

# ASTROQUÍMICA: ESTUDIO Y DISEÑO DE REDES QUÍMICAS EN LA REGIÓN AFGL 2591

González Rodríguez Alberto Jorge (1); Trinidad Hernández Miguel Ángel (2)

1 [Licenciatura en química, División de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Guanajuato | [ajgonzar92@gmail.com](mailto:ajgonzar92@gmail.com)]

2 [Departamento de astronomía, División de Ciencias Naturales y exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato | [trinidad@astro.ugto.mx](mailto:trinidad@astro.ugto.mx)]

## Resumen

La región AFGL 2591, es una zona de formación de estrellas, un agrupamiento de  $2 \times 10^4 M_{\odot}$  y luminosidad de  $2 \times 10^5 L_{\odot}$ , está compuesta por un conjunto de objetos estelares jóvenes (YSOs), es intensa en señales radiocontinuas e infrarrojo. Su estructura consta de un núcleo caliente rodeado de una envoltura fría y difusa. En este trabajo se recopila las moléculas detectadas en la región así como su clasificación en base a su temperatura y densidad, se ah diseño para cada grupo los distintos caminos a tomar de productos en función de las especies químicas cercanas, tomando como base el catalogo UMIST RATE12. Se muestran 25 moléculas dentro de la tabla 1 acompañado de su ubicación (J2000), el instrumento usado para detectarle y los parámetros (n, T) en su periferia, 13 diagramas de las redes químicas acorde al para un total de 68 reacciones posibles dentro de la zona estudiada. Las reacciones fueron tomadas en base al rango de temperatura permitido y la interacción con moléculas exclusivas de su grupo, se añadieron reacciones con hidrogeno y se omitieron procesos de transferencia de carga.

## Abstract

The AFGL 2591 region, is an area of star formation, is a grouping of  $2 \times 10^4 M_{\odot}$  and  $2 \times 10^5 L_{\odot}$  brightness, is composed of a set of young stellar objects (YSOs). Is intense in source radiocontinuum and infrared signals. Its structure consists of a hot core surrounded by a cold diffuse envelope. In this paper we detect molecules in the region and their classification based on its temperature and density is collected, ah design for each group different ways to make products based on the nearby chemical species, based on the catalog UMIST RATE12. 25 molecules are shown in Table 1 together with its location (J2000), the instrument used to track him and parameters (n, T) at its periphery, 13 diagrams chemical networks according to for a total of 68 possible reactions within of the study area. Reactions were taken based on the permissible temperature range and exclusive interaction with molecules of their group, reactions with hydrogen were added and charge transfer processes were omitted.

## Palabras Clave

AFGL 2591; objetos estelares jóvenes (YSOs); Redes químicas; Parámetros: temperatura, densidad.

## INTRODUCCIÓN

La gran región de formación de estrellas AFGL 2591 (RAFGL 2591, GL 2591) está situada en una distancia de  $\sim 3$  kpc hacia la dirección del complejo Cygnus X.

AFGL 2591 es un agrupamiento de  $2 \times 10^4$   $M_{\odot}$  y luminosidad de  $2 \times 10^5 L_{\odot}$ , está compuesta por un conjunto de objetos estelares jóvenes (YSOs) a distancias de 0.1 pc, donde se detectan varias fuentes radiocontinuas y otras muy activas en el infrarrojo. Su estructura consta de dos capas con condiciones físicas diferentes; un núcleo interno y caliente así como una envoltura exterior fría, es una región químicamente rica en especies tales como  $H_2S$ ,  $OCS$  y  $SO_2$  y moléculas orgánicas complejas como  $H_2CO$ ,  $CH_3OH$  y  $CH_3CN$ .<sup>[1]</sup>

