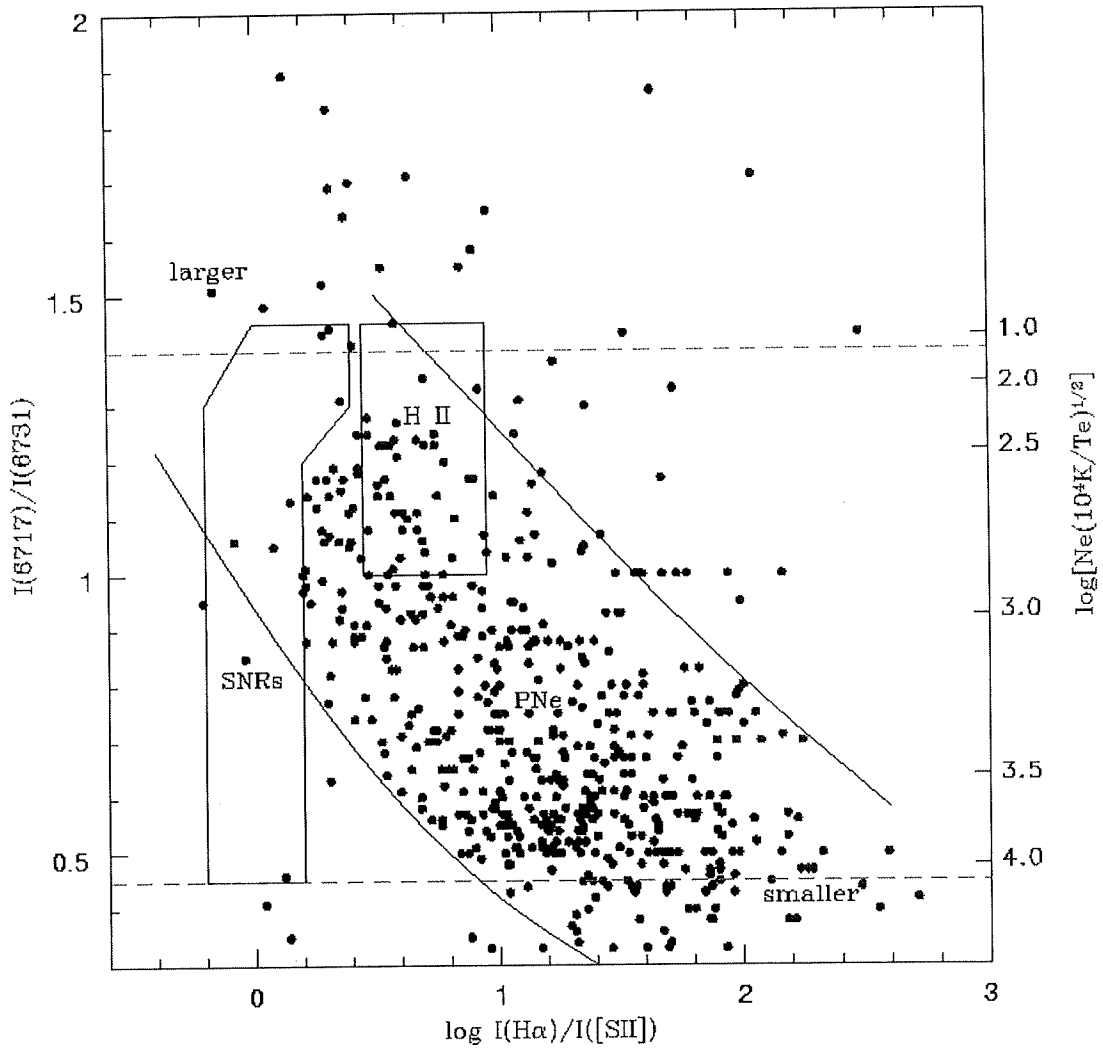


Figura III.10.- $\text{H}\alpha/[\text{SII}]$ vs $6717/6731$ con los nuevos límites propuestos, los objetos comprendidos entre las líneas horizontales punteadas son aquellos para los cuales el cociente de $[\text{SII}]$ se comporta de manera válida en función de la densidad electrónica.

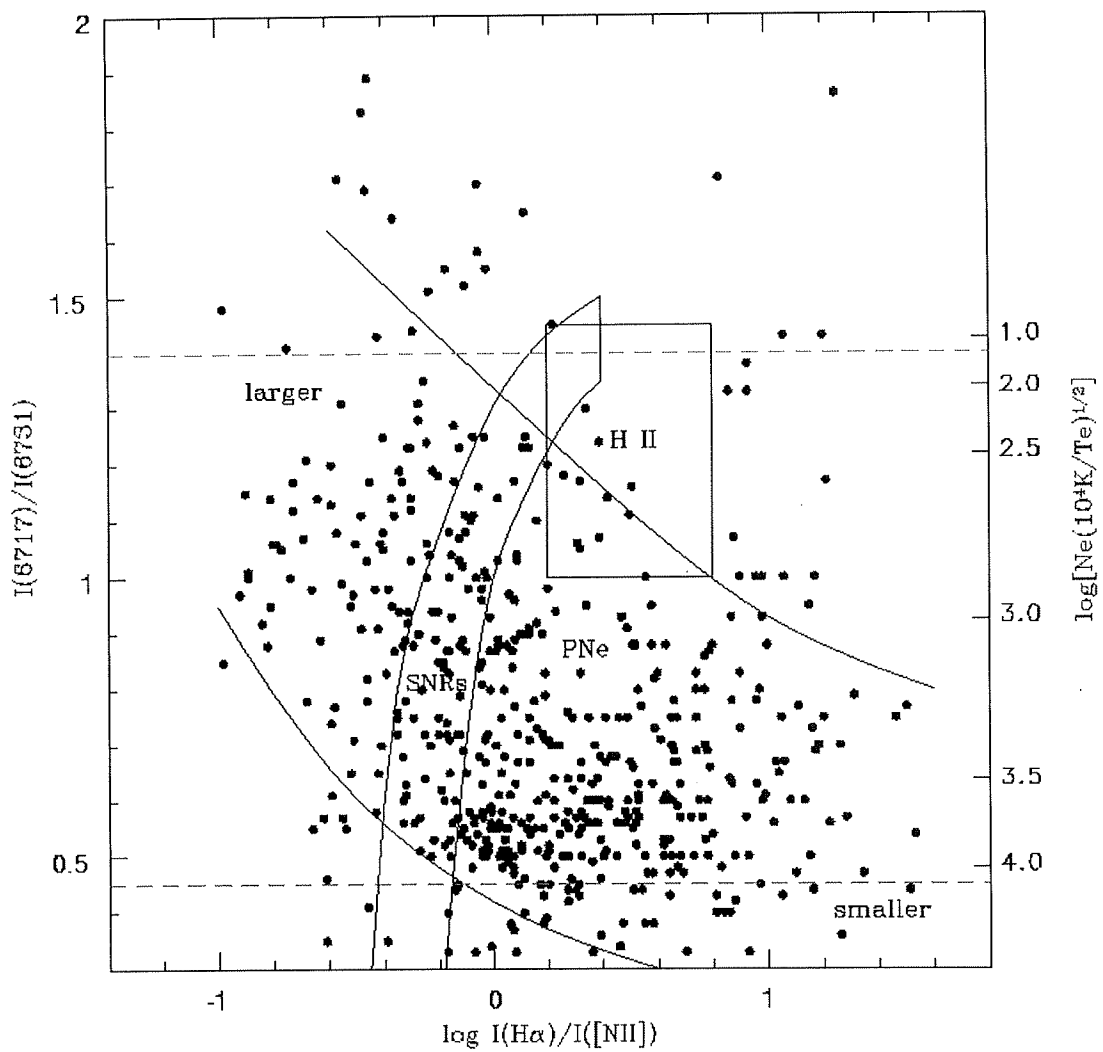


Figura III.11.- Misma descripción de la figura III.10, excepto que los cocientes utilizados son $H\alpha/[NII]$ vs $6717/6731$

En cada diagrama 'larger' representa a los objetos más extendidos, asociados a NPs evolucionadas y en consecuencia más diluidas. Por otra parte, 'smaller' representa a los objetos más compactos los cuales se asocian con NPs jóvenes.

Si en los diagramas de las figuras III.6 y III.9 nos movemos de arriba hacia abajo, la intensidad de nitrógeno aumenta sobre la de $H\alpha$; mucho nitrógeno puede ser producto de la evolución estelar y, por lo tanto, se trata de NPs viejas; también puede representar una deficiencia de fotones ionizantes, los cuales aún no son suficientes ni en número ni en energía para ionizar al hidrógeno y entonces ionizan otros elementos cuyo umbral de energía es más pequeño, como sucede con el [NII], de aquí que se vea más nitrógeno que hidrógeno aunque sus abundancias químicas no se comporten igual, esto es característico de las NPs jóvenes; pero, la presencia de altas intensidades de [NII] puede ser indicativo de choques y, por la posición que ocupan las NPs en estos diagramas, esta última explicación resulta ser más plausible. Por otra parte, si nos movemos de derecha a izquierda, la intensidad de azufre aumenta respecto a la de $H\alpha$, una explicación a esto es que la estrella progenitora de la NP sea de 2^{da} o posterior generación, ya que el azufre no es producto de la evolución estelar, pero el [SII] al igual que el [NII] también es indicativo de choques, donde los mecanismos de enfriamiento se canalizan preferentemente a través de líneas prohibidas.

En los diagramas III.7, III.8, III.10 y III.11 sucede algo similar a lo ya explicado con el eje horizontal, en cuanto al eje vertical ($6717 / 6731$) éste cociente, como ya se discutió en el capítulo II, es muy sensible a la densidad, de aquí que se relacione con el eje vertical derecho, de donde se puede leer directamente la densidad electrónica si tomamos una temperatura de $T=10^4$ K.

CAPÍTULO IV

IV.1. PRESENTACIÓN DE LA SUBMUESTRA

Como un ejemplo de la utilidad del trabajo presentado en el capítulo anterior, se ha aislado una muestra definida por $\log(H\alpha / [NII]) < 0$ vs $\log(H\alpha / [SII]) < 0.4$. los objetos que componen esta submuestra son casos atípicos particularmente en las intensidades de las líneas de [NII] y [SII]. La región del diagrama donde se acumulan estos objetos (esquina inferior izquierda, ver figura IV.1) representa zonas de muy baja excitación esperados en las NPs más jóvenes y, también colindante y en algunos casos traslapada, con la zona dominada por choques (RSN) donde los mecanismos de enfriamiento se canalizan preferentemente a través de líneas prohibidas de baja excitación como [NII] y [SII].

Como parte complementaria a este trabajo se solicitó tiempo de observación en el telescopio de 2.1m del OAN-SPM para hacer imagen directa de los objetos que componen la submuestra, puesto que no existe mapeo profundo de banda angosta para la mayoría de estos objetos (en el Anexo 4 se presenta el listado de los objetos que componen la submuestra). De esta temporada se obtuvieron imágenes profundas para 16

objetos de la lista, enseguida se detalla la adquisición de los datos y los resultados arrojados.

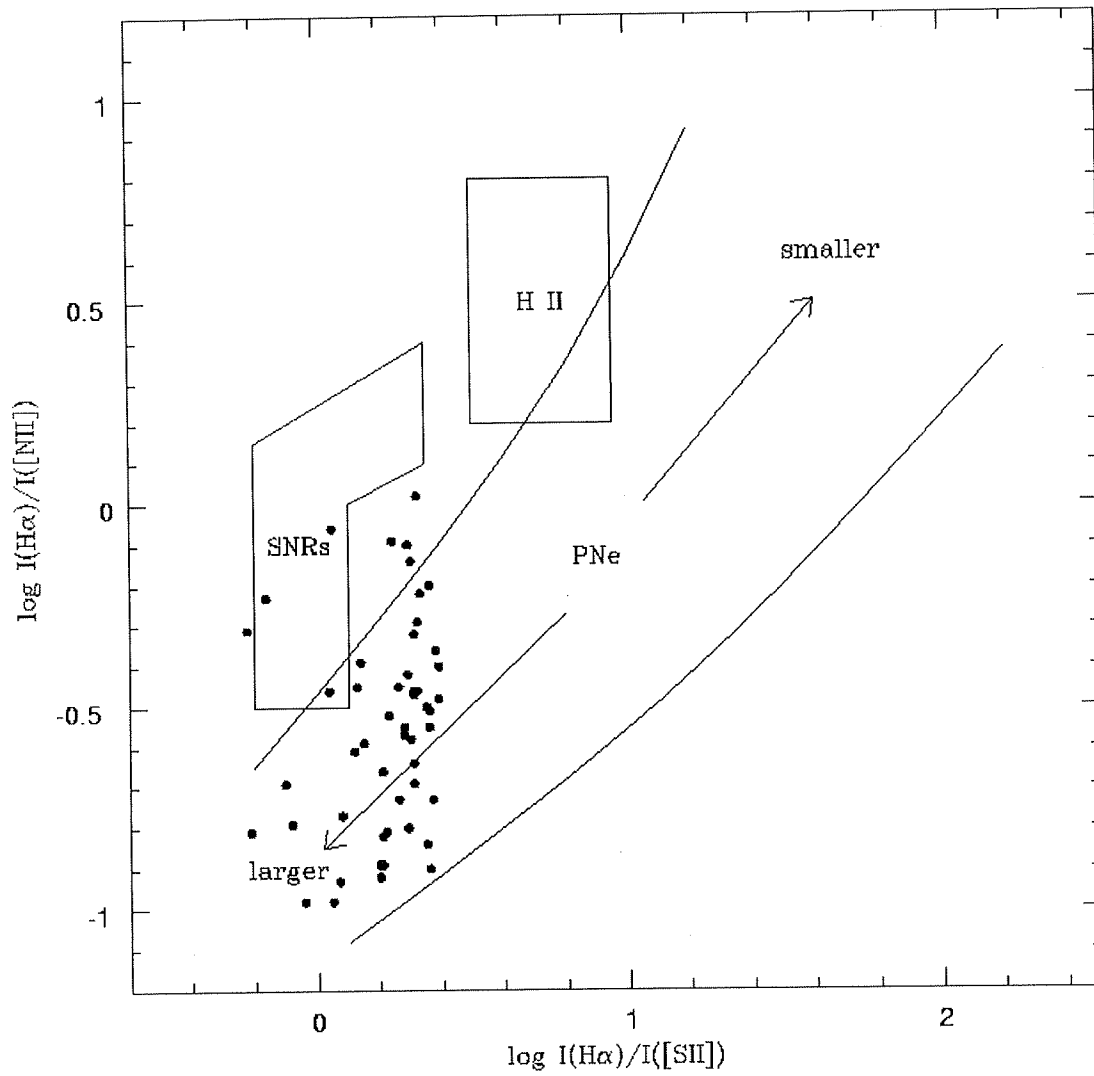


Figura IV.- Diagrama de $\text{H}\alpha/[\text{SII}]$ vs $\text{H}\alpha/[\text{NII}]$ para la submuestra definida por $\log(\text{H}\alpha/[\text{SII}]) < 0.4$

IV.2. ADQUISICIÓN DE DATOS

La adquisición de las imágenes de las NPs que forman parte de este subgrupo se realizó con el telescopio de 2.1m, equipado con cámara directa, utilizando el detector CCD Tek1 y filtros nebulares, en el Observatorio Astronómico Nacional (OAN) ubicado en la sierra de San Pedro Mártir, Baja California.

El detector CCD (charge coupled device) está compuesto de miles de detectores individuales llamados pixeles en los cuales se acumula la carga inducida por los fotones que en ellos inciden, la carga electrónica resultante forma una imagen bidimensional digitalizada. En el caso del Tek 1, los pixeles miden 24 micras por lado y están dispuestos en forma de un arreglo rectangular de 1024 x 1024 pixeles. El CCD Tek es un detector adelgazado para tener alta sensibilidad en el azul. Se utilizó con un 'binning' de 1x1, lo que implica una resolución espacial de 0.3" por pixel cubriendo así un campo cercano a los 5.12' de arco por lado.

Las observaciones corresponden a una temporada realizada del 27 al 30 de Junio de 2000. Se utilizaron los filtros de la rueda MEXMAN (Figura IV.2 y IV.3) cuyas características se detallan en la tabla IV.I. La selección de los filtros resulta muy facil gracias a la interfaz de usuario creada especialmente para la rueda MEXMAN (Ver Figura IV.4).

Tabla IV.I.- Filtros de la rueda MEXMAN.

FILTRO	λ (Å)	$\Delta\lambda$ (Å)
[NII]	6584	10
[SII]	6726	54
H α	6565	11
Continuo Rojo	6654	70
Continuo Azul	4268	56
[OIII]	5009	52
He II	4686	52

Los objetos se observaron en varios filtros con el fin de analizar su morfología, en especial se observó con el filtro [NII] para observar zonas de muy baja excitación las cuales pueden ser indicativo de choques.

Adicionalmente se obtuvieron las imágenes de calibración (bias) para determinar el nivel cero del detector y campos planos (flats), éstos se observaron en las mismas longitudes de onda que los objetos para determinar la sensibilidad de los pixeles.

