



Newsletter de SOCHIAS

Newsletter dedicado a todos los aspectos de la Sociedad Chilena de Astronomía

editado por Linda Schmidtbreick

Issue No. 6

22 Diciembre 2009

EDITORIAL

Junto con saludarles, tengo el agrado de presentarles esta sexta edición del Newsletter de la SOCHIAS. Incluimos una carta del presidente, dos contribuciones de Science Highlights, un resumen del nuevo libro de Ronald Mennickent, una descripción de la muestra fotográfica "De la Tierra al Universo", y un perfil detallado de la Universidad de Chile sobre su rol en la radioastronomía en Chile.

Esperamos sus contribuciones para la próxima edición. Pueden mandarnos noticias, anuncios de reuniones pertinentes, science highlights, etc. Por favor, envíenos toda la correspondencia sobre el Newsletter (preferentemente en formato latex - ver la página web de SOCHIAS) a Linda Schmidtbreick: lschmidt@eso.org. Pueden enviarlo en cualquier momento.

Les deseo una feliz Navidad y un buen Año Nuevo!

Linda Schmidtbreick
European Southern Observatory

CONTENTS

CARTA DEL PRESIDENTE	2
SCIENCE HIGHLIGHTS	3
VARIOS	13
CONOCIENDONOS UNOS A OTROS	18

Estimados Socios, amigos y Colaboradores,

La SOCHIAS es una sociedad de astrónomos profesionales y por tanto tiene el deber y derecho de pronunciarse en materias relacionadas con políticas astronómicas en Chile. De hecho, en sus estatutos, en particular en el artículo tercero dice que la Sociedad "velará por los intereses y derechos de los astrónomos en Chile". Siguiendo esta obligación, la SOCHIAS hizo una encuesta entre sus socios (que son la mayoría de los astrónomos Chilenos) para que se pronuncien respecto a futuro tiempo Chileno en el E-ELT de ESO. La encuesta se realizó sólo a astrónomos en instituciones Chilenas para evitar conflictos de interés a socios que pertenecen a instituciones extranjeras.

La pregunta que se hizo es la siguiente:

"El gobierno de Chile, a través del Ministerio de Relaciones Exteriores, está negociando con ESO la instalación del próximo gran telescopio, el E-ELT, en territorio chileno. Este ministerio ha encomendado a Conicyt canalizar la opinión de los astrónomos Chilenos. Para esto Conicyt nombró un comité asesor ampliado en donde la SOCHIAS tiene representación a través de su presidente. Nuestra posición como Sociedad es mantener el requisito de 10% del tiempo disponible para observaciones en el E-ELT, tal como en todos los otros telescopios instalados, o por instalarse (e.g. GMT y LSST), en territorio nacional.

¿Está usted de acuerdo en que la Sociedad Chilena de Astronomía, a través de su presidente, lleve esta opinión al comité asesor de Conicyt? Si su respuesta es no, por favor denos sus razones. Su opinión es muy importante para nosotros. Todas las opiniones vertidas serán absolutamente confidenciales."

El resultado fue el siguiente: De todos los que respondieron el 79% respondió que si y 21% que no; de ellos el 31% está dispuesto a negociar. El 75% de los socios activos respondió la encuesta; 7 socios no activos también lo hicieron. Esto representa a gran parte de la comunidad, por cierto excluyendo a astrónomos de instituciones extranjeras.

Notar que esta opinión es la de astrónomos individuales, ya que SOCHIAS es una sociedad de individuos, y no institucional. Las opiniones de Conicyt, de el Comité ESO Chile, de los Departamentos de Astronomía en Universidades, etc. son institucionales y tienen su propio valor.

Un gran saludo,

Leopoldo Infante
Presidente SOCHIAS

SCIENCE HIGHLIGHTS

Modelo de la distribución espectral de energía de la binaria interactuante V393 Scorpii: búsqueda de gas circumbinario.

José Ojeda Chong¹ y Ronald Mennickent²

¹ Departamento de Astronomía, Universidad de Concepción

² Departamento de Física, Universidad de Concepción

Resumen de Tesis de José Ojeda Chong, para optar al título de Astrónomo, de la especialidad de Astronomía de la carrera de Ciencias Físicas y Astronómicas, de la Universidad de Concepción.