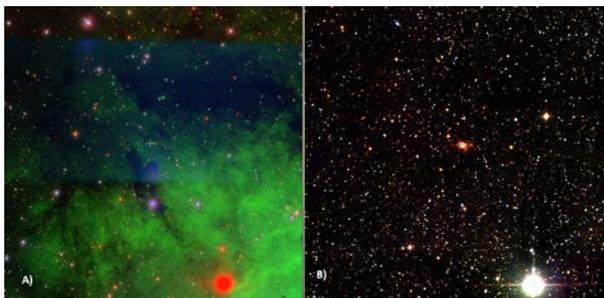


IMAGEN 1: Región AFGL 2591 vista en: a) SDSS, región visible y corrimiento al rojo y b) 2MASS reconocimiento a  $2 \mu m$

Muestra absorción alrededor de  $10 \mu m$  debido a los silicatos y cerca de  $3 \mu m$  debido a los hielos. De todos los YSOs detectados en AFGL 2591 la región VLA 3 se cree es la más joven (edad dinámica de  $\sim 2 \times 10^4$  años) y la mayor fuente masiva en la zona, es muy brillante en el infrarrojo medio y es responsable de la mayoría de la luminosidad IR medida en toda la región, su estructura con núcleo caliente le hace un excelente candidato para encontrar moléculas en la periferia.<sup>[2]</sup>

En este trabajo recopilaremos las moléculas detectadas en la región AFGL 2591, con preferencia en VLA 3 con el fin de generar un mapa de redes químicas que nos permite reconocer y hacer una posible predicción de las nuevas especies químicas que podrían formar en base a las moléculas ya existentes y los parámetros de la región.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar nuestro trabajo se recopiló información de publicaciones acerca de la región AFGL 2591, incorporándose los datos recabados por dichos autores incluyendo el instrumento utilizado para la detección así como las condiciones en la periferia de la observación.

Se agrupó y sintetizó la información, añadiendo un listado de reacciones de formación posibles para nuestras moléculas así como una predicción de las especies químicas futuras, para esto último nos basamos en el catálogo UMIST RATE12.<sup>[3]</sup>

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de los datos recabados se muestra la tabla 1 con las moléculas detectadas así como sus coordenadas y parámetros. Se mostrara de igual manera los caminos de posibles reacciones a seguir en base a sus parámetros.

Las moléculas fueron agrupadas en grupos en base a su magnitud de temperatura y densidad.

En la categoría  $\chi$  tenemos las moléculas que presentan una temperatura baja de  $T \leq 100$  y densidades de  $10^3 - 4 \text{ cm}^{-3}$ . En esta región dominan reacciones en fase gas y existe una amplia variedad de productos. Los elementos de este conjunto son las moléculas:  $CO$ ,  $N_2H^+$ ,  $HCO^+$ ,  $H_2CO$ ,  $C_2H_4$ ,  $NH_3$ ,  $C_2H$ ,  $CN$  y  $HCN$ .