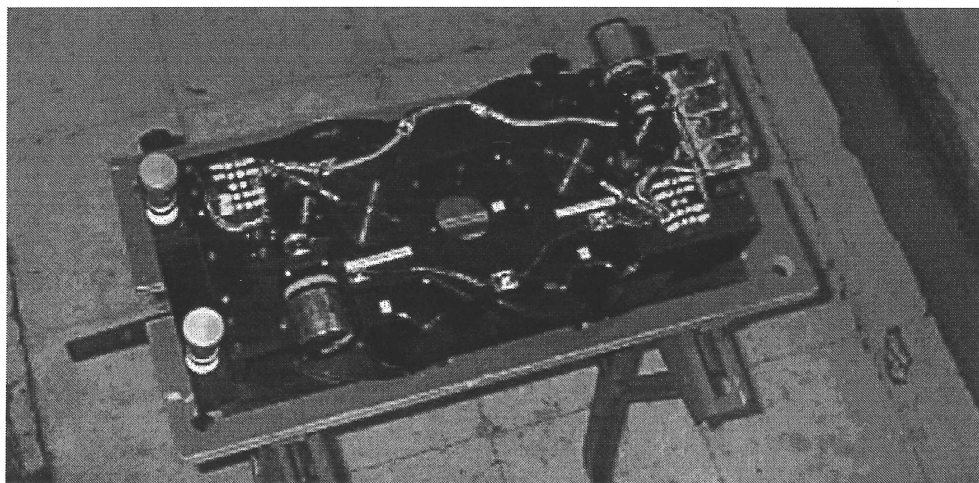


Figura IV.2.- Rueda de filtros MEXMAN desmontada del telescopio.

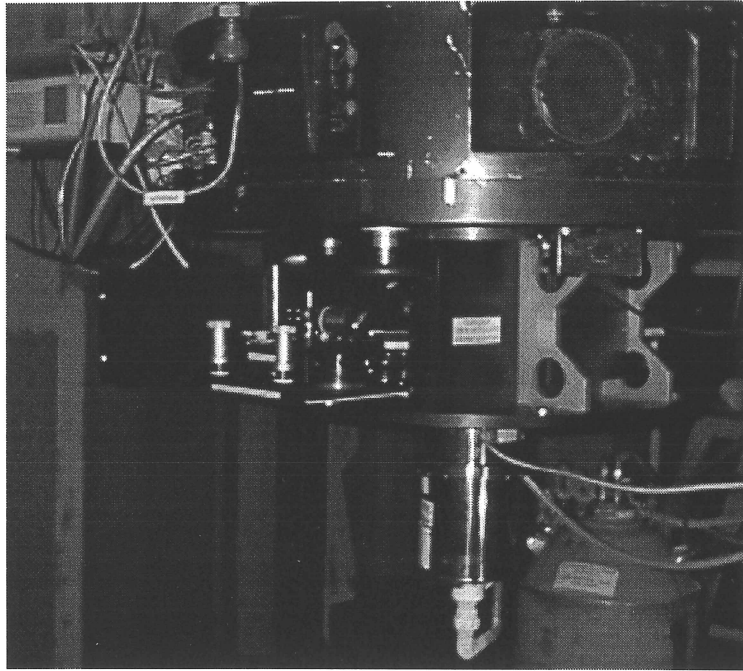


Figura IV.3.- Rueda de filtros MEXMAN montada en el telescopio.

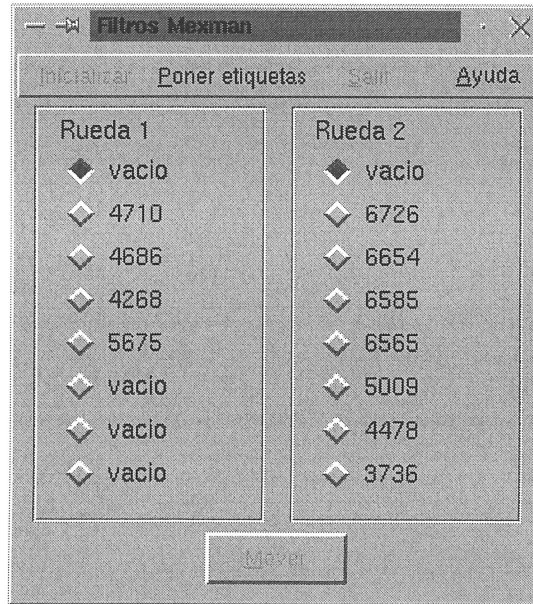


Figura IV.4.- Interfaz de usuario para mover los filtros de la rueda MEXMAN.

IV.3. REDUCCIÓN DE IMÁGENES

El proceso de reducción de imágenes se llevó a cabo utilizando el paquete IRAF* (Image Reduction and Analysis Facility) en el instituto de Astronomía de la UNAM, Ensenada.

El proceso comienza cambiando los encabezados de todas las imágenes, esto se hace con la rutina `noao.imred.ccdred.ccdhedit`, los parámetros deben especificarse dependiendo del tipo de imagen. Para los bias se debe especificar el tipo de imagen como `imagetyp=zero`. Para los flats el tipo de imagen debe ser `imagetyp=flat` y para los objetos debe ser `imagetyp=object`, en estos últimos se debe verificar que el nombre, la ascensión recta (AR), declinación (DEC) y tiempo universal (UT) sean los correctos, estos últimos parámetros se especifican cuando se va a iniciar la exposición.

Se combinaron los bias de cada noche y cada grupo (super bias) con el fin de eliminar fluctuaciones estadísticas, esto se hizo con la rutina `noao.imred.ccdred.zerocombine`. Se sustrajo el super bias de cada filtro en el flat correspondiente, esto se hace con la rutina `noao.imred.ccdred.ccdproc`. Una vez que los flats fueron procesados, se agruparon por filtros (super flats) para así obtener un flat promedio para cada longitud de onda, esto se hizo con la rutina `noao.imred.ccdred.flatcombine`.

IRAF* es distribuido por NOAO que es operado por AURA, Inc., bajo contrato con la National Science Foundation, U.S.A.

Posteriormente se sustrajeron los super bias a los objetos por noche y por grupo con la rutina `noao.imred.ccdred.ccdproc`, aplicando también la corrección por flats (por filtro) a los objetos utilizando la misma rutina.

Finalmente las imágenes de los objetos se limpian de rayos cósmicos con la rutina `noao.imred.ccdred.imedit`.

IV.4. RESULTADOS DE LAS OBSERVACIONES

A continuación se presentan imágenes de los objetos observados durante esta temporada, en cada imagen presentada se ha hecho un contraste en los colores para poder apreciar la estructura interna y externa del objeto, del lado derecho de cada figura se encuentra la escala angular. Todas las imágenes presentadas fueron tomadas en el filtro de [NII] 6585.

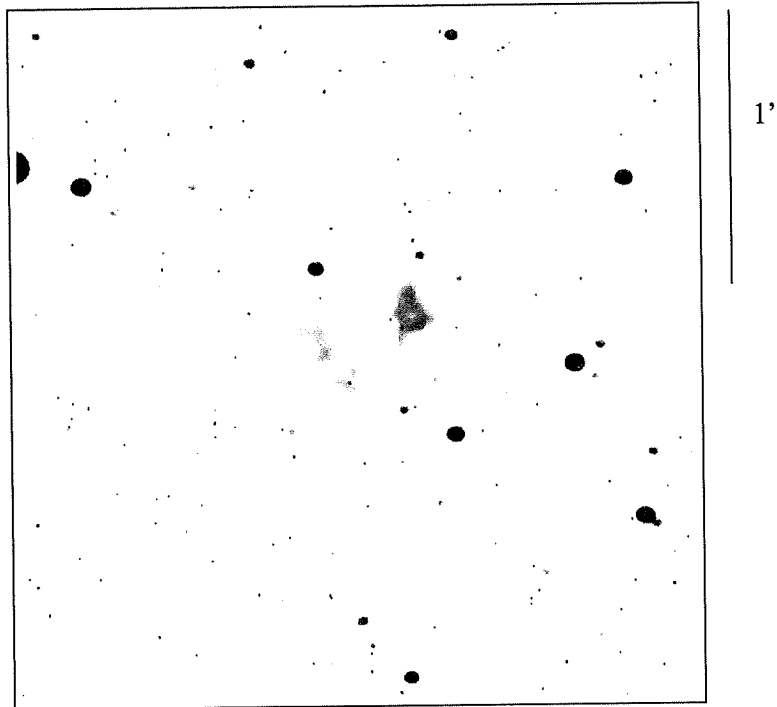


Figura IV.5. Se muestra la estructura interna de la NP K 2-5, observada con un tiempo de integración de 1800 seg.

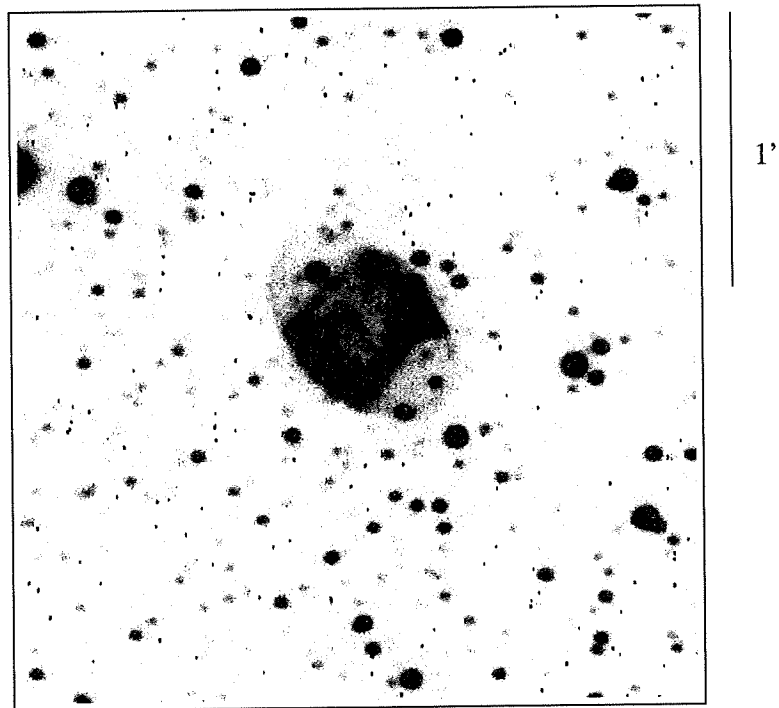


Figura IV.6. Igual que la figura IV.5., mostrando la estructura externa.

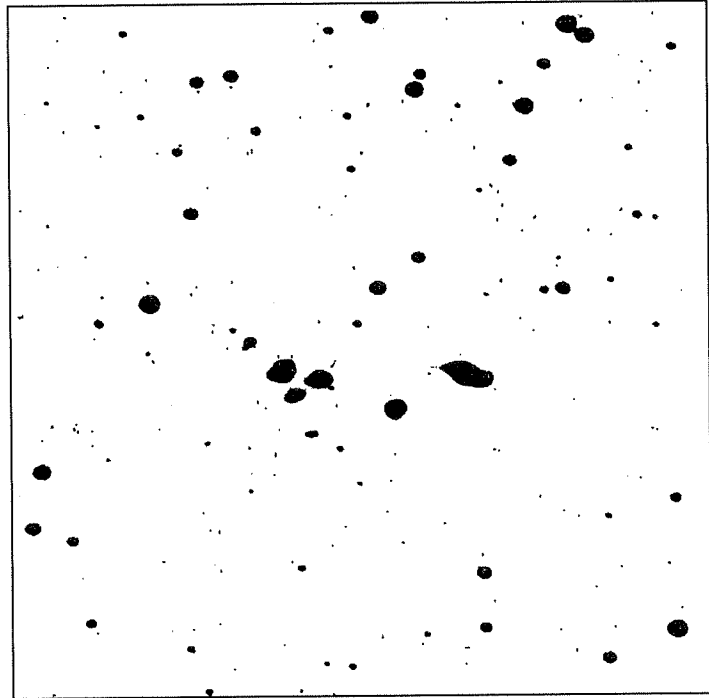


Figura IV.7. Igual que la figura IV.5., pero para K 4-5.

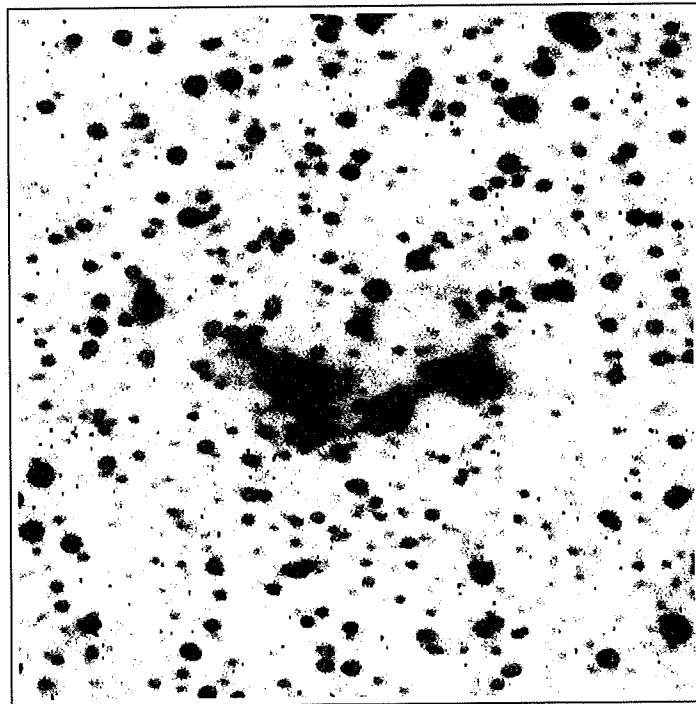


Figura IV.8. Igual que la figura IV.7., mostrando la estructura externa.

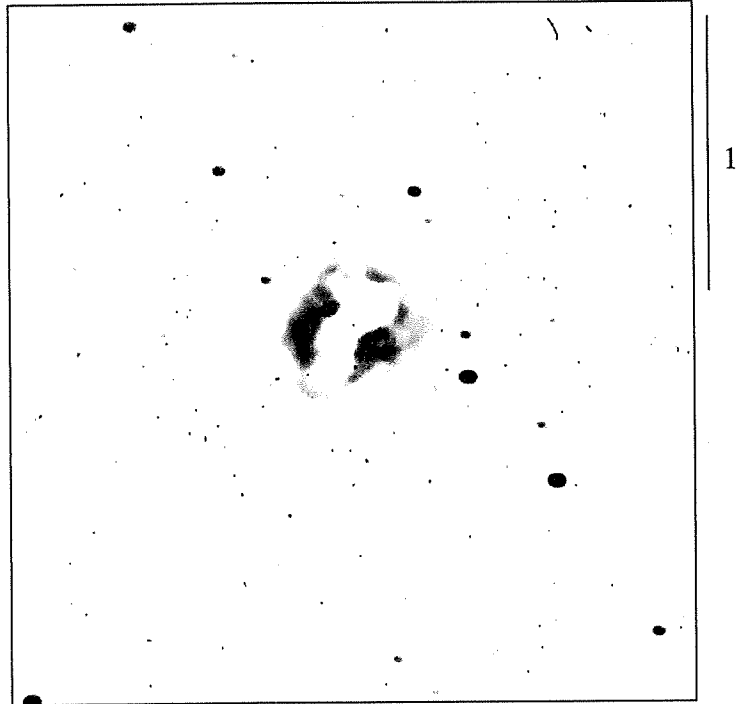


Figura IV.9. Igual que la figura IV.5., pero para WeSb 4.

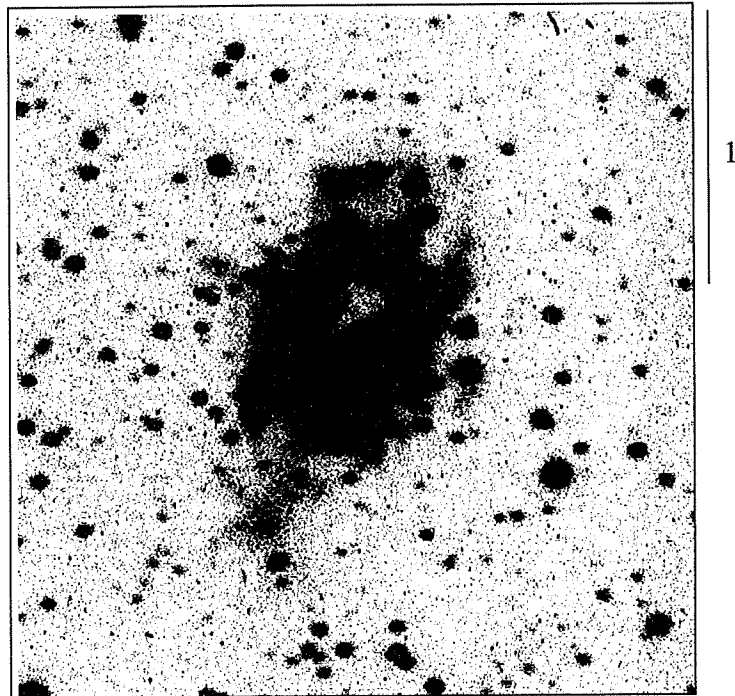


Figura IV.10. Igual que la figura IV.9., mostrando la estructura externa.

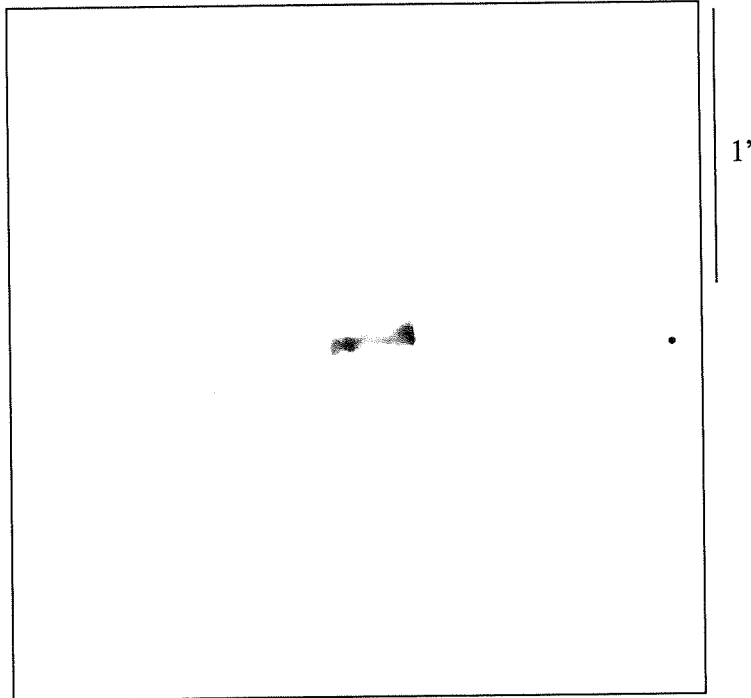


Figura IV.11. Igual que la figura IV.5., pero para M 1-28.