Se construyó un programa computacional (*multispec*) que permite modelar la distribución espectral de flujo de una binaria interactuante utilizando cuatro componentes: el espectro de la estrella primaria (la más masiva), el de la secundaria (ambos sintéticos obtenidos de la grilla de modelos ATLAS9 publicados por Fiorella Castelli), el disco circunprimario (que obedece a una ley de emisión de disco ópticamente grueso del tipo α) y un disco de gas circumbinario que emite por Bremsstrahlung. Se construyó un algoritmo tipo Monte Carlo, que permite encontrar un mejor ajuste a una distribución espectral de flujo mixta, consistente en espectros calibrados en flujo y magnitudes fotométricas, comparándola con una grilla de modelos de distintos parámetros y minimizando χ^2 . Dicho ajuste permite encontrar, por ejemplo, la temperatura y densidad electrónica de un disco de gas alrededor del sistema binario, así como también sus radios internos y externos. Dicho algoritmo se usó con datos publicados de la estrella V393 Scorpii, una binaria interactuante que sirve como modelo del grupo de binarias Doble Periódicas recientemente descubiertas en las Nubes de Magallanes y en nuestra Galaxia. La idea era probar si el modelo propuesto para la periodicidad larga, consistente en ciclos de expulsión de material del disco circunprimario hacia el medio interestelar, tenía alguna evidencia empírica. Después de aplicar las correcciones de desenrojecimiento a los datos existentes (obtenidos en fases orbitales similares y de máxima visibilidad de las componentes), la conclusión fue que es necesaria una componente infrarroja no estelar para dar cuenta de las magnitudes publicadas ópticas e infrarrojas. Discutimos la significancia y validez de nuestros resultados.

Entendiendo la formación de galaxias

Claudia del P. Lagos¹, Nelson D. Padilla¹, Sofía A. Cora^{2,3}

¹Departamento Astronomía y Astrofísica, Pontificia Universidad Católica de Chile, Av. Vicuña Mackenna 4860, Stgo., Chile

² Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la Universidad Nacional de La Plata, and Instituto de Astrofísica de La Plata (CCT La Plata, CONICET, UNLP), Observatorio Astronómico, Paseo del Bosque S/N, 1900 La Plata, Argentina

³Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Rivadavia 1917, Buenos Aires, Argentina

Usamos una combinación de una simulación cosmológica de N -cuerpos en concordancia con el paradigma Λ CDM (materia oscura fría con constante cosmológica), con un modelo semi-analítico de formación de galaxias, para estudiar las propiedades de galaxias y como éstas se ven afectadas por los procesos físicos del modelo, en particular, por la retroalimentación producida por la presencia de un núcleo galáctico activo (AGN). Este modelo es una versión mejorada del descrito por Cora (2006) y que ahora incluye crecimiento de agujeros negros debido a (i) acreción de gas durante formación estelar producida por fusión de galaxias y fusión con otros agujeros negros, (ii) acreción durante formación estelar detonada por inestabilidades de disco, y (iii) acreción de gas frío proveniente del enfriamiento de gas caliente quasi-hidrostático del halo. Se asume que la retroalimentación de AGN procede en el último caso. Este proceso reduce o incluso suprime el enfriamiento de gas y su mayor efecto se observa a bajo corrimiento al rojo, que permite el acuerdo entre la tasa de formación estelar cósmica del modelo y las observaciones; también permite reproducir la función de luminosidad de galaxias en óptico e infra-rojo, masas estelares, edades, metalicidades y su evolución con el corrimiento al rojo.

1. Introducción

Durante las últimas dos décadas ha habido un crecimiento fenomenal en la cantidad de datos sobre las poblaciones de galaxias, tanto en estudios fotométricos como espectroscópicos (e.g. SDSS; MUSYC; GOODS; DEEP; FORs), que abarcan un rango importante de corrimiento al rojo y que permite también estudiar la evolución de las mismas. Dentro de las propiedades que estos nuevos datos han permitido estudiar mejor, están las relaciones de escalamiento (e.g. plano fundamental de galaxias elípticas, Treu et al. 2001), la secuencia roja y la nube azul del diagrama color-magnitud (e.g. Bower, Lucey & Ellis 1992; Vazdekis et al. 2001; Mei et al. 2006), la relación masa-metalicidad (e.g. Gallazzi et al. 2005, 2006), funciones de luminosidad (e.g. Cole et al. 2001; Norberg et al. 2002; Huang et al. 2003, Barrientos & Lilly 2003) y masa estelar (e.g. Drory et al. 2004, 2005), etc. Un apropiado entendimiento de como se forman las galaxias y los procesos físicos que las afectan necesariamente involucra explicar las relaciones antes mencionadas. La aplicación de un modelo semi-analítico de formación de galaxias a una simulación cosmológica numérica ha demostrado ser una herramienta muy apropiada para el estudio de los fenómenos que conducen la formación de galaxias y su evolución dentro de un escenario cosmológico fijo (e.g. Springel et al. 2001; Cole et al. 2000; Baugh et al. 2004; Kauffmann & Haehnelt 2000; Cattaneo 2001; Enoki, Nagashima & Gouda

