

Universidad de Guanajuato  
Departamento de Astronomía



“ESTRELLAS TIPO OH/IR OBSERVADAS  
POR MEDIO DE INTERFEROMETRÍA INFRARROJA”

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

DOCTOR EN CIENCIAS (ASTROFÍSICA)

presenta:

Alma Emilia Ruiz Velasco Araiza

Directores: Dr. Klaus-Peter Schröder (DA, Universidad de Guanajuato)  
y Dr. Markus Wittkowski (European Southern Observatory).

Mayo 2012



Copyright © 2012 Alma Emilia Ruiz Velasco Araiza

Todos los derechos reservados



*Vous regardez une étoile pour deux motifs, parce qu'elle est lumineuse et parce qu'elle est impénétrable. Vous avez auprès de vous un plus doux rayonnement et un plus grand mystère, la femme.*

Victor Hugo



## RESUMEN

En esta tesis se presenta una investigación sobre tres estrellas tipo OH/IR identificadas como IRAS 13479–5436, IRAS 14086–6907 e IRAS 17020–5254. Las estrellas OH/IR se encuentran en una etapa de evolución avanzada correspondiente a la rama asintótica de las gigantes rojas, o AGB (por sus siglas en inglés). Estas estrellas presentan una alta pérdida de masa y como consecuencia se encuentran oscurecidas por el polvo que se forma a su alrededor. Se caracterizan, como su nombre lo indica, por su mayor emisión en el infrarrojo y la presencia de máseres de OH, principalmente en la línea de 1612 MHz. Para su estudio se utilizaron los instrumentos AMBER y MIDI del *Very Large Telescope Interferometer* (VLTI) de la ESO que se encuentra en Cerro Paranal, en el norte de Chile. Con AMBER se obtuvieron observaciones en las bandas del infrarrojo cercano *H* y *K* (de 1.6 a 2.6  $\mu\text{m}$ ) y sobre los datos obtenidos se utilizó un modelo de dos componentes co-axiales para obtener los tamaños angulares característicos de la estrella central y la envoltura de polvo, así como las razones de flujo entre estas componentes. Así pues, las tres estrellas presentan diferencias significativas en la contribución del flujo proveniente de la envoltura con respecto al flujo total que van de 61%, 38%, y 16% para IRAS 13479–5436, IRAS 14086–6907, e IRAS 17020–5254, respectivamente. Con los datos de MIDI en la banda *N* del infrarrojo mediano (de 8 a 13  $\mu\text{m}$ ), que son más sensibles a la emisión térmica del polvo circundante, se obtuvieron los tamaños de la envoltura en su parte más extendida. Gracias a la alta resolución espacial del *VLTI* se pudieron medir tamaños angulares que van desde los 0.003 segundos de arco para el diámetro de la fotosfera de las estrellas, y hasta más de 0.040 segundos de arco para el diámetro de las envolturas de polvo. Las observaciones también sugieren la presencia de moléculas como  $\text{H}_2\text{O}$  y  $\text{CO}$  en la atmósfera de estas estrellas, lo que indica que en estrellas AGB de distintas características (edades, masa, etc.) se pueden encontrar capas envolventes de tipo molecular. De acuerdo con las distancias a estas estrellas tomadas de la literatura, los componentes centrales tendrían diámetros de entre  $1700R_\odot$  y  $2800R_\odot$ , mientras que las envolturas de polvo alcanzan entre  $15\,000R_\odot$  y  $24\,000R_\odot$  de diámetro en el infrarrojo mediano. Una vez obtenidos los tamaños, se utilizó un modelo hidrodinámico de viento inducido por formación de polvo para calcular los radios esperados en estrellas similares a éstas, encontrando valores muy cercanos a los obtenidos en las observaciones. En conclusión, los tamaños característicos derivados de estas observaciones tanto de la atmósfera estelar como de la envoltura de polvo son consistentes con las propiedades canónicas de las estrellas tipo OH/IR. Además, las diferencias en profundidad óptica encontradas en las tres envolturas circunestelares indican que estas estrellas se encuentran en diferentes etapas de *super-viento*, y que las masas iniciales fueron distintas entre ellas.