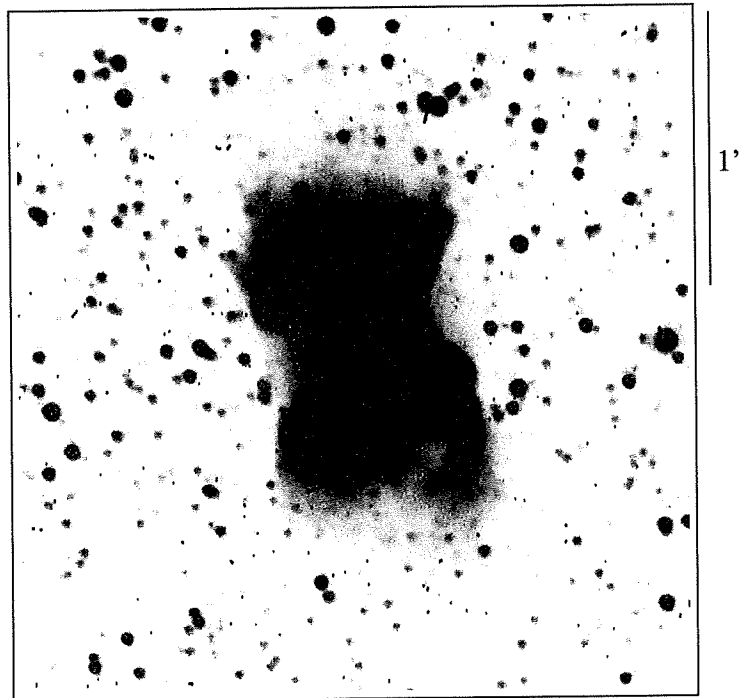


Figura IV.12. Igual que la figura IV.11., mostrando la estructura externa.



Figura IV.13. Igual que la figura IV.5., pero para HaTr 10.

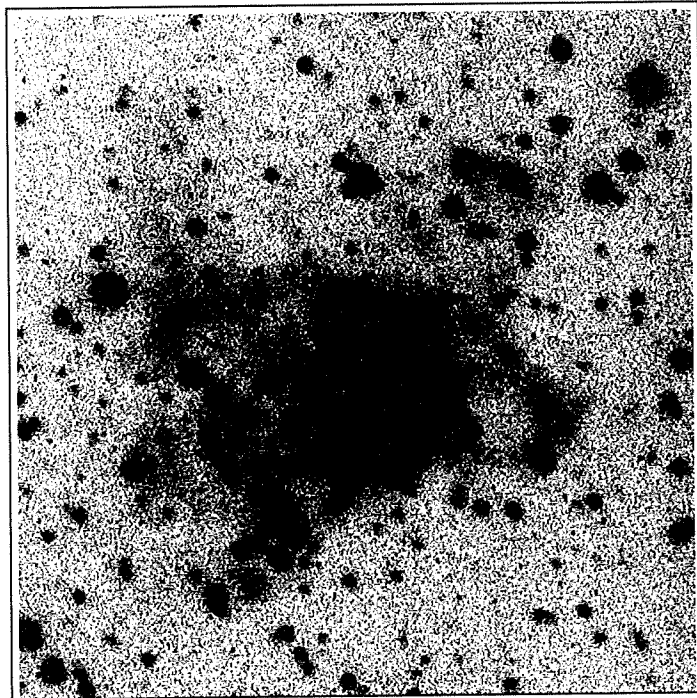


Figura IV.14. Igual que la figura IV.13., pero mostrando la estructura externa.

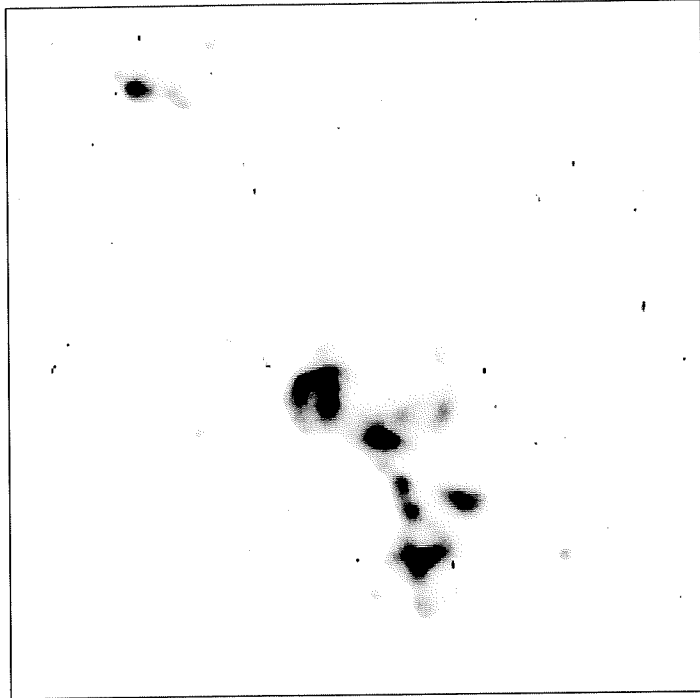


Figura IV.15. NP H 2-12, observada con el filtro de Halpha 6565, con tiempo de integracion de 1800 seg.La imagen esta amplificada para apreciar la estructura interna.

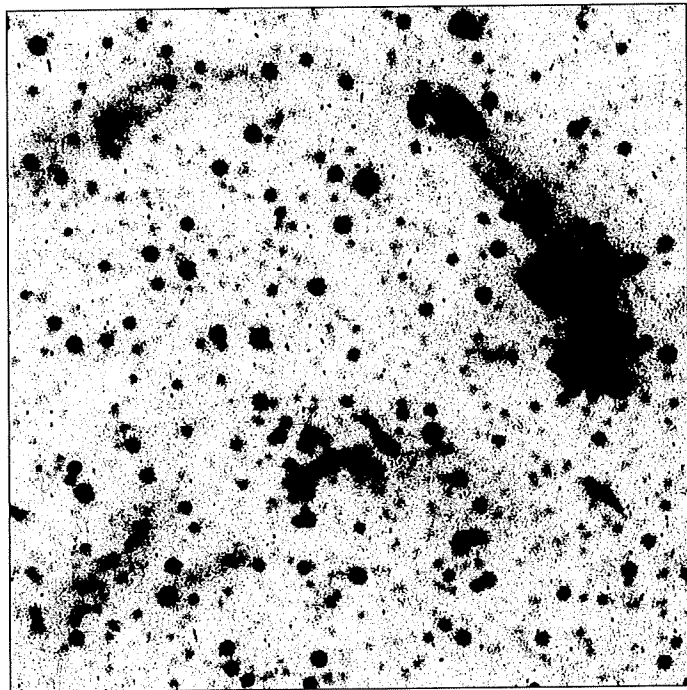


Figura IV.16. Misma descripcion de la figura anterior, pero resaltando la estructura exterior.

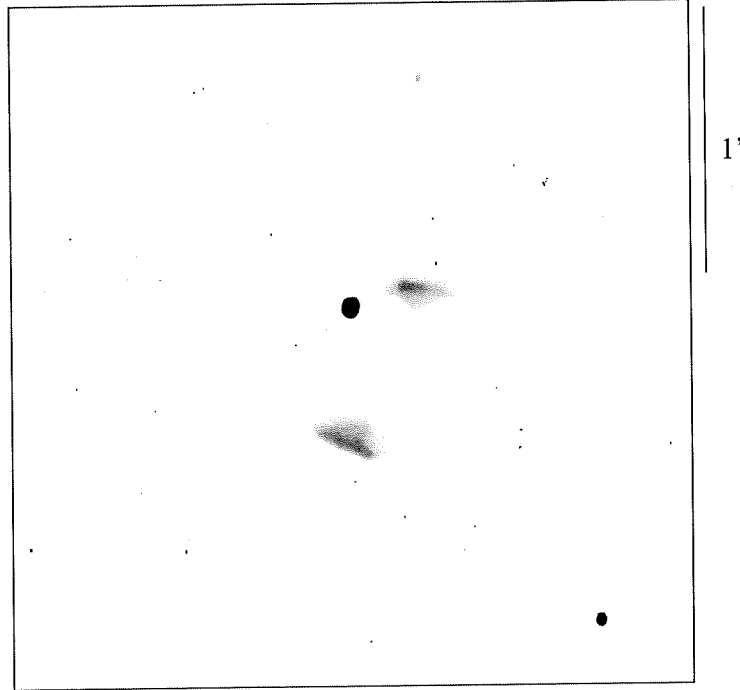


Figura IV.17. Estructura interna de K1-4, con tiempo de integracion de 900 seg.

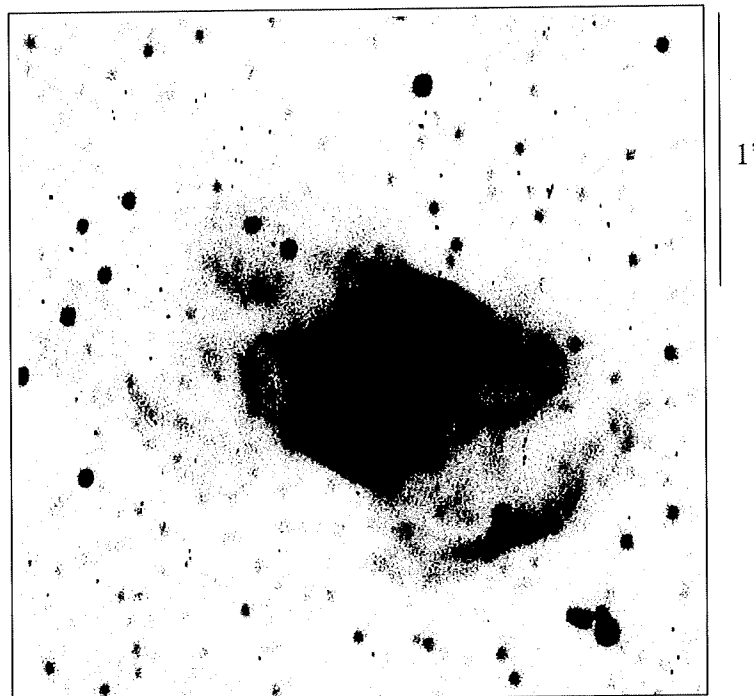


Figura IV.18. Igual que la figura IV.17., mostrando la estructura externa.

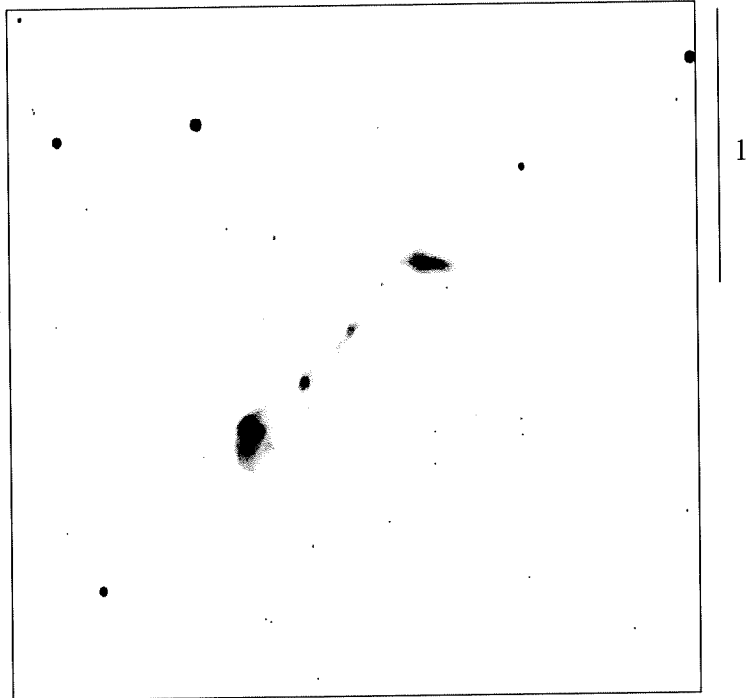


Figura IV.19. Igual que la figura IV.5., pero para SaWe 3.

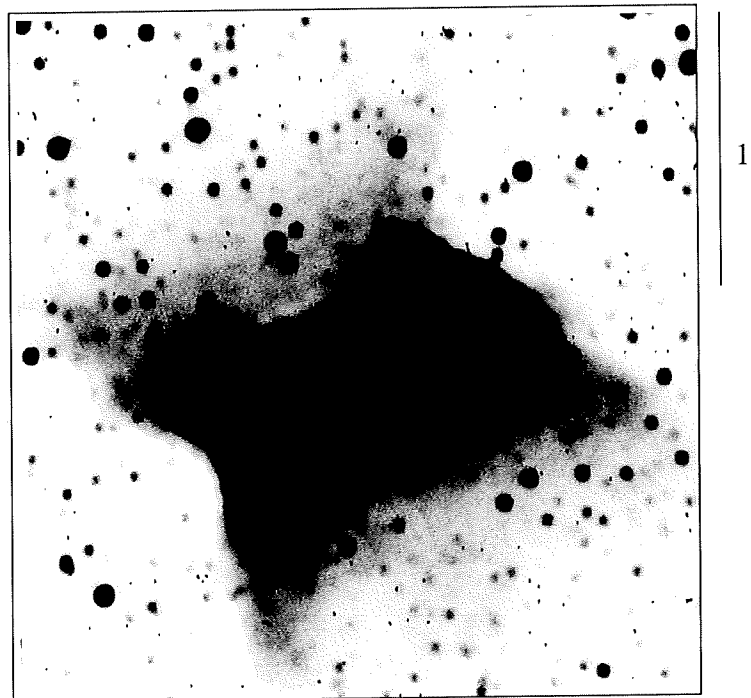


Figura IV.20. Igual que la figura IV.19., mostrando la estructura externa.

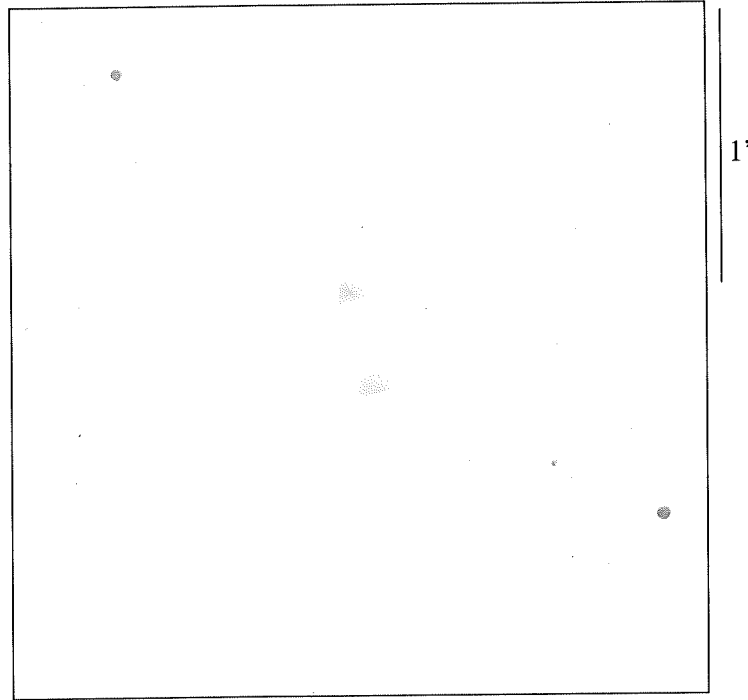


Figura IV.21. Estructura interna de K 3-46, con tiempo de integracion de 1200 seg.

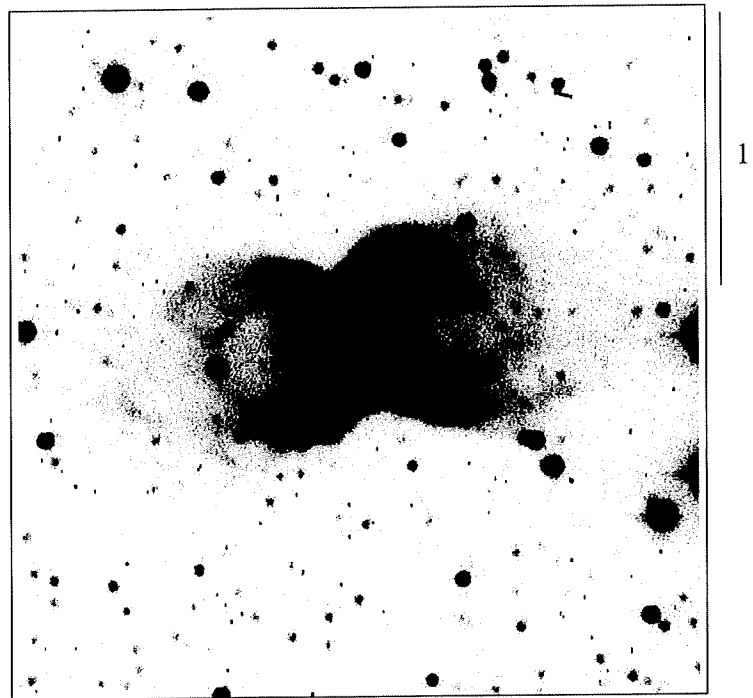


Figura IV.22. Igual que la figura IV.21., mostrando la estructura externa.