2003; Granato et al. 2004; Cattaneo et al. 2005; Menci et al. 2006; Cattaneo et al. 2006; Croton et al. 2006; Bower et al. 2006; Malbon et al. 2007; Marulli et al. 2008; Lagos, Cora & Padilla 2008), dado que permite probar distintos mecanismos y su impacto sobre las propiedades de las galaxias a un costo computacional bajo (ver Baugh 2006 para una revisión completa del tema).

Los últimos años se ha planteado fuertemente que la presencia de núcleos activos de galaxias (AGN) podrían estar afectando las propiedades de las mismas, tales como colores, luminosidades, etc. Esta idea está basada en la evidencia de co-evolución entre la galaxia anfitriona y el agujero negro central proveniente de las relaciones entre la masa del agujero negro y las propiedades del bulbo anfitrión (e.g. Ferrarese & Merrit 2000, Häring & Rix 2004, Marconi et al. 2004), en la evidencia de formación estelar violenta en las galaxias Seyfert mas brillantes ocurrida 1-2 giga años antes (e.g. Kauffmann 2003; Sanders & Mirabel 1996) y en la evolución en la densidad luminosidad de quasars seleccionado ópticamente (e.g. Boyle & Terlevich 1998). Schawinski et al. 2007 mostraron que se podía establecer una secuencia de evolución entre la nube azul del diagrama color-magnitud y la secuencia roja, que correspondería a la transición de galaxias en formación estelar activa a galaxias pasivas, explicada por una fase de AGN que ocurre $\approx 0,5$ giga años después de la formación estelar violenta y que suprime la misma. Este resultado fue confirmado a alto corrimiento al rojo por Reuland et al. 2007. La evidencia observacional mencionada parece indicar que los procesos que detonan la formación estelar en las galaxias estarían detonando también la actividad de acreción en los agujeros negros. Existe además evidencia directa de la actividad de AGN provista por observaciones de radio galaxias y quasars conteniendo jets que transportan energía desde el AGN hacia sus alrededores a través del flujo de grandes masas de gas (e.g. Nesvadba et al. 2006, 2007; Temi et al. 2007; Sanders 2007), ilustrando el rol clave que tendría el AGN sobre la evolución de galaxias.

En este trabajo usamos el método de modelamiento semi-analítico para estudiar el efecto del AGN sobre las propiedades de las galaxias. Nuestro modelo está basado en el descrito por Cora (2006), al que nos referiremos como SAG1 (acrónimo de *galaxias semi-analíticas* version 1), que sigue la formación y evolución de galaxias a través de enfriamiento de gas, formación estelar, explosiones de supernovas (SN), mergers entre galaxias, y una implementación detallada del enriquecimiento de metales en estrellas y medio inter-estelar e inter-galáctico. SAG1 reproduce a un nivel razonable las fracciones de gas (McGaugh & de Blok, 1997), funciones de luminosidad, la relación Tully-Fisher (Tully & Fisher, 1977) y los colores de las galaxias. Sin embargo, algunas inconsistencias persisten, como la existencia de una población masiva de galaxias azules, un exceso de galaxias brillantes tanto en óptico como en infra-rojo, que son solucionadas en el SAG1 a través de la implementación de un proceso artificial de supresión de enfriamiento de gas que afecta halos caracterizados por velocidades viriales más altas que cierto límite. El proceso físico que se piensa es el responsable de controlar la cantidad de gas que puede enfriarse y formar estrellas es la retroalimentación producida por el AGN, que se genera por acreción de gas en el agujero negro central de las galaxias (llamaremos SAG2 a la version mejorada del SAG1). Trabajos recientes han mostrado que este proceso efectivamente ayuda a entender el corte exponencial de la función de luminosidad en la parte brillante y la bimodalidad de colores en las galaxias (e.g. Bower et al. 2006, Croton et al. 2006, Malbon et al. 2007, Lagos, Cora & Padilla 2008).