## ABSTRACT

In this thesis I present an investigation of three OH/IR stars identified as IRAS 13479–5436, IRAS 14086–6907 and IRAS 17020–5254. OH/IR stars are in an advanced evolutionary stage corresponding to the Asymptotic Giant Branch (AGB). These stars present a high mass-loss rate and, as a consequence, they are obscured by the dust formed around them. They are characterized, as indicated by the name, by their large infrared excess and the presence of OH masers, mainly in the 1612 MHz line. For this, I used the AMBER and MIDI instruments at ESO’s *Very Large Telescope Interferometer* (VLTI), located at Cerro Paranal in northern Chile. With AMBER I obtained near-infrared *H*- and *K*-band observations (1.6 to 2.6  $\mu\text{m}$ ) and, based on these, I used a two-component geometrical model to obtain characteristic angular sizes of the central stellar sources and their dust envelopes, as well as the flux ratios between these components. The three stars show significantly different ratios of shell-to-total near-infrared flux of 61%, 38%, and 16% for IRAS 13479–5436, IRAS 14086–6907, and IRAS 17020–5254, respectively. With MIDI I obtained mid-infrared *N*-band observations (8 to 13  $\mu\text{m}$ ). Since these are dominated by the thermal emission of the surrounding dust, they served to obtain the angular sizes of the more extended part of the circumstellar envelopes. Thanks to the high spatial resolution of the VLTI it was possible to measure angular sizes from 0.003 arcseconds for the photosphere diameters up to 0.040 arcseconds for the dusty envelopes. Observations also suggested the presence of molecules such as  $\text{H}_2\text{O}$  and CO in the atmosphere of these stars, indicating that molecular layers can be found in AGB stars of different characteristics (age, mass, etc.). These molecular features resemble those of other AGB stars found in the literature with different stellar parameters. According to distance estimates from the literature, the central stellar components have diameters between  $1700 R_\odot$  and  $2800 R_\odot$ , while their dust envelopes reach values between  $15000 R_\odot$  and up to  $24000 R_\odot$ . Once the sizes were obtained, a hydrodynamical model of a dust-driven wind was used to calculate the expected radii in stars of similar evolutionary stage, finding values very close to the ones obtained with the observations. In conclusion, the derived characteristic sizes of both the central stellar atmospheres and dust envelopes are consistent with the canonical properties of OH/IR stars. Moreover, the different optical depths found for the three circumstellar envelopes indicate these stars are experiencing different stages of the *superwind* and that they had different initial masses.



## AGRADECIMIENTOS

Esta tesis representa no solo el final de un trabajo de investigación sino también el final de un ciclo en el cual mis padres, Eduardo Ruiz Velasco y Emilia Araiza, han sido mi mayor apoyo. A ellos les agradezco todo su amor y confianza, y el que siempre hayan creído en mi. Gracias a mi hermano Lalo, a mi cuñada Paty y a mis sobrinos tan maravillosos: Sara, Andrés, Juan Pablo y Ana María. A todos ustedes, siempre los llevo en mi corazón.

Quiero agradecer a mis asesores: Dr. Markus Wittkowski, Dra. Astrid Wachter, Dr. Klaus-Peter Schröder y Dr. Victor Migenes. A mis sinodales: Dr. Heinz Andernach, Dr. Juan Pablo Torres Papaqui, Dr. Erick Nagel y Dr. Stan Kurtz. Quisiera agradecer también al Dr. Thomas Driebe de la Agencia Espacial Europea por haberme permitido trabajar con sus datos.

A mis compañeros del European Southern Observatory, porque sin ustedes no hubiera podido sobrevivir en las salvajes tierras de Bavaria: Camilla Hansen, Pam Klaassen, Paula Texeira, Michael Williams, Oscar González y Sebastian Daemgen quien además fungió como maestro e intérprete en innumerables ocasiones. Gracias también a Thies Heidecke por tener fé en mi y escuchar pacientemente todas mis frustraciones.

A los que me fueron a visitar a Múnich e hicieron de mi estancia una fiesta: Karla, Gina, Rosy, Cristy, Dan-el, Sebastian, Marco y Liv Bertani-Økland.

A mis compañeros del Departamento de Astronomía de la Universidad de Guanajuato, al ADT: René Ortega Minakata, Santiago Arceo, Daniel Neri Larios y Juan Luis Verbena, quienes además siguieron apoyándome a distancia.

Y a mis amigos de toda la vida, que ya les ha tocado aguantarme en más de una tesis y no dejaron de motivarme para que terminara ésta: Fernanda Manzo, Ía Navarro, Alba Sánchez, Marco Vargas, Vero Guitiérrez, Lola Torres, Araceli Pando, Erika Martínez, Héctor Ruedas y Set Padilla.