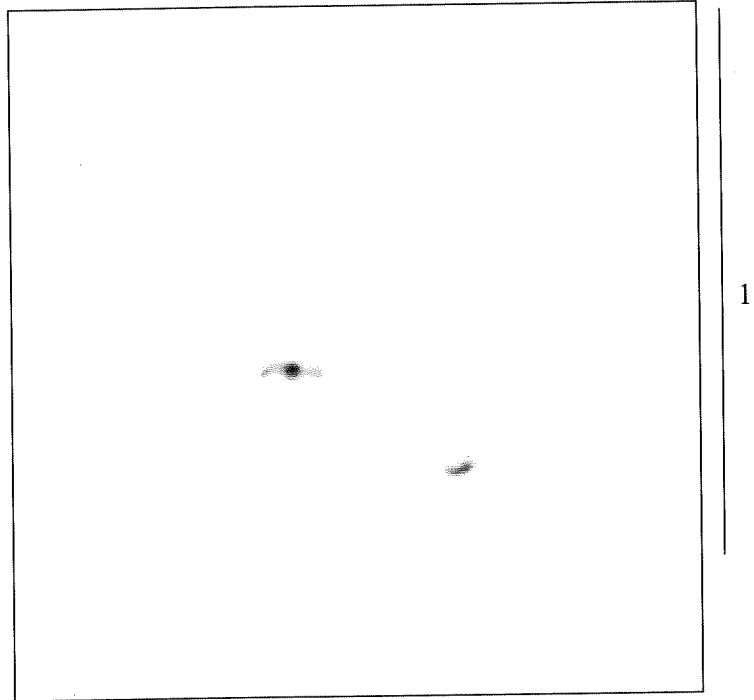


Figura IV.23. Estructura interna de Sa2-237, con un tiempo de integracion de 600 seg.

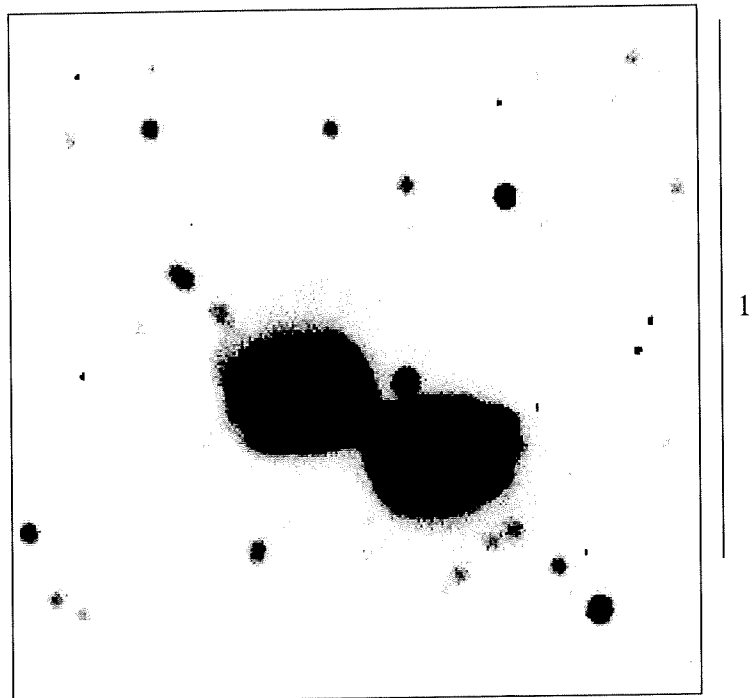
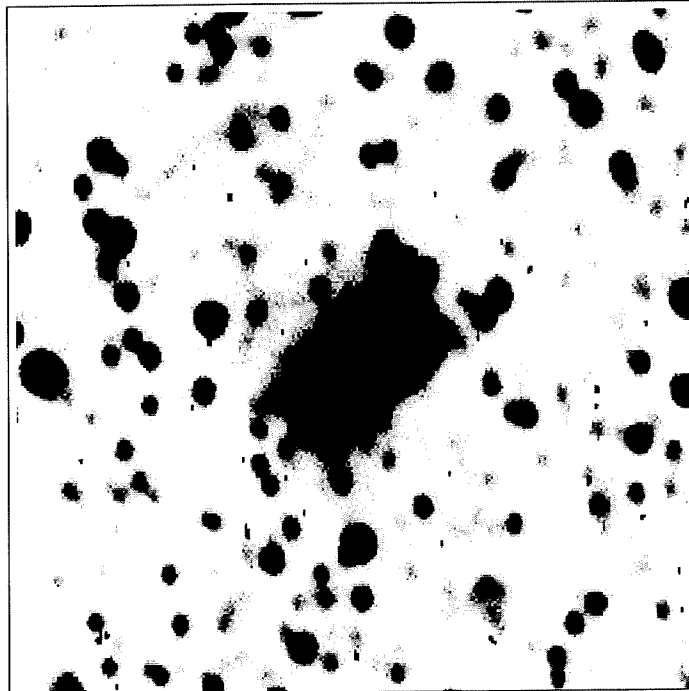


Figura IV.24. Igual que la figura IV.23., mostrando la estructura externa.



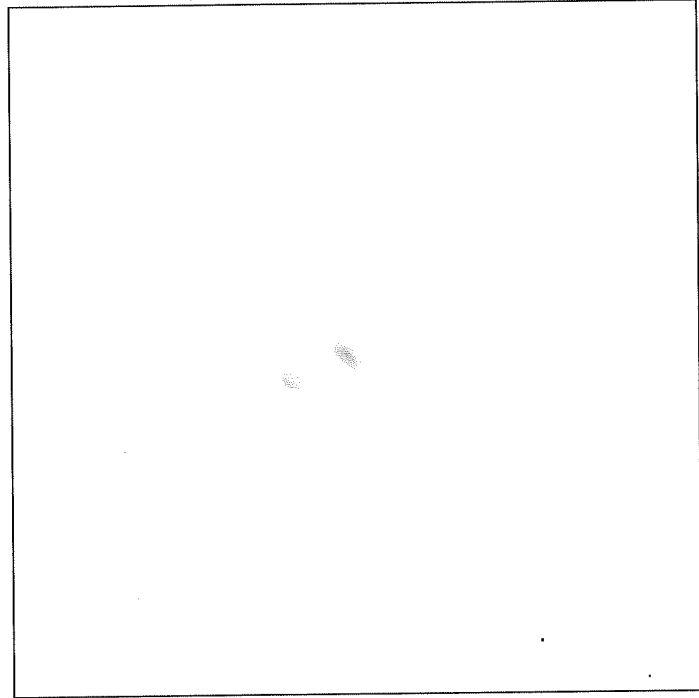
1'

Figura IV.25. Igual que la figura IV.5., pero para Wray 17-107.



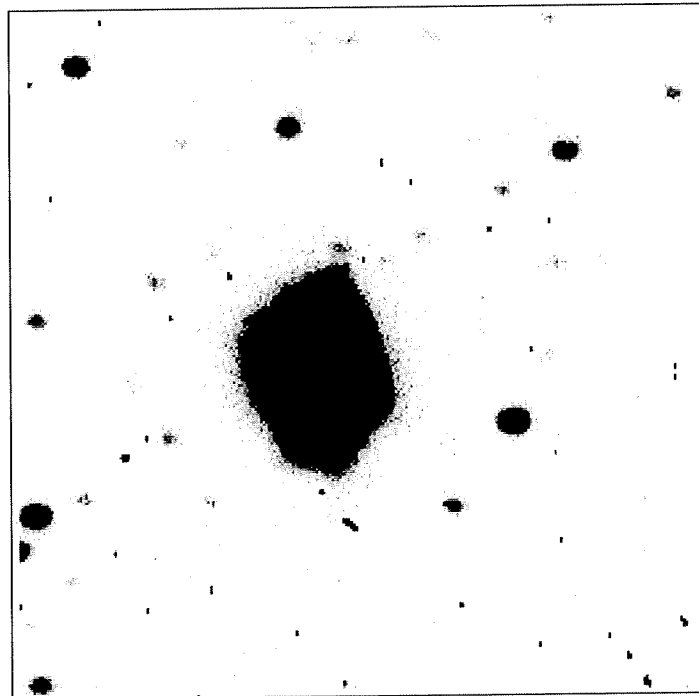
1'

Figura IV.26. Igual que la figura IV.25., mostrando la estructura externa.



1'

Figura IV.27. Igual que la figura IV.5., pero para MaC 1-13.



1'

Figura IV.28. Igual que la figura IV.27., mostrando la estructura exterior.

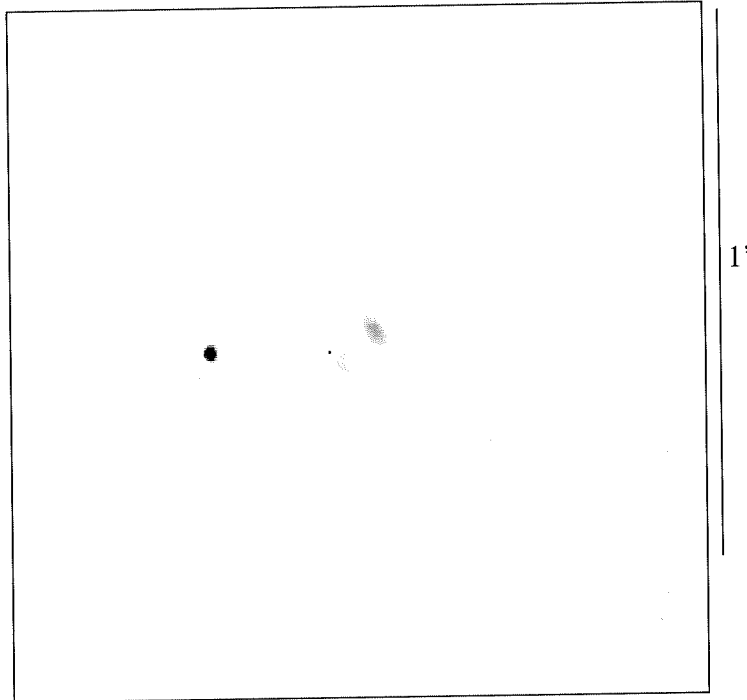


Figura IV.29. Igual que la figura IV.5., pero para Te 1567.

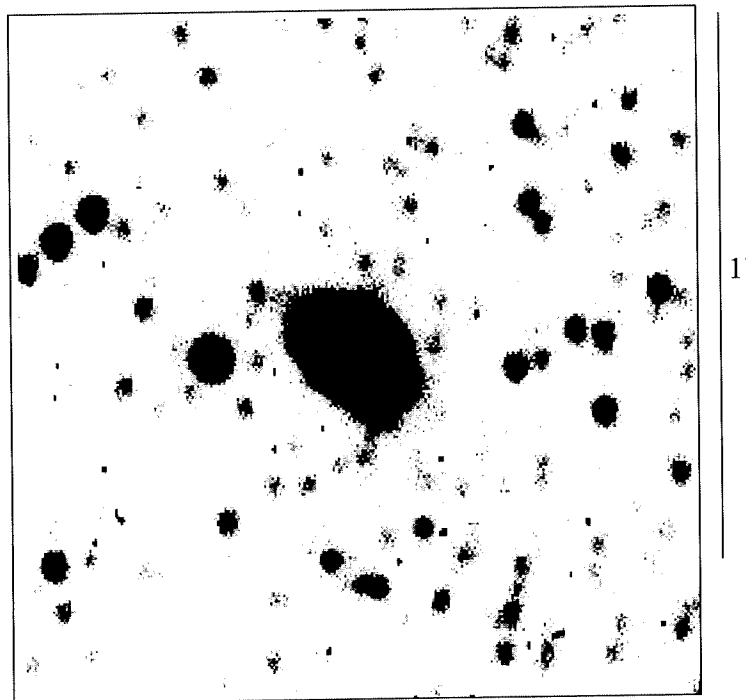


Figura IV.30. Igual que la figura IV.29., mostrando la estructura externa.

CAPÍTULO V

V.1. DISCUSIONES

La presente tesis es un trabajo que ha seguido objetivos específicos, desde la elaboración de una base de datos compuesta por un conjunto homogéneo de NPs contenidas en el CSNPG, hasta el análisis general del comportamiento de las intensidades relativas de las líneas de emisión extraídas de dicho catálogo.

En esta tesis se han reproducido los diagramas de diagnóstico de densidad - excitación electrónica en NPs introducidos por Sabbadin et al. (1977); se han redefinido las zonas de las NPs utilizando la muestra contenida en la parte II del CSNPG, consideramos que para este trabajo no es relevante desenrojecer las líneas, ya que todas ellas se encuentran en un intervalo espectral pequeño y del lado 'rojo' del espectro, que es donde la extinción es menor, además, cada par de líneas utilizado ([NII] λ 6548, λ 6584, [SII] λ 6717, λ 6731, H α λ 6563) se encuentran a unos cuantos Å de separación, estimamos que el error contenido por este efecto es no mayor del 10%.

Hemos separado una submuestra compuesta por objetos de muy baja excitación, de la cual hemos hecho observaciones en el telescopio de 2.1m del Observatorio Astronómico Nacional, ubicado en la Sierra de San Pedro Martir, los resultados

muestran a objetos muy espectaculares no estudiados anteriormente, estimamos que aproximadamente el 80% de la submuestra está compuesta por NPs bipolares. Se espera hacer estudios futuros en imagen directa y espectroscopía de esta submuestra.

V.2. CONCLUSIONES

- ◆ Se han reproducido los diagramas de Sabbadin et al. (1977) utilizando una muestra substancialmente mayor que cumple con características especiales como es su homogeneidad, lo que hace de este conjunto de objetos una muestra más confiable que al ser observada y reducida en condiciones similares, evita introducir errores subjetivos que disipen su neutralidad.

- ◆ Una vez reproducidos los diagramas se redefinieron los límites de las zonas de NPs, de manera que representaran mejor en tren de comportamiento de la muestra, estos ajustes se hicieron a ojo.










- ◆ La muestra presentada de esta manera facilita el análisis de subgrupos. En particular hemos aislado una submuestra de objetos definida por $\log(H\alpha/[NII]) < 0$ y $\log(H\alpha/[SII]) < 0.4$. Un mapeo profundo de imagen directa de los objetos que componen

esta submuestra revela que, en la mayoría de los casos, se trata de objetos no estudiados anteriormente debido a que, en las cartas de identificación aparecen como un pequeño punto o no se ve nada. Los objetos que componen esta muestra resultan ser muy espectaculares e interesantes, algunos de ellos han sido objeto de estudios profundos en otros trabajos como es el caso de KjPn8, Sa 2-237, estudiados por López et al.

- ◆ Estos diagramas han mostrado ser una herramienta muy útil de caracterización y, por lo tanto, su utilización es muy amplia, creemos que las modificaciones hechas a estos diagramas garantizan aún más su confiabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

- 📖 Acker, A., Ochsenbein, F., Stenholm, B., Tyenda, R., Marcout, J. Y Schohn, C. 1992. Strasbourg-ESO Catalogue of Galactic Planetary Nebulae. ESO.
- 📖 Cantó, J. 1981. Herbig-Haro Objects: Recent Observational and Theoretical Developments.
- 📖 García Lario, P., Manchado, A., Riera, A., Mampaso, A. y Pottasch, S. 1991. IRAS 22568+6141: A New Bipolar Nebula. *A&A*, 249, 223-232.
- 📖 Gonzalez, R. 1998. Imágenes Directas de Nebulosas Planetarias con Estrella Central Deficiente en Hidrógeno. Tesis de licenciatura.
- 📖 Gutiérrez – Moreno, A., Moreno, H. y Cortés, G. 1995. A Diagnostic Diagram for Planetary Nebulae and Symbiotic Stars. *Astronomical Society of the Pacific*, 107, 462-468.
- 📖 Iben, I. 1995. Planetary Nebulae and Their Central Stars-Origin and Evolution. *Physics Reports*, 250, 1-94.
- 📖 Kaler, J. 1986. Electron Temperatures in Planetary Nebulae. *The Astrophysical Journal*, 308, 322-336.
- 📖 López, J.A. 1999. Collimated Outflows in Planetary Nebulae. *RevMexAA*, 00,1-9.
- 📖 López, J.A. y Meaburn, J. 1983. The Structure and Dynamics of the bipolar Nebula MZ-3. *MNRAS*, 204, 203-218.

-  McKenna, F., Keenan, F., Wickstead, A., Bell, K. y Aggarwal, K. 1996. [NII] and [OII] Mean Electron Temperatures in Planetary Nebulae. Publications of the Astronomical Society of the Pacific, 108, 610-614.
-  Meadows, A. 1987. Evolución Estelar. Ed. Reverté. España.
-  Minello, S. y Sabbadin, F. 1977. The Evolution of Line Intensity Ratios in Planetary Nebulae. A&A, 58, L29-30.
-  Miranda, L.F., Fernández, M., Alcalá, J.M., Guerrero, M.A., Anglada, G., Gómez, Y., Torrelles, J.M. y Aaquist, O.B. 2000. High-Resolution Spectroscopy and Broad-Band Imaging of the Young Planetary Nebula K 3-35. MNRAS, 311, 748-754.
-  Osterbrock, D.E. 1974. Astrophysics of Gaseous Nebulae. W.H. Freeman and Company. San Francisco.
-  Pottasch, S.R. 1984. Planetary Nebulae. D. Reidel Publishing Company. Netherlands.
-  Sabbadin, F., Minello, S. y Bianchini, A. 1977. Sharpless 176: A Large, Nearby Planetary Nebula. A&A, 60, 147-149.
-  Stanghellini, L. Y Kaler, J. 1989. Electron Densities in Planetary Nebulae. The Astrophysical Journal, 343, 811-827.
-  Vázquez, R. 1995. Eyecciones colimadas y episódicas en las nebulosas planetarias. Tesis de Maestría.