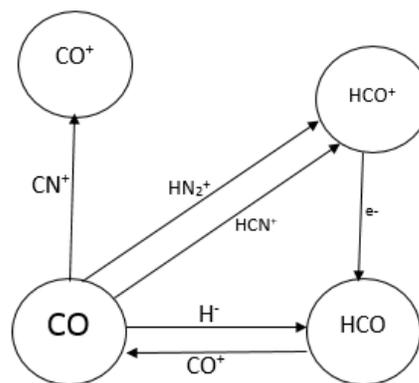


Diagrama 1

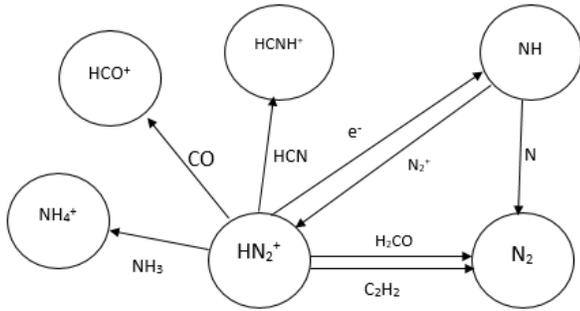


Diagrama 2

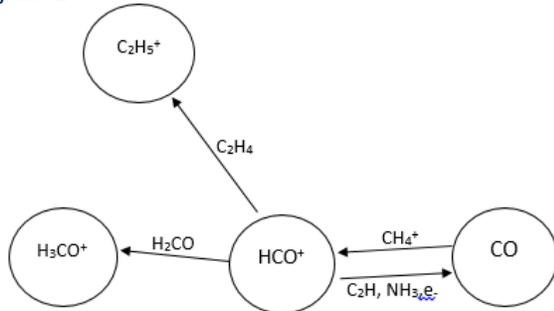


Diagrama 3

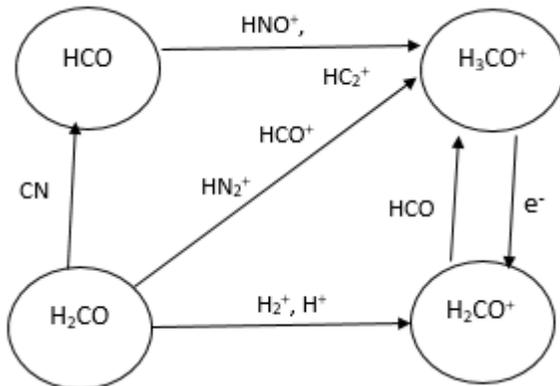


Diagrama 4

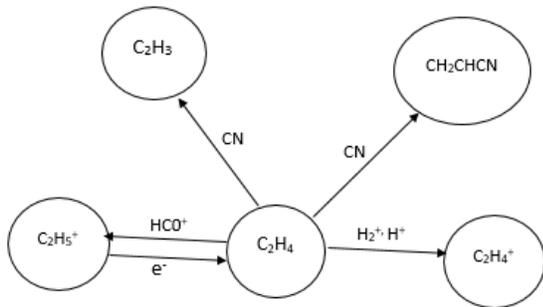


Diagrama 5

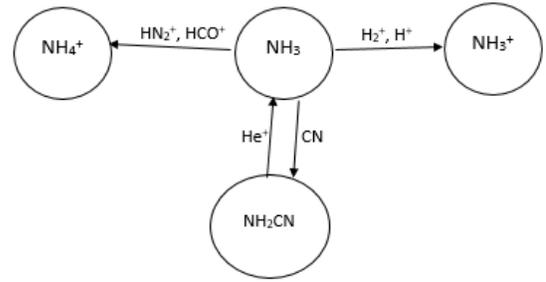


Diagrama 6

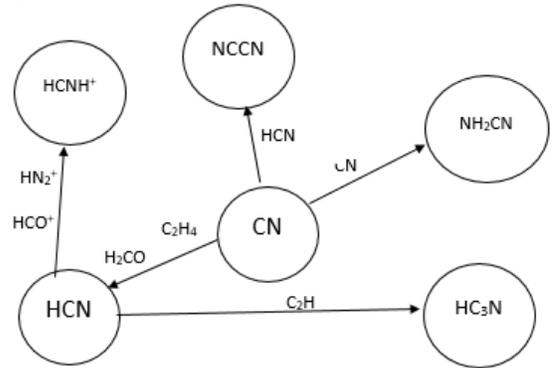


Diagrama 7

### Grupo $\psi$

Dentro de este grupo hemos reunido las moléculas que presentan densidad del orden de  $10^{5-6} \text{ cm}^{-3}$  y cuya temperatura promedio es alrededor de 200 K, en esta región dominan las reacciones en fase gas y entre estas moléculas existe una menor cantidad de reacciones establecidas, dado que requieren condiciones más rigurosas para llevarse a cabo. Los elementos de este conjunto son:  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CS}$ ,  $\text{HC}_3\text{N}$ ,  $\text{OCS}$ ,  $\text{CH}_3\text{OH}$  y  $\text{OH}$ .