Este trabajo esta organizado como sigue, en la Sección 2 presentamos un resumen del modelo de AGN y crecimiento de agujeros negros usado en el SAG2, en la Sección 3 presentamos los principales resultados sobre la población de galaxias. Finalmente, en la Sección 4 damos las principales conclusiones.

2. El modelo semi-analítico

En este trabajo estudiamos el efecto de la retroalimentación del AGN sobre las propiedades de las galaxias usando una combinación entre un modelo semi-analítico de formación y evolución de galaxias con una simulación cosmológica de N -cuerpos. En las siguientes subsecciones describimos brevemente la simulación cosmológica y el modelo semi-analítico de AGN y crecimiento de agujeros negros.

2.1. La simulación cosmológica Λ CDM

En este trabajo usamos una simulación cosmológica de N -cuerpos en concordancia con el paradigma Λ CDM (materia oscura fría con constante cosmológica). Esta simulación considera una caja periódica de $60 h^{-1}\text{Mpc}$ que contiene 16777216 partículas de materia oscura cuya masa es de $1,001 \times 10^9 h^{-1} M_{\odot}$. Contiene ms de 54000 halos de materia oscura de masas hasta $5,36 \times 10^{14} h^{-1} M_{\odot}$. Los parámetros de la simulación son consistentes con los resultados de WMAP (Spergel, 2003), y fue corrida con la versión pública del GADGET-2 (Springel, 2005).

2.2. Crecimiento de agujeros negros y retroalimentación

Hay tres modos distintos de crecimiento de agujeros negros en el SAG2. El primero, referido como “modo QSO”, está asociado a los eventos de formación estelar violenta en las galaxias. Estos eventos pueden ser producidos durante fusión de galaxias menores y mayores y el colapso de discos inestables. El segundo, referido como “modo radio”, está asociado a procesos de enfriamiento de gas que produce formación estelar pero en un modo ms pasivo. El tercero corresponde a la fusión entre agujeros negros que ocurre luego de la fusión entre las galaxias anfitrionas. En nuestro modelo, la retroalimentación por AGN opera durante el “modo radio” en el cual se producen tasas de acreción relativamente bajas, en acuerdo con las observaciones (e.g. Ho 2002; Donahue et al. 2005; Sikora et al. 2007). La descripción detallada y suposiciones de cada proceso están dadas en Lagos, Cora & Padilla (2008). Acá brevemente describimos las principales recetas usadas.

Durante fusión de galaxias, el crecimiento del agujero negro depende de la razón entre las masas totales de la galaxias y la cantidad de gas frío disponible (Croton et al. 2006, Lagos, Cora & Padilla 2008),

$$\dot{M}_{\text{BH}} = \frac{f_{\text{BH}}}{\Delta t} \frac{M^{\text{sat}}}{M^{\text{central}}} \times \frac{M_{\text{GasFrio}}}{1 + (200 \text{ km s}^{-1}/V_{\text{vir}})^2}, \quad (1)$$

donde M_{GasFrio} es la masa de gas frío total del sistema, que consiste en la galaxia central y satélite, que tienen masas M^{central} y M^{sat} respectivamente. Δt es el tiempo entre dos pasos consecutivos del SAG2. Se asume que los agujeros negros crecen con una eficiencia $f_{\text{BH}} = 0,015$, parámetro que se elige de tal forma que se ajuste la relación $M_{\text{BH}}-M_{\text{Bulbo}}$ (e.g. Häring & Rix 2004). La Fig. 1 muestra cómo el modelo reproduce muy bien la relación observacional mencionada. Para las inestabilidades de disco, la razón $M^{\text{sat}}/M^{\text{central}}$ es reemplazada por la unidad, dado que este proceso depende solo de las propiedades de una galaxia. Es importante notar que nuestro modelo no usa semillas primordiales de agujeros negros y, por lo tanto, el nacimiento de un agujero negro será detonado por el primer proceso de formación estelar violenta ocurrido en una galaxia.