ANEXO 1

MUESTRA GENERAL

PNG	S2	(HaN2)	(HaS2)	B 5007	C Ha	D 6584	6548	E 6717	F 6731	COM.
000.0-06.8	.58	-.007	.98	0	570	432	147	22	38	
000.1+17.2	.33	.36	1.46	327	1042	336	114	9	27	
000.1+04.3	.60	.78	1.51	2283	1557	193	66	18	30	
000.1-01.1	.78	-.32	.91	1333	4313	6750	2296	233	300	
000.1-02.3	1.86	1.25	1.64	1875	875	37	13	13	7	
000.1-05.6	1.24	-.24	.58	440	491	640	218	72	58	BEF:
000.2-01.9	.70	.21	1.04	267	1295	598	203	49	70	
000.2-04.6	1.06	-.24	.69	581	859	1102	375	90	85	
000.3+12.2	.57	1.28	1.91	999	382	15	5	1.7	3	
000.3-02.8	1.14	-.37	.51	929	1327	2344	797	217	190	
000.3-04.6	.76	-.35	.67	715	740	1231	419	68	90	
000.4-01.9	.54	.31	1.32	620	1133	417	142	19	35	
000.4-02.9	.00	.88	1.70	573	803	79	27		16	
000.6-01.3	.70	-.23	.71	0	4774	6096	2073	378	543	
000.6-02.3	.73	.59	1.40	0	1140	218	74	19	26	
000.7+04.7	.00	-.06	1.83	466	3427	2950	1003		51	F:
000.7+03.2	.75	.03	1.00	979	1434	1002	341	61	81	
000.7-02.7	.75	1.20	1.94	1411	616	29	10	3	4	
000.7-07.4	.94	-.34	.54	701	454	747	254	63	67	
000.8-01.5	.49	.05	.92	0	2080	1379	469	83	168	
000.8-07.6	.72	-.02	.95	981	382	300	102	18	25	
000.9-04.8	1.17	1.21	1.67	1327	615	28	10	7	6	
001.0+01.9	.46	-.61	.12	43	100	305	104	24	52	BEF:
001.1-01.6	.91	-.42	.41	906	1815	3567	1213	335	370	
001.2+02.1	.60	.75	1.63	842	2058	276	94	18	30	
001.2-03.0	.58	.03	1.12	0	1036	716	244	29	50	
001.3-01.2	1.02	-.11	1.22	164	4010	3846	1308	123	121	
001.4+05.3	.82	.59	1.59	374	785	150	51	9	11	
001.6-01.3	.44	.30	1.11	1364	3482	1296	441	83	189	
001.7-01.6	.56	.02	1.03	0	3067	2185	743	102	182	
001.7-04.4	.58	-.09	.97	16	666	616	210	26	45	
001.7-04.6	.56	1.22	2.22	631	470	21	7	1	1.8	EF:
001.8-03.8	.93	-.01	.69	306	395	304	103	39	42	
002.0-06.2	.79	1.31	1.98	605	408	15	5	1.9	2.4	
002.1-02.2	1.00	1.17	1.59	1356	774	39	13	10	10	EF:
002.1-04.2	.44	.54	1.87	436	532	115	39	2.2	5	
002.2-02.7	.47	1.10	2.26	1078	451	27	9	.8	1.7	
002.2-06.3	.53	.77	2.18	457	437	56	19	1	1.9	
002.3+02.2	1.27	-.14	.59	792	4199	4282	1456	605	476	CD:
002.3-03.4	.67	.32	1.27	811	559	198	67	12	18	
002.3-07.8	1.14	-.30	.56	1089	333	499	170	49	43	

002.4+05.8	.59	.67	1.63	1484	1158	183	62	10	17	
002.4-03.2	1.44	-.29	.32	511	485	701	238	137	95	
002.4-03.7	.48	.07	1.04	0	711	447	152	21	44	
002.5-01.7	.82	-.46	.31	278	492	1068	363	109	133	
002.6+04.2	.75	-.29	.83	1071	904	1317	448	58	77	
002.6+02.1	1.16	-.05	.51	1705	1654	1396	475	276	238	CD:
002.6-03.4	.57	.07	1.18	0	659	417	142	16	28	
002.7-04.8	.71	.20	1.26	590	524	246	84	12	17	
002.8+01.8	1.19	-.22	.33	1297	2293	2815	957	580	486	D:
002.8+01.7	.52	-.08	1.28	30	2806	2536	863	50	96	B:
002.8-02.2	1.03	-.12	1.03	0	797	778	265	38	37	
003.1+03.4	.00	.02	.88	0	1353	969	330	77	101	
003.1+02.9	.57	.33	1.34	1444	1262	436	148	21	37	
003.2-06.2	.60	.22	1.10	808	399	179	61	12	20	
003.3-04.6	.55	.12	1.21	0	551	315	107	12	22	
003.5-02.4	.87	.79	1.28	1217	816	98	33	20	23	
003.5-04.6	.75	-.20	.64	1340	402	477	162	40	53	
003.6+03.1	.40	-.17	1.36	215	1127	1256	427	14	35	
003.6-02.3	.90	.10	.97	611	852	507	172	43	48	
003.7+07.9	.00	-.07	.96	174	100	88	30		11	Hà
003.7-04.6	.00	1.21	2.03	1415	587	27	9	2.5	3	
003.8+05.3	.78	-.46	.57	714	615	1330	452	72	92	
003.8-04.3	.88	.52	1.20	1118	506	113	38	15	17	
003.8-17.1	.60	.98	1.86	1406	345	27	9	1.8	3	
003.9+01.6	.74	-.17	.48	10	100	111	38	14	19	Hà
003.9-02.3	.56	.10	1.14	887	1455	866	295	38	68	
004.0-03.0	1.00	1.06	1.94	516	525	34	12	3	3	
004.0-11.1	1.00	.56	1.73	599	319	65	22	3	3	
004.2-05.9	1.30	.34	1.36	92	525	181	62	13	10	
004.3+01.8	1.17	.32	.88	480	1381	494	168	98	84	
004.3-02.6	.33	-.07	1.93	491	1352	1173	399	4	12	EF:
004.5+06.8	.41	-.46	.04	295	1617	3494	1188	424	1036	
004.6+06.0	.50	.55	1.98	315	866	182	62	3	6	
004.8+02.0	.46	.28	1.36	58	1522	598	203	21	46	
004.8-05.0	1.00	1.06	1.73	631	434	28	10	4	4	
004.9+04.9	.52	-.02	1.32	518	852	663	226	14	27	
004.9-04.9	.67	-.03	.87	25	590	474	161	32	48	B:
005.0+04.4	.64	.22	1.54	797	800	361	123	9	14	
005.0+03.0	.63	.68	1.21	249	1090	170	58	26	41	
005.1-03.0	.56	.38	2.04	165	1530	478	163	5	9	EF:
005.2+05.6	.83	.74	1.76	633	640	86	29	5	6	
005.5+06.1	1.03	.09	1.12	45	855	519	177	33	32	
005.5-02.5	.68	.39	1.26	843	860	259	88	19	28	
005.6-04.7	.88	.51	1.03	729	502	115	39	22	25	
005.7-05.3	.63	.58	1.26	950	568	111	38	12	19	
005.8+05.1	1.28	-.27	.47	1556	572	790	269	109	85	
005.8-06.1	.65	-.10	.76	1244	436	406	138	30	46	
005.9-02.6	.35	-.39	.14	0	100	185	63	19	54	Hà
006.0+03.1	1.07	-.69	.31	1050	965	3494	1188	246	230	
006.0+02.8	1.04	.09	1.34	0	1060	646	220	25	24	EF:
006.0-03.6	.58	.52	1.27	1224	762	170	58	15	26	
006.1+08.3	.50	.78	1.84	978	627	78	27	3	6	OIII
006.3+04.4	.00	1.27	1.92	1427	749	30	10		9	F:

006.3+03.3	.79	-.12	.83	0	1021	995	338	66	84	
006.4+02.0	.55	.18	1.53	737	1043	516	176	11	20	
006.7-02.2	.61	-.59	.60	1421	1671	4809	1636	157	259	
006.8+04.1	.48	.67	1.58	1064	1402	224	76	12	25	
006.8+02.3	.56	.52	1.25	1661	1078	243	83	22	39	
006.8+02.0	.38	.47	1.57	377	1908	488	166	14	37	
006.8-19.8	.77	1.11	1.79	1198	329	19	6	2.3	3	EF:
007.0+06.3	.50	.73	1.22	533	793	109	37	4	8	
007.0-06.0	.77	.54	1.30	1203	456	98	33	10	13	
007.0-06.8	.58	.32	1.38	593	458	163	55	7	12	
007.2+01.8	.00	.12	1.03	1731	1486	841	286		138	F
007.5+07.4	.77	.08	.95	542	413	259	88	20	26	
007.6+06.9	.88	.63	1.33	844	636	111	38	14	16	
007.8-03.7	.65	.03	.89	703	949	654	222	48	74	
007.8-04.4	.53	.04	1.03	0	596	402	137	19	36	
008.0+03.9	.89	-.21	.85	2015	626	754	256	42	47	
008.1-04.7	.75	.74	1.91	537	567	77	26	3	4	
008.2+06.8	.00	.31	1.62	0	581	213	72.7	4	10	
008.2-04.8	.75	.67	1.45	929	589	95	32	9	12	
008.3-01.1	.51	-.27	.90	1878	2144	2950	1003	92	181	
008.3-07.3	.47	.69	1.90	1395	348	53	18	1.4	3	OIII
008.4-03.6	.97	.06	.93	60	968	631	215	56	58	
008.6-07.0	.98	-.38	.58	807	646	1154	393	83	85	
008.8+05.2	1.10	.16	.82	596	699	365	124	55	50	
009.0+04.1	.63	.53	1.41	856	806	178	61	12	19	
009.4-09.8	.33	.93	1.60	773	476	42	14	3	9	
009.6+10.5	1.07	.88	1.15	234	414	41	14	15	14	
009.8-04.6	.75	.35	1.02	1156	666	220	75	27	36	
010.1+00.7	.00	-.15	1.16	1172	1495	1584	539		104	F
010.4+04.5	.75	.65	1.63	604	593	98	33	6	8	
010.6+03.2	.50	.07	1.19	347	748	474	161	16	32	
010.7-06.4	.73	1.16	2.00	1503	518	27	9	2.2	3	OIII
010.8+18.0	.67	.13	1.15	90	840	460	156	24	36	
010.8-01.8	.70	1.26	2.24	893	878	36	12	2.1	3	
011.0+06.2	1.00	.96	1.56	811	511	42	14	7	7	
011.0+05.8	.52	.20	1.17	1145	474	221	75	11	21	
011.1+11.5	.57	.13	1.22	941	550	307	104	12	21	
011.1+07.0	.85	-.98	-.04	1678	649	4656	1584	325	383	
011.3+02.8	1.33	.93	1.72	117	1454	128	44	16	12	
011.3-09.4	.50	.26	1.73	63	483	199	68	3	6	
011.7-00.6	.47	1.34	2.28	1038	530	18	6	.9	1.9	
011.7-06.6	.48	.03	1.03	0	493	347	118	15	31	
011.9+04.2	.65	-.42	.81	398	933	1849	629	57	88	
012.6-02.7	.51	-.02	1.06	0	1205	933	317	35	69	
013.0-04.3	.80	.74	1.46	590	517	71	24	8	10	
013.1+04.1	.54	.24	1.24	1073	949	406	138	19	35	
013.4-03.9	.70	-.41	.52	725	600	1159	394	75	107	
013.8-02.8	1.00	-.89	.20	393	650	3780	1286	207	207	
014.2+04.2	.88	.05	1.14	357	2289	1539	523	78	89	
014.2-07.3	.40	.84	2.55	665	492	53	18	.4	1	EF:
014.3-05.5	.57	.72	1.77	1317	651	93	32	4	7	OIII
014.6-04.3	.60	1.13	1.92	1667	668	37	13	3	5	
014.9+06.4	.94	-.20	.36	724	868	1016	346	184	196	

014.9-03.1	1.55	-.02	.85	0	875	682	232	76	49	EF:
015.9+03.3	.52	-.18	1.23	69	2380	2667	907	48	93	
016.0-04.3	.72	-.35	.74	1110	604	1013	345	46	64	
016.1-04.7	.62	.29	1.26	1988	617	237	81	13	21	
016.4-01.9	.57	.22	1.47	56	650	292	99	8	14	
016.9-02.0	.64	.32	1.38	1675	1730	611	208	28	44	
017.7-02.9	.56	1.02	1.51	1021	802	57	19	9	16	
018.9+03.6	1.05	.32	1.35	0	100	36	12	2.3	2.2	EF:
019.2-02.2	.54	.80	1.65	1780	1654	195	66	13	24	
019.4-05.3	.50	.45	1.73	914	647	170	58	4	8	
019.4-13.6	2.05	-.25	.43	804	318	420	143	80	39	EF:
019.7+03.2	.44	.30	1.44	1768	2164	813	277	24	54	
019.7-04.5	.52	.10	1.35	1212	977	579	197	15	29	
019.8+05.6	.61	.63	1.35	1323	1575	275	94	27	44	
019.9+00.9	.60	-.33	.68	812	3074	4928	1676	242	406	
020.9-01.1	.57	-.27	1.01	533	2718	3735	1270	97	169	E:
021.1-05.9	.64	-.25	.54	1303	427	570	194	48	75	
021.7-00.6	.71	-.51	.60	451	1759	4251	1446	185	259	
021.8-00.4	.75	-.35	1.12	1973	2532	4265	1451	83	110	
022.0-03.1	.64	.86	1.51	1435	739	76	26	9	14	
022.1-02.4	.55	-.66	.76	2257	1184	1478	3904	73	133	
022.5+01.0	.95	-.52	.23	637	1263	3130	1065	363	384	
023.3-07.6	.00	-.27	.50	803	649	901	306		206	F
023.8-01.7	.33	.08	.96	0	4243	2620	891	117	350	
023.9+01.2	.55	-.11	1.03	0	4133	4016	1366	139	251	
023.9-02.3	.53	-.03	1.08	1357	1014	811	276	29	55	
024.1+03.8	.78	.15	1.57	245	1202	636	216	14	18	
024.2+05.9	1.35	-.25	.70	624	1170	1567	533	135	100	
024.3-03.3	.72	-.17	.73	1485	943	1033	351	74	103	
024.8-02.7	.57	-.13	1.03	42	1118	1114	379	38	67	
025.3+40.8	.00	.99	2.86	496	288	22	7		.4	F:
025.3-04.6	.40	.86	1.77	1321	414	43	15	2	5	
025.8-17.9	.67	.66	1.47	1495	298	49	17	4	6	
025.9-00.9	.00	-.35	.84	898	1997	3326	1131		289	
025.9-10.9	1.18	-.20	1.18	1415	554	659	224	20	17	EF:
026.0-01.8	.00	.92	1.72	1541	893	80	27	17		E:
026.3-02.2	.68	.45	1.11	1481	606	159	54	19	28	
026.5-03.0	.70	1.18	2.07	822	594	29	10	2.1	3	EF:
026.6-01.5	1.13	-.59	.15	1430	507	1482	504	190	168	
027.3-02.1	.43	.31	1.55	1484	2703	999	340	23	53	
027.6+04.2	.00	.54	2.37	629	5370	1162	395		23	F:
027.6-09.6	.43	1.05	1.84	1107	393	26	9	1.7	4	OIII
027.7+00.7	.56	.35	1.38	826	3117	1036	352	47	84	
028.5+05.1	.87	-.01	1.12	145	3363	2582	878	118	135	B:
028.5+01.6	.60	.37	1.10	1667	1216	384	131	36	60	
029.2-05.9	.87	.07	1.12	1295	366	231	79	13	15	
031.3-00.5	1.14	-.81	.22	57	100	486	165	32	28	Hà
031.7+01.7	.71	-.03	.78	793	2194	1760	599	153	215	
031.9-00.3	.97	-.92	.20	58	100	618	210	31	32	Hà
032.1+07.0	.75	1.46	2.05	1547	777	20	7	3	4	
032.5-03.2	.37	.07	1.29	39	1306	832	283	18	49	
032.7+05.6	.55	.12	1.05	1428	730	414	141	23	42	
032.7-02.0	.56	.48	1.80	1779	886	218	74	5	9	