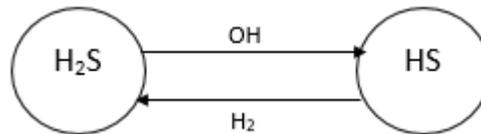


Diagrama 8

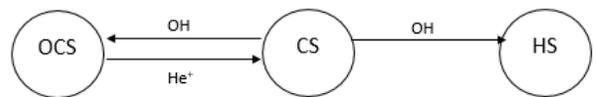


Diagrama 9

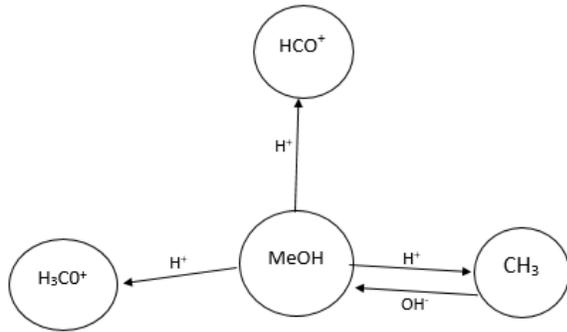


Diagrama 10

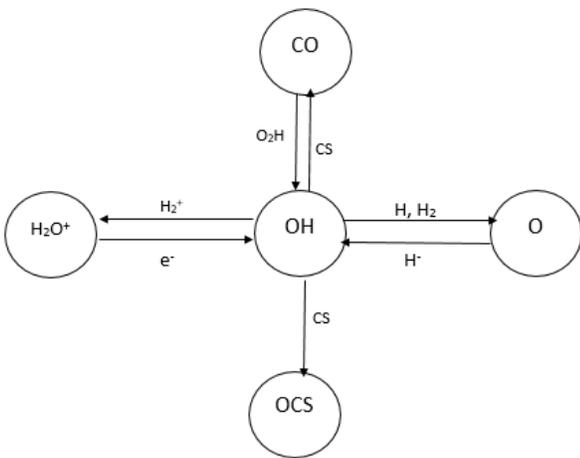


Diagrama 11

### Grupo $\omega$

Finalmente tenemos a las moléculas cuya presencia fue detectada bajo las condiciones relativamente más altas, como lo es una densidad de  $10^7 \text{ cm}^{-3}$  así como una temperatura  $T \geq 300 \text{ K}$ , aquí dominan reacciones dentro de los granos de polvo sobre reacciones de fase gas, son una pequeña cantidad de especies que cumplen estos requisitos, así como pocas las reacciones que desencadenan entre ellas o entre el medio interestelar. Los elementos de este conjunto son:  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_2$  y  $\text{SO}$ .

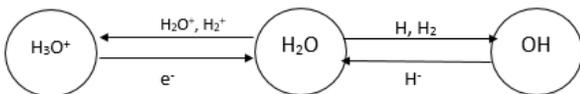


Diagrama 12

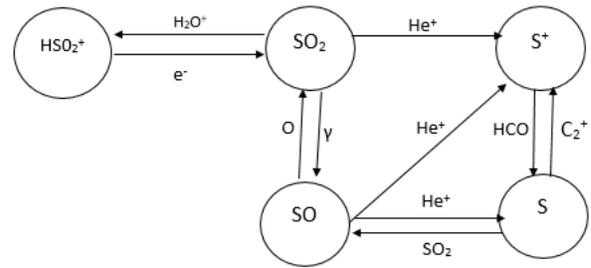


Diagrama 13

## CONCLUSIONES

Por medio de este trabajo se recopiló la información de las moléculas detectadas dentro de la región AFGL 2591, se clasificó y se estructuró diferentes redes químicas en base a los productos que pueden llegar a formarse. Se consideraron factores como temperatura, densidad y de igual manera iones que pueden llegar a formarse en las regiones PDRs.

Conjuntos como el grupo  $\chi$  están en posibilidad de formar una mayor riqueza molecular dado los distintos elementos existentes, mientras que grupos como el  $\omega$  están limitados a moléculas similares a las de partida.