032.9-02.8	.60	.34	1.59	1905	1557	528	180	15	25	
033.8-02.6	.53	-.16	.96	1655	600	654	222	23	43	
034.0+02.2	.83	.19	.99	1529	3158	1538	523	146	175	
034.5-06.7	.89	.02	.93	579	434	309	105	24	27	
034.6+11.8	.50	.55	1.95	1197	297	62	21	1.1	2.2	OIII
035.1-00.7	.92	.16	.60	0	100	52	18	12	13	Hà
035.7-05.0	.69	1.17	1.37	809	639	32	11	11	16	
035.9-01.1	1.21	-.68	.59	1423	1088	3888	1322	154	127	EF:
036.1-57.1	.00	-.40	1.13	592	189	353	120	14		E:
036.9-01.1	1.00	-.24	.47	109	100	130	44	17	17	Hà
037.8-06.3	.57	.76	2.18	1274	545	71	24	1.3	2.3	
038.4-03.3	.79	.19	.98	0	982	471	160	45	57	
038.7-03.3	.57	.53	1.40	1329	834	183	62	12	21	OIII
039.8+02.1	.20	.03	1.32	24	100	69	23	.8	4	Hà
040.3-00.4	.89	-.63	.44	100	100	318	108	17	19	Hà
041.8-02.9	.00	.21	1.06	1055	648	301	102	56		
042.0+05.4	.51	.10	1.13	0	1156	681	232	29	57	
042.9-06.9	.67	1.03	1.89	1152	386	27	9	2	3	
043.1+37.7	.57	.92	1.73	1095	254	23	8	1.7	3	OIII
043.1+03.8	.60	.36	1.39	17	785	253	86	12	20	
044.0+05.2	.83	.60	1.25	888	1517	282	96	39	47	
045.4-02.7	.42	.88	2.71	812	1383	135	46	.8	1.9	E:
045.9-01.9	.00	.05	1.07	217	2333	1567	533		200	B: , F
046.4-04.1	.64	.38	1.36	1028	411	128	44	7	11	
047.1+04.1	1.23	-.31	.52	980	728	1121	381	122	99	
048.0-02.3	.67	.67	1.39	1659	1463	234	80	24	36	
048.1+01.1	.61	.19	1.42	2073	3117	1515	515	45	74	
048.7+02.3	.61	-.32	.93	1245	1824	2874	978	82	134	EF:
048.7+01.9	.53	-.10	1.03	661	1596	1515	515	51	97	
048.7-01.5	.00	-.31	-.22	0	237	363	123		391	F
049.3+88.1	.00	.50	2.21	659	355	84	29	2.2		E:
049.4+02.4	1.20	.20	.78	353	778	363	123	71	59	
051.0+03.0	.51	.20	1.49	752	1736	814	277	19	37	
051.0+02.8	.00	.90	2.21	1425	5010	471	160		31	
051.0-04.5	.95	.58	1.05	1138	458	89	30	20	21	
051.9-03.8	.55	.27	1.53	325	582	234	80	6	11	
052.2-04.0	.63	.87	1.67	1153	614	62	21	5	8	
052.5-02.9	.56	-.01	.88	972	299	229	78	14	25	OIII
053.3+24.0	.80	.97	1.59	1167	348	28	10	4	5	
053.3+03.0	1.83	-.47	.31	62	100	220	75	33	18	Hà
054.4-02.5	.71	.19	2.16	160	1748	843	287	5	7	
055.3+02.7	.83	-.16	.56	2189	1527	1650	561	193	232	
055.5-00.5	.50	.32	1.84	1374	1245	440	150	6	12	OIII
055.6+02.1	.27	.06	.88	0	1295	832	283	36	135	
056.0+02.0	.35	-.61	.88	904	1463	4433	1508	50	143	
058.3-10.9	.50	.93	1.95	437	806	70	24	3	6	
058.9+01.3	.00	.75	1.57	531	1158	154	52	31		E:
059.0+04.6	.00	-.40	.81	970	380	713	243	59		
060.1-07.7	.81	-.04	1.16	1656	424	346	118	13	16	OIII
060.3-07.3	1.64	-.36	.38	185	265	454	154	69	42	EF:
060.5+01.8	.00	.25	1.83	369	1680	712	242	25		E:
060.8-03.6	.88	-.12	.77	1106	262	255	87	21	24	EF:
061.3+03.6	.91	.49	1.18	171	929	222	76	29	32	

062.4+09.5	2.77	-.20	.42	1244	300	352	120	83	30	
062.4-00.2	1.71	-.56	.64	1317	1476	3988	1356	212	124	F:
064.9+15.5	.00	-.04	.64	618	445	362	123	103		
065.2-05.6	2.02	-.24	.56	755	459	589	200	85	42	EF:
066.9+02.2	.88	-.82	.21	54	100	494	168	29	33	BEF
066.9-05.2	.00	1.49	2.08	1118	958	23	8	8		
067.9-00.2	.56	-.33	.72	339	957	1517	516	65	117	EF:
068.3-02.7	.68	-.05	1.05	0	2128	1769	602	77	113	
068.6+01.1	.00	.06	.68	951	1205	778	265	250		
068.7+14.8	.00	1.03	2.10	596	377	26	9		3	F
068.7+03.0	.00	.51	1.24	1689	991	231	79	57		
068.8-00.0	.77	-.58	.30	762	675	1929	656	147	192	
069.2+03.8	.00	-.93	.07	446	500	3200	1088	423		C:
069.4-02.6	.00	-.12	.45	709	719	702	239		256	F
069.7-00.0	.69	-.11	.66	45	100	97	33	9	13	EF:
071.6-02.3	.54	1.53	1.89	1123	1537	34	12	7	13	DEF:
074.5+02.1	.45	.09	1.34	1851	985	603	205	14	31	
075.6+04.3	.00	-.25	1.61	393	287	380	129		7	F:
076.3+01.1	.00	-.83	.48	235	141	706	240	47		BCE:
077.7+03.1	.65	-.16	.79	2700	980	1050	357	63	97	
078.5+18.7	1.11	.50	1.12	981	250	59	20	10	9	EF:
078.6+05.2	.00	.07	1.02	937	630	398	135		60	F
082.1+07.0	.70	.77	1.89	1455	392	50	17	2.1	3	OIII
084.2+01.0	1.48	-.98	.05	1400	800	5700	1939	425	288	
086.5-08.8	.47	.07	1.21	796	408	261	89	8	17	
087.4-03.8	.00	.37	.42	0	336	108	37		128	D:,F
089.0+00.3	.67	.32	1.14	985	485	174	59	14	21	
089.3-02.2	1.07	.39	1.42	0	770	234	80	15	14	
091.6-04.8	.92	-.31	.66	958	432	664	226	45	49	EF:
092.1+05.8	1.18	.00	.43	1280	1200	900	306	240	204	EF:
101.8+08.7	3.18	.89	.70	408	230	22	7	35	11	DEF:
102.9-02.3	.95	-.81	-.21	293	100	480	163	79	83	Hà
112.5-00.1	1.31	-.55	.36	315	493	1315	447	122	93	CD:
116.2+08.5	1.58	-.05	.90	660	387	325	111	30	19	EF:
119.3+00.3	.98	-.66	.21	674	667	2267	771	205	210	C:
120.0+09.8	.00	-.06	.05	0	287	246	84		253	
122.1-04.9	1.33	.86	.92	1057	530	54	18	36	27	
124.0+10.7	1.06	.31	.40	424	545	197	67	112	106	EF:
129.5+04.5	.63	-.32	.31	355	308	482	164	58	92	EF:
130.9-10.5	11.50	-.01	.72	1186	649	490	167	115	10	
132.4+04.7	.87	-.10	.69	953	859	812	276	82	94	EF:
136.1+04.9	.00	-.09	.24	250	100	92	31		58	CDF:
142.1+03.4	.00	-.20	.64	741	601	704	239		138	F
147.4-02.3	.00	1.26	1.96	1436	2112	86	29		23	F
147.8+04.1	.00	1.50	2.15	1181	844	20	7		6	DF:
149.0+04.4	1.00	-.24	.55	88	100	129	44	14	14	BEF:
151.4+00.5	.00	.17	.56	552	516	258	88		141	F
153.7-01.4	2.56	-.10	.57	1207	1269	1190	405	243	95	
170.7+04.6	.93	.47	1.49	1215	842	213	72	13	14	EF:
184.6+00.6	.00	-.46	.82	978	1005	2163	736		152	F
189.1+19.8	.65	1.04	1.15	838	397	27	9	11	17	
189.8+07.7	.87	-.16	1.00	1315	428	465	158	20	23	
190.3-17.7	.44	1.51	2.48	1336	394	9	3	.4	.9	DEF:

193.6-09.5	.88	.58	1.15	1359	427	84	29	14	16	
194.2+02.5	.50	.62	1.70	1127	449	80	27	3	6	
197.8+17.3	.64	.27	1.23	1406	395	160	54	9	14	
198.6-06.3	1.11	-.10	.58	1218	509	475	162	70	63	
201.7+02.5	.61	.02	1.47	1684	1097	788	268	14	23	
201.9-04.6	.00	-.69	-.10	0	100	363	123	125		Hà
210.3+01.9	.87	-.17	1.04	1319	616	673	229	26	30	
211.2-03.5	.45	.20	1.90	122	1274	604	205	5	11	
212.0+04.3	.58	.52	1.89	551	487	111	38	2.3	4	
215.6+03.6	.00	-.34	1.17	1088	236	388	132		16	F
217.4+02.0	1.03	.02	.81	947	468	332	113	37	36	
218.9-10.7	1.25	.12	.47	50	444	249	85	84	67	
221.3-12.3	.48	.83	1.90	1260	473	52	18	1.9	4	
226.7+05.6	.00	-.48	1.55	1465	601	1370	466	17		
228.8+05.3	.54	-.06	.87	1551	464	396	135	22	41	
231.4+04.3	2.16	-.38	.77	1207	470	848	288	54	25	
231.8+04.1	1.25	-.40	.43	758	308	577	196	64	51	
232.0+05.7	.76	.27	1.34	0	653	262	89	13	17	
232.4-01.8	.90	-.27	1.11	1385	487	673	229	18	20	
232.8-04.7	.38	.06	2.21	10	884	571	194	1.5	4	
234.8+02.4	.57	-.55	1.32	1790	464	1236	420	8	14	
234.9-01.4	.75	.41	1.90	372	552	159	54	3	4	
235.5-03.9	.46	.11	1.86	16	533	312	106	2.3	5	
238.9+07.3	1.23	.11	.74	736	270	158	54	27	22	
240.3-07.6	1.20	-.59	.78	492	547	1573	535	49	41	
242.6-11.6	.80	.53	1.32	931	372	81	28	8	10	
243.3-01.0	.61	.06	.85	1575	350	226	77	19	31	
245.4+01.6	.85	-.20	1.34	1262	531	629	214	11	13	
248.8-08.5	.95	1.15	1.99	897	358	19	6	1.8	1.9	
250.3+00.1	1.17	-.14	.30	91	100	102	35	27	23	Hà
253.9+05.7	.50	2.06	2.59	808	463	3	1	.4	.8	DEF:
254.6+00.2	1.00	-.02	1.67	517	935	723	246	10	10	
255.7+03.3	1.52	-.10	.29	155	331	310	105	102	67	
257.5+00.6	1.41	-.75	.41	665	368	1549	527	83	59	
258.1-00.3	.57	.49	1.81	771	1413	338	115	8	14	
259.1+00.9	.66	.79	1.02	1070	1207	146	50	46	.70	EF:
260.7-03.3	1.06	-.79	-.08	80	338	1551	528	211	200	
261.6+03.0	.78	-.68	.45	1323	1240	4450	1514	194	249	
261.9+08.5	1.03	-.46	.44	1501	431	929	316	79	77	
263.0-05.5	.56	.37	1.33	1244	538	172	59	9	16	
263.2+00.4	1.24	.39	.67	176	523	159	54	62	50	
263.3-08.8	1.23	.13	.70	1025	393	219	74	43	35	
264.1-08.1	.71	.61	1.54	1294	414	75	26	5	7	
264.4-03.6	1.51	-.23	-.16	192	100	127	43	86	57	Hà
264.4-12.7	.52	.62	2.05	605	361	65	22	1.1	2.1	
265.1-02.2	.57	-.62	.86	1425	1562	4823	1640	79	138	
265.1-04.2	1.14	.02	.75	1102	434	308	105	41	36	
268.4+02.4	.67	.41	1.60	1979	1382	399	136	14	21	
269.7-03.6	.62	-.19	.77	1933	1008	1163	396	65	105	
272.1+12.3	1.00	-.74	.70	1021	319	393	1358	32	32	
273.2-03.7	1.07	-.12	.94	1178	543	537	183	32	30	
274.1+02.5	1.71	.83	2.05	360	2136	238	81	12	7	EF:
274.6+03.5	.94	-.22	.75	1869	521	650	221	45	48	

275.0-04.1	1.43	1.20	2.48	990	513	24	8	1	.7	
275.2-02.9	.96	.00	.77	1140	550	413	140	46	48	
275.5-01.3	.52	.52	1.63	1844	1496	339	115	12	23	
275.8-02.9	.89	-.11	.83	2006	593	576	196	41	46	
277.1-03.8	1.12	-.73	.26	759	340	1354	461	100	89	
277.7-03.5	1.69	-.46	.32	444	402	866	295	122	72	
278.1-05.9	.60	.53	1.38	1460	384	84	29	6	10	
278.5-04.5	1.06	-.80	.29	1216	865	4041	1374	227	214	
278.6-06.7	.60	.64	1.71	1412	413	71	24	3	5	
281.0-05.6	.60	.39	1.68	866	379	114	39	3	5	
283.3+03.9	1.04	-.15	.95	1398	469	491	167	27	26	
283.8-04.2	.90	.18	1.05	1446	428	211	72	18	20	
283.9-01.8	1.08	-.57	.28	1010	1248	3465	1179	341	317	
285.4+02.2	.93	.87	1.44	1786	739	74	25	13	14	
285.4+01.5	.50	.27	1.68	1257	1143	461	157	8	16	
285.4-01.1	3.30	.38	.75	92	733	226	77	99	30	
285.4-05.3	.60	.75	1.70	1317	401	53	18	3	5	
285.6-02.7	.50	-.04	1.67	12	556	458	156	4	8	
286.0-06.5	.70	.65	1.97	982	478	80	27	2.1	3	
286.2-06.9	.91	.13	.80	308	395	219	74	30	33	
286.3-04.8	.75	1.05	1.71	1674	363	24	8	3	4	
288.4+00.3	1.08	-.40	.47	1873	707	1316	448	125	116	
288.4-02.4	.80	-.26	.94	1312	651	887	302	33	41	
288.8-05.2	.98	-.04	.69	1187	529	430	146	53	54	
290.1-00.4	1.15	-.90	.36	1353	1017	6083	2069	237	206	
290.5+07.9	.86	.77	1.45	714	367	46	16	6	7	
291.6-04.8	.71	.13	1.61	1604	492	272	93	5	7	
291.7+03.7	.89	.08	.85	43	597	370	126	40	45	
292.4+04.1	.53	.62	1.91	400	376	68	23	1.6	3	
292.6+01.2	1.06	-.41	1.09	1790	452	869	296	19	18	
292.8+01.1	.54	.00	1.07	1414	640	473	161	19	35	
293.6+01.2	1.01	-.89	.21	1303	705	4043	1375	216	214	
294.6+04.7	.60	.16	1.37	1667	374	194	66	6	10	
294.9-04.3	.40	.11	1.80	147	891	515	175	4	10	
295.3-09.3	.38	.58	1.86	964	396	77	26	1.5	4	
296.3-03.0	.54	.24	1.34	1842	809	344	117	13	24	
296.4-06.9	.55	.32	1.95	91	551	198	67	2.2	4	
296.6-20.0	1.08	-.10	.67	755	377	358	122	42	39	
297.4+03.7	.72	.09	1.47	36	911	548	186	13	18	
298.1-00.7	.88	.80	1.25	579	4944	586	199	129	147	
298.2-01.7	.91	-.48	.46	2119	1448	3292	1120	240	264	
298.3-04.8	1.25	-.07	.74	786	294	259	88	30	24	EF:
299.5+02.4	1.01	-.03	.57	807	610	486	165	83	82	
300.2+00.6	.60	-.18	1.15	57	3231	3671	1249	87	144	B:
300.4-00.9	.68	-.33	.53	2481	1887	3001	1021	225	331	
300.5-01.1	.60	.49	1.38	1736	1356	328	112	21	35	
300.7-02.0	.48	.22	1.67	1070	1443	643	219	10	21	
300.8-03.4	.70	.37	.74	1356	311	99	34	23	33	EF:
302.6-00.9	1.17	-.73	.37	1437	1123	4455	1515	258	220	
303.6+40.0	1.70	-.05	.40	209	498	419	143	126	74	
304.5-04.8	.45	.31	1.38	1701	380	139	47	5	11	OIII
307.2-03.4	.93	-.15	.64	1428	350	366	124	39	42	
307.2-09.0	.38	.55	2.18	674	440	93	32	.8	2.1	

309.0+00.8	.44	.51	1.70	1110	1293	295	100	8	18	
309.0-04.2	1.11	-.07	.61	0	481	420	143	62	56	
309.1-04.3	.55	.01	1.34	840	369	266	90	6	11	
309.2+01.3	.97	-.51	.36	950	1360	3290	1119	290	300	
309.5-02.9	.72	-.25	.96	1541	1337	1781	606	62	86	
310.7-02.9	1.00	-.06	.77	971	543	468	159	46	46	
310.8-05.9	1.43	1.06	1.52	1093	564	37	13	10	7	
311.0+02.4	1.05	-.77	.08	95	100	439	149	43	41	Há
312.6-01.8	.58	-.04	1.59	56	1178	956	325	11	19	
315.0-00.3	.92	-.84	.35	1498	986	5114	1739	213	231	
315.4+09.4	1.00	.90	1.77	292	825	77	26	7	7	
315.4+05.2	.98	-.09	.89	1390	632	584	199	40	41	
316.1+08.4	.75	.41	1.80	175	438	128	44	3	4	
316.3-01.3	1.43	-.42	.29	63	100	196	67	30	21	Hà
317.1-05.7	1.08	-.16	.61	848	452	492	167	57	53	
318.3-02.0	1.31	-.27	1.09	841	451	622	212	21	16	EF:
318.3-02.5	1.17	-.45	.26	490	620	1314	447	183	157	
318.4-03.0	2.04	-.25	.57	752	918	1230	418	165	81	
319.2+06.8	.72	-.12	.99	2005	912	896	305	39	54	
319.6+15.7	.94	-.31	1.10	1267	390	595	202	15	16	
320.1-09.6	.50	.04	1.02	0	315	213	72	10	20	
320.9+02.0	.00	.39	1.54	943	2090	639	217		60	
321.0+03.9	.00	.09	.88	15	763	465	158		100	F
321.3+02.8	.46	.39	1.96	714	1723	518	176	6	13	
321.3-16.7	.44	1.16	1.68	1080	345	18	6	2.2	5	
321.8+01.9	1.06	-.50	.35	710	621	1471	500	144	136	
322.1-06.6	.83	.90	1.82	120	364	34	12	2.5	3	
322.4-00.1	.28	.53	2.01	1124	6184	1366	465	13	47	
322.4-02.6	.98	-.43	.51	907	513	1033	351	78	80	
323.9+02.4	.57	-.07	1.35	233	992	862	293	16	28	
324.2+02.5	.51	-.04	1.07	0	1107	907	309	32	63	
324.8-01.1	.39	.19	1.31	1282	3429	1644	559	47	120	E:
325.0+03.2	.69	.74	1.75	1451	1233	167	57	9	13	EF:
325.4-04.0	.75	.46	1.48	1418	426	111	38	6	8	
325.8+04.5	.57	.30	1.80	440	687	258	88	4	7	EF:
326.0-06.5	.44	.27	1.56	0	468	188	64	4	9	
326.7+42.2	.00	.13	.85	1136	375	209	71	53		D:
327.1-01.8	.50	-.16	1.24	44	1239	1331	453	24	48	
327.1-02.2	.45	-.13	1.52	7	1048	1054	359	10	22	
327.5+13.3	.40	.81	1.88	1190	315	36	12	1.2	3	
327.8+10.0	.45	.97	2.11	1048	374	30	10	.9	2	
327.8-01.6	.51	.03	1.21	2478	3140	2188	744	66	129	
327.8-06.1	.58	.27	1.34	525	415	168	57	7	12	
327.9-04.3	.72	-.20	.80	1125	854	1009	343	56	78	
328.2+01.3	1.18	.26	.43	340	502	205	70	100	85	EF:
328.9-02.4	1.38	.93	1.23	359	972	86	29	33	24	E:
329.3-02.8	.90	.12	.86	1975	429	244	83	28	31	
329.4-02.7	1.00	1.06	2.16	949	696	45	15	2.4	2.4	EF:
330.6-02.1	.83	-.39	.58	727	453	824	280	54	65	
330.7+04.1	.33	.70	1.69	1215	591	88	30	3	9	
331.0-02.7	.48	-.08	1.46	148	981	890	303	11	23	
331.1-05.7	.50	1.15	2.32	1407	566	30	10	.9	1.8	
331.3+16.8	.00	1.08	2.59	1158	309	19	6		.8	F:

331.4-03.5	.80	.04	2.00	12	543	367	125	2.4	3	EF:
331.5-02.7	.69	.66	1.47	377	789	128	44	11	16	
331.5-03.9	1.23	-.30	.54	583	431	643	219	69	56	
331.7-01.0	.50	-.23	1.39	23	1254	1579	537	17	34	
332.3-04.2	.60	.62	1.92	1113	538	97	33	2.4	4	
332.9-09.9	1.89	-.45	.13	0	571	1197	407	274	145	
333.4+01.1	.55	-.54	1.00	1196	1226	3157	1074	44	80	
334.8-07.4	.23	.38	1.94	153	430	133	45	.9	4	
335.4+09.2	1.45	.22	.58	964	850	382	130	132	91	
335.4-01.1	.74	-.59	.41	743	2057	6007	2043	341	461	
336.2+01.9	.00	1.40	1.67	991	1365	41	14		29	DF:
336.2-06.9	.69	.78	1.32	1202	569	70	24	11	16	
336.3-05.6	.57	-.04	.93	1858	558	453	154	24	42	
337.4+01.6	.44	-.14	1.54	6	1700	1752	596	15	34	
337.6-04.2	1.23	-.12	.56	780	531	518	176	80	65	
338.1-08.3	.78	.87	1.42	1266	418	42	14	7	9	
338.8+05.6	.75	.49	1.24	1215	602	147	50	15	20	
340.4-14.1	.88	1.00	1.39	375	365	27	9	7	8	
341.5-09.1	.77	1.50	1.86	1042	384	9	3	2.3	3	
342.1+27.5	.63	.96	1.79	1414	303	25	9	1.9	3	EF:
342.5-14.3	.67	.50	1.54	69	348	83	28	4	6	
342.7+00.7	.99	-.55	.28	758	1263	3374	1148	329	334	
342.8-06.6	.60	1.08	1.68	1308	384	24	8	3	5	
342.9-02.0	.36	1.26	1.31	1096	997	41	14	13	36	
342.9-04.9	.88	-.29	.41	1561	531	775	264	96	109	
343.6+03.7	1.55	-.17	.53	163	524	575	196	93	60	
343.9+00.8	.50	.25	1.22	1532	8640	3663	1246	172	347	
344.2+04.7	.60	.53	1.93	402	680	150	51	3	5	
344.2-01.2	.88	-.33	.54	845	1560	2467	839	209	237	
344.8+03.4	.73	.16	.63	97	436	224	76	43	59	
345.0+04.3	.25	.35	1.55	0	886	297	101	5	20	EF:
345.0+03.4	.50	.55	1.64	1551	649	136	46	5	10	EF:
345.0-04.9	.47	.56	1.86	573	322	66	22	1.4	3	
345.2-01.2	.55	.15	1.17	969	1488	794	270	36	65	
345.2-08.8	.75	.29	1.70	104	351	135	46	3	4	
345.6+06.7	.56	-.29	.76	1563	981	1432	487	61	108	
345.9+03.0	.96	-.04	.72	1599	1253	1030	350	115	126	
346.0+08.5	.50	.88	2.15	365	1277	127	43	3	6	
346.2-08.2	2.22	1.02	1.20	1033	460	33	11	20	9	
346.3-06.8	.60	.42	1.23	1626	410	115	39	9	15	
347.4+05.8	.57	.68	1.78	2082	1322	204	69	8	14	OIII
347.7+02.0	.53	.64	1.54	2163	2265	385	131	23	43	EF:
348.4-04.1	.63	.08	1.04	1526	1025	635	216	36	57	
348.8-09.0	.73	.90	1.85	453	370	35	12	2.2	3	
349.3-01.1	1.14	.42	.98	1008	588	190	34	33	29	
349.5+01.0	.65	-.52	.64	1354	704	1758	598	64	99	
349.8+04.4	.59	.42	1.37	792	813	232	79	13	22	
350.5-05.0	1.03	-.30	.60	493	741	1095	372	94	91	
350.8-02.4	.49	.36	1.44	386	1441	467	159	17	35	
350.9+04.4	.56	.26	1.64	68	617	252	86	5	9	
351.1+04.8	.36	.39	1.67	546	702	214	73	4	11	
351.2+05.2	.71	-.16	1.22	26	685	733	249	17	24	
351.6-06.2	.85	-.04	.91	975	392	323	110	22	26	

351.9-01.9	.66	.51	1.43	1259	1829	419	143	27	41	
352.0-04.6	.58	-.43	.68	1320	1015	2021	687	78	135	
352.1+05.1	.84	.07	1.12	957	607	384	131	21	25	
352.6+03.0	.56	-.07	1.19	1075	2722	2384	811	63	113	
352.6+00.1	.50	.68	1.61	1866	12e4	1954	665	103	206	DEF:
352.8-00.2	.68	.43	1.49	1575	3581	984	335	47	69	D:
353.2-05.2	1.17	-.33	.54	485	576	928	316	90	77	
353.3+06.3	.60	.65	1.81	693	511	86	29	3	5	
353.5-04.9	.42	.27	1.39	1350	415	165	56	5	12	
353.7+06.3	.94	.23	.93	209	580	252	86	33	35	
354.2+04.3	.63	-.04	1.17	147	1026	848	288	27	43	
354.4-07.8	1.17	.08	.90	1104	401	250	85	27	23	
354.5+03.3	.00	.32	1.65	2005	2318	821	279	52		E:
354.9+03.5	.80	-.01	1.00	249	1878	1439	489	84	105	
355.1-02.9	.50	.62	1.64	1948	921	164	56	7	14	
355.1-06.9	.50	.40	1.53	1563	308	92	31	3	6	OIII
355.2-02.5	.53	.39	1.58	1167	871	263	89	8	15	
355.4-02.4	.60	-.14	1.01	1065	1166	1196	407	43	72	
355.4-04.0	.95	.34	1.06	1400	427	144	49	18	19	
355.7-03.0	.63	.36	1.24	1038	986	320	109	22	35	
355.7-03.5	.47	.58	2.23	582	741	144	49	1.4	3	
355.9+03.6	.00	.52	2.50	274	957	214	73		3	
355.9+02.7	.50	-.03	.87	1403	3433	2776	944	155	309	
355.9-04.2	.56	-.15	1.38	153	602	631	215	9	16	
356.1-03.3	1.05	-.40	.39	521	609	1154	393	126	120	
356.2-04.4	.43	.81	1.68	1626	481	56	19	3	7	OIII
356.3-06.2	.89	-.32	.41	491	395	617	210	72	81	
356.5+05.1	1.65	.12	.96	430	754	431	147	51	31	EF:
356.5+01.5	.00	.41	1.46	412	2239	646	220		78	F:
356.5-02.3	.55	.04	1.01	0	1380	929	316	48	87	
356.5-03.6	.67	.09	.85	816	1459	887	302	83	123	
356.5-03.9	.54	.13	1.20	17	909	502	171	20	37	
356.6-07.8	.87	.01	.65	555	373	269	91	39	45	EF:
356.7-04.8	1.00	.98	1.58	868	452	35	12	6	6	
356.7-06.4	.88	.02	.32	404	282	201	68	63	72	
356.8+03.3	.33	-.17	1.17	47	1307	1458	496	22	67	
356.8-05.4	.98	.20	.71	639	425	198	67	41	42	
356.9+04.5	.70	.24	1.16	1907	659	283	96	19	27	
356.9+04.4	.50	.19	1.25	1939	1239	598	203	23	46	
356.9-05.8	.80	.77	1.52	422	887	113	38	12	15	
357.0+02.4	.90	.13	1.09	1186	1909	1045	355	74	82	
357.1+03.6	.43	.64	1.96	522	915	156	53	3	7	
357.1+01.9	1.19	-.34	.43	502	1313	2123	722	262	221	
357.1-04.7	.50	.07	1.33	0	708	453	154	11	22	
357.1-06.1	.95	-.37	.51	1040	469	826	281	70	74	
357.2+02.0	.56	.45	1.24	2081	1996	529	180	41	73	
357.2-04.5	.67	1.06	1.73	1261	538	35	12	4	6	
357.3+03.3	.55	.05	1.05	0	1155	765	260	37	67	
357.4-03.2	.59	-.01	.98	1095	869	668	227	34	58	
357.4-03.5	.55	.51	1.65	468	762	174	59	6	11	
357.4-04.6	.68	.04	.92	878	580	391	133	28	41	
357.5+03.2	.85	-.18	.54	1153	779	876	298	104	123	
357.5+03.1	.83	.32	.83	0	880	317	108	59	71	

357.6+02.6	.34	-.01	1.32	1139	1967	1518	516	24	71	
357.6+01.7	.51	.41	1.17	1286	1592	463	157	36	71	
357.6-03.3	.96	.08	.81	104	1015	628	214	77	80	EF:
357.9-05.1	.87	-.36	.53	911	840	1442	490	116	134	
358.0-05.1	1.14	-.64	.31	1016	415	1340	456	108	95	
358.2+04.2	.72	.18	1.22	596	1431	710	241	36	50	
358.2+03.6	.61	.53	1.52	1928	957	209	71	11	18	
358.2+03.5	.78	.96	1.97	1717	1483	120	41	7	9	EF:
358.3+03.0	.34	.46	1.70	2337	1943	503	171	10	29	E:
358.3+01.2	.54	-.12	.94	2616	12e4	11879	4040	484	889	
358.3-21.6	.67	.67	1.51	1390	324	52	18	4	6	D:
358.5+05.4	1.16	.51	1.14	2203	3154	724	246	122	105	
358.5-04.2	.50	.65	1.87	540	896	149	51	4	8	
358.5-07.3	1.25	-.03	1.07	1118	320	257	87	15	12	
358.6+01.8	.00	.48	1.25	2700	3680	902	307		207	
358.6-05.5	1.10	-.08	.63	740	599	541	184	74	67	EF:
358.7+05.2	.55	-.01	1.04	0	1873	1433	487	61	110	
358.7-05.2	.58	.48	1.38	1763	451	112	38	7	12	
358.8+03.0	.75	.13	.98	1430	1282	706	240	57	76	
358.9+03.4	.84	-.05	1.35	449	2028	1691	575	41	49	
358.9+03.2	.51	.05	1.17	1268	1486	979	333	34	67	
358.9-00.7	.38	.18	1.87	55	823	403	137	3	8	
358.9-03.7	.84	-.18	.98	99	1027	1159	394	49	58	
359.0-04.1	1.11	-.48	.39	477	472	1074	365	102	92	
359.0-04.8	1.12	-.30	.41	849	571	855	291	116	104	
359.1-01.7	.57	-.13	.83	1627	1214	1232	419	65	115	
359.1-02.3	.78	.66	1.51	806	1043	172	59	14	18	D:
359.1-02.9	1.11	-.36	.67	485	1087	1871	636	123	111	
359.2+04.7	.43	.18	1.04	0	1276	628	214	35	81	
359.3+01.4	.72	-.13	1.00	526	2011	2025	689	84	116	EF:
359.3-00.9	.53	-.22	1.40	2089	1221	1496	509	17	32	
359.3-01.8	.70	.01	1.00	0	3208	2356	801	133	190	
359.3-03.1	.45	.17	1.42	82	1528	773	263	18	40	
359.4+02.3	.50	.02	.84	0	4365	3132	1065	211	422	
359.6-04.8	.61	.99	1.00	491	524	40	14	20	33	E:
359.7-01.8	.93	.98	1.50	1715	1761	139	47	27	29	
359.7-02.6	.47	.64	1.76	1124	1603	275	94	9	19	
359.7-04.4	2.41	.16	1.03	542	625	326	111	41	17	
359.8+06.9	1.04	-.23	.70	1217	1056	1344	457	107	103	
359.8+05.6	.50	.07	1.08	0	682	434	148	19	38	
359.8+02.4	1.00	-.16	1.48	0	3909	4208	1431	64	64	EF:
359.9-04.5	.51	.16	1.31	1070	1147	596	203	19	37	

ANEXO 2

MACRO "pruegraf"

```
g0 1 # Grafica
  erase
  expand 1
  angle 0
  data $1
  lines 5 0
  read PNG 1
  read { S2 2 HaN2 3 HaS2 4 O3 5 Ha 6 }
  #PNG de cada nebulosa
  #6717/6730
  #log(Ha/[NII])
  #log(Ha/[SII])
  # [O III]5007
  # H alpha
  #
g1 # Grafica 1
  erase
  #
  limits -0.6 2.5 -1.2 1.2
  window 1 1 1 1
  ###ctype yellow
  ctype blue
  box
  ctype red
  xlabel \rm log I(H\alpha)/I([SII])
  ylabel \rm log I(H\alpha)/I([NII])
  ###ctype white
  ctype red
  ptype 10 3
  define last dimen(HaS2)
  do i=0,$last-1 {
    define x (HaS2[$i])
    define y (HaN2[$i])
    if($x != 0 && $y != 0) {
      relocate $x $y
      dot
    }
  }
  #
  ctype blue
  data h2
  read { hx 1 hy 2 }
  connect hx hy
  relocate 0.65 0.48
  label \rm H II
  #
```

```

data snr
read { wx 1 wy 2 }
connect wx wy
relocate -0.155 -0.12
label \rm SNRs
#
data pn1
read { plx 1 ply 2 }
set plxx=0.1, 1.3, 0.2
spline plx ply plxx p1yy
connect plxx plyy
#
data pn2
read { p2x 1 p2y 2 }
set p2xx=0.1, 2.2, 0.1
spline p2x p2y p2xx p2yy
connect p2xx p2yy
#
relocate 0.6 -0.9
label \rm larger
relocate 1.4 -0.3
label \rm PNe
relocate 2.08 0.41
label \rm smaller
#
ptype 3 3
relocate 0.78 -0.8
draw 1.39 -0.35
relocate 1.58 -0.2
draw 2.23 0.35
#
relocate 0.78 -0.8
draw 0.85 -0.79
relocate 0.78 -0.8
draw 0.79 -0.75
relocate 2.23 0.35
draw 2.16 0.34
relocate 2.23 0.35
draw 2.22 0.30
#
#
g2 # Grafica 2
erase
#
location 3500 29000 3500 31000
limits -0.6 3 0.3 2
#window 1 1 1 1
###ctype yellow
ctype blue
box 1 2 0 3
relocate 2.94 1.425
draw 3 1.425
relocate 2.94 1.340

```

```

draw 3 1.340
relocate 2.94 1.220
draw 3 1.220
relocate 2.94 0.925
draw 3 0.925
relocate 2.94 0.640
draw 3 0.640
relocate 2.94 0.480
draw 3 0.480
relocate (29300 21600)
label \ti\bf 1.0
relocate (29300 20100)
label \ti\bf 2.0
relocate (29300 18230)
label \ti\bf 2.5
relocate (29300 13520)
label \ti\bf 3.0
relocate (29300 8800)
label \ti\bf 3.5
relocate (29300 6300)
label \ti\bf 4.0
ctype red
xlabel \rm log I(H\alpha)/I([SII])
ylabel \rm I(6717)/I(6731)
angle 90
relocate (32000 13500)
label \rm log[Ne(10^{4}K/Te)^{1/2}]
angle 0
###ctype white
ctype red
ptype 10 3
define last dimen(Has2)
do i=0,$last-1 {
    define x (Has2[$i])
    define y (S2[$i])
    if($x != 0 && $y != 0) {
        relocate $x $y
        dot
    }
}
#
ctype blue
data h22
read { hax 1 hay 2 }
connect hax hay
relocate 0.62 1.27
label \rm H II
#
data snr2
read { rx 1 ry 2}
connect rx ry
relocate -0.14 0.8
label \rm SNRs