La región AFGL 2591, formadora de estrellas jóvenes, posee las condiciones necesarias de temperatura y densidad para generar una rica variedad de moléculas, incluyendo pequeñas especies orgánicas como el metanol. Este trabajo deja entonces una continuación para retomar nuevas especies que tienen la posibilidad de formarse, considerando la evolución de los cuerpos estelares y el cambio drástico de las condiciones periféricas.

## REFERENCIAS

- [1] Shimonishi T., Dartois E., Onaka T. & Boulanger F. (2016). VLT/ISAAC infrared spectroscopy of embedded high-mass YSOs in the Large Magellanic Cloud: Methanol and the  $3.47 \mu\text{m}$  band. *A&A* 585, A107 (2016). Recuperado de <http://www.adsabs.harvard.edu/>.
- [2] Jiménez I., Zhang Q., Viti S., Martín J. & De Wit J. (2012). Chemical Segregation toward massive hot cores: The AFGL2591 star-forming region. *The Astrophysical Journal*, 753(34), 11pp.

- [3] [UMIST RATE12. The UMIST database for Astrochemistry.06-07-16. Recuperado de <http://udfa.ajmarkwick.net/index.php?species=70#>]
- [4] [A. Harley, A. Howard, and W. Glaccum. The Astrophysical Journal, 286:302-309, 1984 November 1]
- [5] [M. van der Wiel, F. van der Talk, M. Spaans, G. Fuller, R. Plume, H. Roberts, and J. Williams. A&A 532, A88 (2011)]
- [6] [O. Benz, P. Stauber, T. Bourke, F. van Dishoeck and K. Jorgensen. A&A 476, 549-558(2007)]
- [7] [K. Wang, F.S. van der Talk, and M. Hogerheijde. A&A 543, A22 (2012)]
- [8] [M. Torrelles, P. Paul, L. Rodríguez, and J. Cantó. The Astrophysical Journal, 343: 222-228, 1989 August 1]
- [9] [R. Karlsson, A. Sandqvist, K. Fathi, and S. Martín. A&A 582, A118 (2015)]
- [10] [A. Méndez (2010) La guía química. Isotopos de Hidrogeno.06-07-16. Recuperado de <http://quimica.laguia2000.com/general/isotopos-del-hidrogeno>]

Tabla 1: Se muestra las moléculas observadas, así como la coordenada de su ubicación (J2000), el instrumento utilizado para su detección y los parámetros que rodean dicha molécula.

Molécula Detectada	Coordenadas		Instrumento	Parámetros
	AR (J2000)	Dec (J2000)		
H <sub>2</sub> S <sub>[1]</sub>	20h29m24.90s (±0.4s)	+40°11'20.3" (±0.2")	SMA5 (VEX)	~200 K 10 <sup>6</sup> cm <sup>-3</sup>
CS <sub>[1]</sub>	20h29m24.90s (±0.2s)	+40°11'20.3" (±0.3")	SMA5 (VEX)	~200 K 10 <sup>6</sup> cm <sup>-3</sup>
HC <sub>3</sub> N <sub>[1]</sub>	20h29m24.90s (±0.3s)	+40°11'20.3" (±0.3")	SMA5 (VEX)	~200 K 10 <sup>6</sup> cm <sup>-3</sup>
SO <sub>2</sub> <sub>[5]</sub>	20h29m24.87s (±0.09s)	+40°11'20.3" (±0.08")	PdBI	(100-300) K (2-7)x10 <sup>7</sup> cm <sup>-3</sup>
SO <sub>2</sub> <sub>[3]</sub>	20h29m25s (±1.3s)	+40°11'18" (±1.7")	HARP-B and the JCMT	100 K 5.3x10 <sup>4</sup> cm <sup>-3</sup>
SO <sub>[1]</sub>	20h29m24,90s (±0.4s)	+40°11'20.3"(±0.3")	SMA5 (VEX)	~200 K 10 <sup>6</sup> cm <sup>-3</sup>
SO <sub>[3]</sub>	20h29m25s (±2.1s)	+40°11'18" (±2.1")	HARP-B and the JCMT	100 K 5.3x10 <sup>4</sup> cm <sup>-3</sup>
OCS <sub>[1]</sub>	20h29m24.90s (±0.2α)	+40°11'20.3" (±0.4δ)	SMA5 (VEX)	~200 K 10 <sup>6</sup> cm <sup>-3</sup>
CH <sub>3</sub> OH <sub>[1]</sub>	20h29m24.90s (±0.2α)	+40°11'20.3" (±3.4δ)	SMA5 (VEX)	~200 K 10 <sup>6</sup> cm <sup>-3</sup>