```

```

#
data pnz1
read { pzx 1 pzy 2 }
set pzxx=0.95, 2.8, 0.05
spline pzx pzy pzxx pzyy
connect pzxx pzyy
#
data pns1
read { psx 1 psy 2 }
set psxx=-0.2, 2.8, 0.1
spline psx psy psxx psyy
connect psxx psyy
#
relocate -0.3 1.55
label \rm larger
relocate 1.2 0.95
label \rm PNe
relocate 2.43 0.6
label \rm smaller

#
###ctype green
ctype blue
ltype 2
relocate -0.60 1.40
draw 3.0 1.40
relocate -0.60 0.45
draw 3.0 0.45
ltype 0
#
#
g3 # Grafica 3 .
erase
#
location 3500 29000 3500 31000
limits -1.4 1.8 0.3 2
#window 1 1 1 1
###ctype yellow
ctype blue
box 1 2 0 3
relocate 1.74 1.425
draw 1.8 1.425
relocate 1.74 1.340
draw 1.8 1.340
relocate 1.74 1.220
draw 1.8 1.220
relocate 1.74 0.925
draw 1.8 0.925
relocate 1.74 0.640
draw 1.8 0.640
relocate 1.74 0.480
draw 1.8 0.480
relocate (29300 21600)

```

```

label \ti\bf 1.0
relocate (29300 20100)
label \ti\bf 2.0
relocate (29300 18230)
label \ti\bf 2.5
relocate (29300 13520)
label \ti\bf 3.0
relocate (29300 8800)
label \ti\bf 3.5
relocate (29300 6300)
label \ti\bf 4.0
ctype red
xlabel \rm log I(H\alpha)/I([NII])
ylabel \rm I(6717)/I(6731)
angle 90
relocate (32000 13500)
label \rm log[Ne(10^{4}K/Te)^{1/2}]
angle 0
###ctype white
ctype red
ptype 10 3
define last dimen(HaN2)
do i=0,$last-1 {
  define x (HaN2[$i])
  define y (S2[$i])
  if($x != 0 && $y != 0) {
    relocate $x $y
    dot
  }
}
#
ctype blue
data h23
read { hbx 1 hby 2 }
connect hbx hby
relocate 0.43 1.23
label \rm H II
#
data snr3
read { rbx 1 rby 2 }
set rbxx=-0.45, 0.4, 0.05
spline rbx rby rbxx rbyy
connect rbxx rbyy
#
data snr4
read { rcx 1 rcy 2 }
set rcxx=-0.18, 0.4, 0.02
spline rcx rcy rcxx rcyy
connect rcxx rcyy
#
data snr5
read { rdx 1 rdy 2 }
connect rdx rdy

```

```

#
relocate -0.28 0.9
label \rm SNRs
#
data pn3b
read { pbx 1 pby 2 }
set pbxx=-0.8, 1.6, 0.1
spline pbx pby pbxx pbyy
connect pbxx pbyy
#
data pn3a
read { pax 1 pay 2 }
set paxx=-1.4, 1, 0.1
spline pax pay paxx payy
connect paxx payy
#
relocate -0.9 1.32
label \rm larger
relocate 0.27 0.86
label \rm PNe
relocate 1.23 0.39
label \rm smaller
#
###ctype green
ctype blue
ltype 2
relocate -1.40 1.40
draw 1.80 1.40
relocate -1.40 0.45
draw 1.80 0.45
ltype 0
#
#
g4 # Grafica 4
erase
#
limits -0.6 2.5 -1.2 1.2
window 1 1 1 1
###ctype yellow
ctype blue
box
ctype red
xlabel \rm log I(H\alpha)/I([SII])
ylabel \rm log I(H\alpha)/I([NII])
###ctype white
ctype red
ptype 10 3
define last dimen(HaS2)
do i=0,$last-1 {
  define x (HaS2[$i])
  define y (HaN2[$i])
  if($x != 0 && $y != 0) {
    relocate $x $y
  }
}

```

```

        dot
    }
}
#
ctype blue
data h2
read { hx 1 hy 2 }
connect hx hy
relocate 0.65 0.48
label \rm H II
#
data snr
read { wx 1 wy 2 }
connect wx wy
relocate -0.155 -0.12
label \rm SNRs
#
data pn1
read { p1x 1 p1y 2 }
set p1xx=0.1, 1.3, 0.2
spline p1x p1y p1xx p1yy
connect p1xx p1yy
#
data pn2
read { p2x 1 p2y 2 }
set p2xx=0.1, 2.2, 0.1
spline p2x p2y p2xx p2yy
connect p2xx p2yy
#
relocate -0.2 -0.75
label \rm larger
relocate 0.83 0
label \rm PNe
relocate 1.5 0.67
label \rm smaller
#
ptype 3 3
relocate 0.05 -0.65
draw 0.8 -0.1
relocate 1 0.1
draw 1.6 0.6
#
relocate 0.05 -0.65
draw 0.12 -0.64
relocate 0.05 -0.65
draw 0.06 -0.6
relocate 1.6 0.6
draw 1.53 0.59
relocate 1.6 0.6
draw 1.59 0.54
#
#

```

ANEXO 3

MACRO "pruegraf2"

```
g0 1 # Grafica 1

erase
expand 1
angle 0
data $1
lines 5 0
read PNG 1
read { S2 2 HaN2 3 HaS2 4 O3 5 Ha 6 }
#PNG de cada nebulosa
#6717/6730
#log(Ha/[NII])
#log(Ha/[SII])
# [O III]5007
# H alpha
#
g1 # Grafica 1
erase
#
limits -0.6 2.5 -1.2 1.2
window 1 1 1 1
###ctype yellow
ctype blue
box
ctype red
xlabel \rm log I(H\alpha)/I([SII])
ylabel \rm log I(H\alpha)/I([NII])
###ctype white
ctype red
ptype 10 3
define last dimen(HaS2)
do i=0,$last-1 {
    define x (HaS2[$i])
    define y (HaN2[$i])
    if($x != 0 && $y != 0) {
        relocate $x $y
        dot
    }
}
#
ctype blue
data h2
read { hx 1 hy 2 }
connect hx hy
relocate 0.65 0.48
label \rm H II
```

```

#
data snr
read { wx 1 wy 2 }
connect wx wy
relocate -0.155 -0.12
label \rm SNRs
#
data pn1correctin
read { plx 1 ply 2 }
set plxx=-0.2, 1.3, 0.2
spline plx ply plxx p1yy
connect plxx p1yy
#
data pn2correctin
read { p2x 1 p2y 2 }
set p2xx=0.1, 2.2, 0.1
spline p2x p2y p2xx p2yy
connect p2xx p2yy
#
relocate 0.7 -0.9
label \rm larger
relocate 1.42 -0.4
label \rm PNe
relocate 2.02 0.13
label \rm smaller
#
ptype 3 3
relocate 0.88 -0.82
draw 1.38 -0.46
relocate 1.6 -0.3
draw 2.1 0.075
#
relocate 0.88 -0.82
draw 0.95 -0.81
relocate 0.88 -0.82
draw 0.89 -0.77
relocate 2.1 0.075
draw 2.03 0.065
relocate 2.1 0.075
draw 2.09 0.025
#
#
g2 # Grafica 2
erase
#
location 3500 29000 3500 31000
limits -0.6 3 0.3 2
#window 1 1 1 1
###ctype yellow
ctype blue
box 1 2 0 3
relocate 2.94 1.425
draw 3 1.425

```

```

relocate 2.94 1.340
draw 3 1.340
relocate 2.94 1.220
draw 3 1.220
relocate 2.94 0.925
draw 3 0.925
relocate 2.94 0.640
draw 3 0.640
relocate 2.94 0.480
draw 3 0.480
relocate (29300 21600)
label \ti\bf 1.0
relocate (29300 20100)
label \ti\bf 2.0
relocate (29300 18230)
label \ti\bf 2.5
relocate (29300 13520)
label \ti\bf 3.0
relocate (29300 8800)
label \ti\bf 3.5
relocate (29300 6300)
label \ti\bf 4.0
ctype red
xlabel \rm log I(H\alpha)/I([SII])
ylabel \rm I(6717)/I(6731)
angle 90
relocate (32000 13500)
label \rm log[Ne(10^{4}K/Te)^{1/2}]
angle 0
###ctype white
ctype red
ptype 10 3
define last dimen(Ha2)
do i=0,$last-1 {
  define x (Ha2[$i])
  define y (S2[$i])
  if($x != 0 && $y != 0) {
    relocate $x $y
    dot
  }
}
#
ctype blue
data h22
read { hax 1 hay 2 }
connect hax hay
relocate 0.62 1.27
label \rm H II
#
data snr2
read { rx 1 ry 2}
connect rx ry
relocate -0.14 0.8

```

```

label \rm SNRs
#
data pn1g2
read { pz 1 pzy 2 }
set pzxx=0.5, 2.6, 0.05
spline pz 1 pzy 2 pzxx pzyy
connect pzxx pzyy
#
data pn2g2
read { psx 1 psy 2 }
set psxx=-0.4, 1.4, 0.1
spline psx 1 psy 2 psxx psyy
connect psxx psyy
#
relocate -0.33 1.535
label \rm larger
relocate 1.06 0.76
label \rm PNe
relocate 2.07 0.41
label \rm smaller

#
###ctype green
ctype blue
ltype 2
relocate -0.60 1.40
draw 3.0 1.40
relocate -0.60 0.45
draw 3.0 0.45
ltype 0
#
#
g3 # Grafica 3
erase
#
location 3500 29000 3500 31000
limits -1.4 1.8 0.3 2
#window 1 1 1 1
###ctype yellow
ctype blue
box 1 2 0 3
relocate 1.74 1.425
draw 1.8 1.425
relocate 1.74 1.340
draw 1.8 1.340
relocate 1.74 1.220
draw 1.8 1.220
relocate 1.74 0.925
draw 1.8 0.925
relocate 1.74 0.640
draw 1.8 0.640
relocate 1.74 0.480
draw 1.8 0.480

```

```

relocate (29300 21600)
label \ti\bf 1.0
relocate (29300 20100)
label \ti\bf 2.0
relocate (29300 18230)
label \ti\bf 2.5
relocate (29300 13520)
label \ti\bf 3.0
relocate (29300 8800)
label \ti\bf 3.5
relocate (29300 6300)
label \ti\bf 4.0
ctype red
xlabel \rm log I(H\alpha)/I([NII])
ylabel \rm I(6717)/I(6731)
angle 90
relocate (32000 13500)
label \rm log[Ne(10^{4}K/Te)^{1/2}]
angle 0
###ctype white
ctype red
ptype 10 3
define last dimen(HaN2)
do i=0,$last-1 {
  define x (HaN2[$i])
  define y (S2[$i])
  if($x != 0 && $y != 0) {
    relocate $x $y
    dot
  }
}
#
ctype blue
data h23
read { hbx 1 hby 2 }
connect hbx hby
relocate 0.43 1.23
label \rm H II
#
data snr3
read { rbx 1 rby 2 }
set rbxx=-0.45, 0.4, 0.05
spline rbx rby rbxx rbyy
connect rbxx rbyy
#
data snr4
read { rcx 1 rcy 2 }
set rcxx=-0.18, 0.4, 0.02
spline rcx rcy rcxx rcyy
connect rcxx rcyy
#
data snr5
read { rdx 1 rdy 2 }

```

```

connect rdx rdy
#
relocate -0.32 0.8
label \rm SNRs
#
data pn1g3
read { pbx 1 pby 2 }
set pbxx=-0.6, 1.6, 0.1
spline pbx pby pbxx pbyy
#
data pn2g3
read { pax 1 pay 2 }
set paxx=-1.0, 0.6, 0.1
spline pax pay paxx payy
connect paxx payy
connect pbxx pbyy
#
relocate -0.9 1.32
label \rm larger
relocate 0.25 0.86
label \rm PNe
relocate 1.23 0.39
label \rm smaller
#
###ctype green
ctype blue
ltype 2
relocate -1.40 1.40
draw 1.80 1.40
relocate -1.40 0.45
draw 1.80 0.45
ltype 0
#
#
g4 # Grafica 4
erase
#
limits -0.6 2.5 -1.2 1.2
window 1 1 1 1
###ctype yellow
ctype blue
box
ctype red
xlabel \rm log I(H\alpha)/I([SII])
ylabel \rm log I(H\alpha)/I([NII])
###ctype white
ctype red
ptype 10 3
define last dimen(HaS2)
do i=0,$last-1 {
  define x (HaS2[$i])
  define y (HaN2[$i])
  if($x != 0 && $y != 0) {

```

```

        relocate $x $y
        dot
    )
}
#
ctype blue
data h2
read { hx 1 hy 2 }
connect hx hy
relocate 0.65 0.48
label \rm H II
#
data snr
read { wx 1 wy 2 }
connect wx wy
relocate -0.155 -0.12
label \rm SNRs
#
data pn1correctin
read { plx 1 ply 2 }
set plxx=-0.2, 1.3, 0.2
spline plx ply plxx plyy
connect plxx plyy
#
data pn2correctin
read { p2x 1 p2y 2 }
set p2xx=0.1, 2.2, 0.1
spline p2x p2y p2xx p2yy
connect p2xx p2yy
#
relocate -0.22 -0.92
label \rm larger
relocate 0.82 -0.15
label \rm PNe
relocate 1.5 0.6
label \rm smaller
#
ptype 3 3
relocate 0.02 -0.85
draw 0.8 -0.27
relocate 1.05 0
draw 1.6 0.5
#
relocate 0.02 -0.85
draw 0.09 -0.84
relocate 0.02 -0.85
draw 0.03 -0.80
relocate 1.6 0.5
draw 1.53 0.49
relocate 1.6 0.5
draw 1.59 0.45
#
#

```

ANEXO 4

SUBMUESTRA

Lista de objetos para los cuales $\text{Log}(\text{Ha}/\text{S2}) < 0.4$

PNG	S2	(HaN2)	(HaS2)	B	C	D	E	F	COMENT	
				5007	Ha	6584	6548	6717	6731	
001.0+01.9	.46	-.61	.12	43	100	305	104	24	52	BEF:
002.4-03.2	1.44	-.29	.32	511	485	701	238	137	95	
002.5-01.7	.82	-.46	.31	278	492	1068	363	109	133	
002.8+01.8	1.19	-.22	.33	1297	2293	2815	957	580	486	D:
004.5+06.8	.41	-.46	.04	295	1617	3494	1188	424	1036	
005.9-02.6	.35	-.39	.14	0	100	185	63	19	54	Hà=100
006.0+03.1	1.07	-.69	.31	1050	965	3494	1188	246	230	
011.1+07.0	.85	-.98	-.04	1678	649	4656	1584	325	383	
013.8-02.8	1.00	-.89	.20	393	650	3780	1286	207	207	
014.9+06.4	.94	-.20	.36	724	868	1016	346	184	196	
022.5+01.0	.95	-.52	.23	637	1263	3130	1065	363	384	
026.6-01.5	1.13	-.59	.15	1430	507	1482	504	190	168	
031.3-00.5	1.14	-.81	.22	57	100	486	165	32	28	Hà=100
031.9-00.3	.97	-.92	.20	58	100	618	210	31	32	Hà=100
048.7-01.5	.00	-.31	-.22	0	237	363	123		391	F=6720
053.3+03.0	1.83	-.47	.31	62	100	220	75	33	18	Hà=100
060.3-07.3	1.64	-.36	.38	185	265	454	154	69	42	EF:
066.9+02.2	.88	-.82	.21	54	100	494	168	29	33	BEF:
068.8-00.0	.77	-.58	.30	762	675	1929	656	147	192	
069.2+03.8	.00	-.93	.07	446	500	3200	1088	423		C:
084.2+01.0	1.48	-.98	.05	1400	800	5700	1939	425	288	
102.9-02.3	.95	-.81	-.21	293	100	480	163	79	83	Hà=100
112.5-00.1	1.31	-.55	.36	315	493	1315	447	122	93	CD:
119.3+00.3	.98	-.66	.21	674	667	2267	771	205	210	C:
120.0+09.8	.00	-.06	.05	0	287	246	84		253	
129.5+04.5	.63	-.32	.31	355	308	482	164	58	92	EF:
136.1+04.9	.00	-.09	.24	250	100	92	31		58	CDF:
201.9-04.6	.00	-.69	-.10	0	100	363	123	125		Hà=100
250.3+00.1	1.17	-.14	.30	91	100	102	35	27	23	Hà=100
255.7+03.3	1.52	-.10	.29	155	331	310	105	102	67	
260.7-03.3	1.06	-.79	-.08	80	338	1551	528	211	200	
264.4-03.6	1.51	-.23	-.16	192	100	127	43	86	57	Hà=100
277.1-03.8	1.12	-.73	.26	759	340	1354	461	100	89	
277.7-03.5	1.69	-.46	.32	444	402	866	295	122	72	
278.5-04.5	1.06	-.80	.29	1216	865	4041	1374	227	214	
283.9-01.8	1.08	-.57	.28	1010	1248	3465	1179	341	317	
290.1-00.4	1.15	-.90	.36	1353	1017	6083	2069	237	206	
293.6+01.2	1.01	-.89	.21	1303	705	4043	1375	216	214	

302.6-00.9	1.17	-.73	.37	1437	1123	4455	1515	258	220	
309.2+01.3	.97	-.51	.36	950	1360	3290	1119	290	300	
311.0+02.4	1.05	-.77	.08	95	100	439	149	43	41	Hà=100
315.0-00.3	.92	-.84	.35	1498	986	5114	1739	213	231	
316.3-01.3	1.43	-.42	.29	63	100	196	67	30	21	Hà=100
318.3-02.5	1.17	-.45	.26	490	620	1314	447	183	157	
321.8+01.9	1.06	-.50	.35	710	621	1471	500	144	136	
332.9-09.9	1.89	-.45	.13	0	571	1197	407	274	145	
342.7+00.7	.99	-.55	.28	758	1263	3374	1148	329	334	
356.1-03.3	1.05	-.40	.39	521	609	1154	393	126	120	
356.7-06.4	.88	.02	.32	404	282	201	68	63	72	
358.0-05.1	1.14	-.64	.31	1016	415	1340	456	108	95	
359.0-04.1	1.11	-.48	.39	477	472	1074	365	102	92	