H <sub>2</sub> O <sub>[2]</sub>	20h27m35s (±5.0s)	+40°01'15" (±2.0')	11m mm-wave telescope	60 K 10 <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>
H <sub>2</sub> O <sub>[5]</sub>	20h29m24,87s (±0.07s)	40°11'19.50' (±0.05')	PdBI	(100-300) K (2-7)x10 <sup>7</sup> cm <sup>-3</sup>
CO <sub>[3]</sub>	20h29m25s (±1.0s)	+40°11'18" (±4.7")	HARP-B and the JCMT	100 K 5.3x10 <sup>4</sup> cm <sup>-3</sup>
CN <sub>[3]</sub>	20h27m25s (±3.0s)	+40°11'21" (±20.0")	HARP-B and the JCMT	100 K 5.3x10 <sup>4</sup> cm <sup>-3</sup>
N <sub>2</sub> H <sup>+</sup> <sub>[3]</sub>	20h27m25s (±4.0s)	+40°11'20" (±10.0")	HARP-B and the JCMT	100 K 5.3x10 <sup>4</sup> cm <sup>-3</sup>
HCO <sup>+</sup> <sub>[3]</sub>	20h27m25s (±3.0s)	+40°11'22" (±15.0")	HARP-B and the JCMT	100 K 5.3x10 <sup>4</sup> cm <sup>-3</sup>
H <sub>2</sub> CO <sub>[3]</sub>	20h27m25s (±0.8s)	+40°11'18" (±2.7')	HARP-B and the JCMT	100 K 5.3x10 <sup>4</sup> cm <sup>-3</sup>
C <sub>2</sub> H <sub>4[3]</sub>	20h27m25s (±3.0s)	+40°11'20" (±25.0')	HARP-B and the JCMT	100 K 5.3x10 <sup>4</sup> cm <sup>-3</sup>
HCN <sub>[4]</sub>	20h29m24.90s (±5.0s)	+40°11'19.5" (±0.5")	SMA	<300 k
HCN <sub>[3]</sub>	20h29m25s (±1.9s)	+40°11'18" (±0.9")	HARP-B and the JCMT	100 K 5.3x10 <sup>4</sup> cm <sup>-3</sup>
HDO <sub>[5]</sub>	20h29m24.87s (±0.13s)	+40°11'19.50" (±0.08")	PdBI	(100-300) K (2-7)x10 <sup>7</sup> cm <sup>-3</sup>
NH <sub>3[6]</sub>	20h27m38s (±1.0s)	+40°00'15" (±0.02")	VLA-NRAO	> 70 K 10 <sup>4</sup> cm <sup>-3</sup>
C <sub>2</sub> H <sub>[3]</sub>	20h29m25s (±2.5s)	+40°11'18" (±1.3")	HARP-B and the JCMT	100 K 5.3x10 <sup>4</sup> cm <sup>-3</sup>
CN <sub>[3]</sub>	20h29m25s (±1.3s)	+40°11'18" (±5.4")	HARP-B and the JCMT	100 K 5.3x10 <sup>4</sup> cm <sup>-3</sup>
CN <sub>[7]</sub>	17h45m39.89s (±1.5m)	-29°00'27.13" (±10.0")	NRAO	~200 K 10 <sup>5</sup> cm <sup>-3</sup>
OH <sub>[7]</sub>	17h45m38.7s (±0.5m)	-29°00'45.02" (±30.0")	NRAO	~200 K 10 <sup>5</sup> cm <sup>-3</sup>