La acreción durante el “modo radio” está dada por,

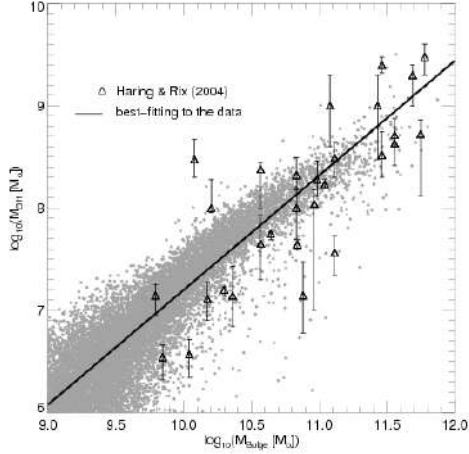


Figura 1: Relación entre la masa del agujero negro y la masa del bulbo anfitrión. Los resultados del modelo se muestran en puntos grises, mientras que las observaciones de Häring & Rix (2004) se muestran en triángulos con sus correspondientes barras de error. La línea sólida muestra el mejor ajuste a los datos observacionales.

$$\dot{M}_{\text{BH}} = \kappa_{\text{AGN}} \frac{M_{\text{BH}}}{10^8 M_{\odot}} \times \frac{f_{\text{hot}}}{0,1} \times \left(\frac{V_{\text{vir}}}{200 \text{ km s}^{-1}} \right)^3, \quad (2)$$

donde M_{BH} es la masa del agujero negro, y f_{hot} es la fracción de la masa total del halo que está en forma de gas caliente, $f_{\text{hot}} = m_{\text{GasCaliente}}/M_{\text{vir}}$, donde M_{vir} es la masa virial del halo anfitrión cuya velocidad virial es V_{vir} ; κ_{AGN} es un parámetro libre del modelo elegido para ajustar la función de luminosidad óptica de QSO hasta $z \approx 3$ (Wolf et al. 2003; Croom et al. 2004) y tiene un valor $2,5 \times 10^{-4} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$.

Independiente del modo de acreción, el agujero negro produce una luminosidad que corresponde a la energía total liberada por el disco de acreción que se forma alrededor del agujero negro. Esta luminosidad está dada por el argumento de Soltan (1982), $L_{\text{BH}} = \eta \dot{M}_{\text{BH}} c^2$, donde c es la velocidad de la luz y $\eta = 0,1$ es la eficiencia de producción de energía estándar en la venticidad del horizonte de eventos (Shakura & Sunyaev, 1973).

Durante el “modo radio” ésta luminosidad se traduce en un calentamiento mecánico que inyectaría suficiente energía en el medio que se encuentra alrededor como para regular el enfriamiento de gas, reduciéndolo o incluso parándolo. De ésta forma la tasa de enfriamiento es modificada por la presencia del AGN,

$$\dot{M}'_{\text{cool}} = \dot{M}_{\text{cool}} - \frac{L_{\text{BH}}}{V_{\text{vir}}^2/2}. \quad (3)$$

3. Propiedades de galaxias en el modelo SAG

El modelo SAG1 contiene ciertos problemas en reproducir las propiedades de las galaxias en el Universo local. En particular, las funciones de luminosidad de galaxias están caracterizadas por exceso

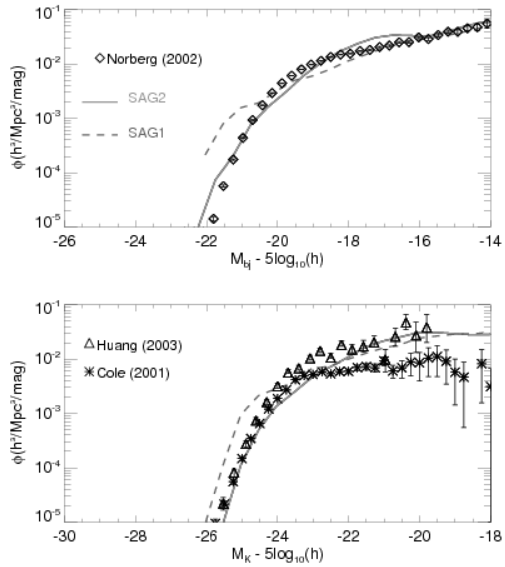


Figura 2: Función de luminosidad de galaxias para la banda b_J y K . Las líneas sólida muestra los resultados para el modelo SAG2, mientras las líneas segmentada muestra el modelo previo SAG1. Los símbolos muestran las observaciones de Norberg et al. (2002), Huang et al. (2003), Cole et al. (2001).

de galaxias brillantes en varias bandas con respecto a las observadas. Fig. 2 muestra las funciones de luminosidad para el SAG1 y el SAG2 en comparación con las observaciones. Como se puede ver la inclusión de un modelo de retroalimentación de AGN significa un mejoramiento importante en el acuerdo con las observaciones, donde el SAG2 sigue cercanamente las tendencias observacionales. Este nuevo proceso afecta principalmente a galaxias masivas en donde es muy eficiente en detener el enfriamiento de gas y su consecuente actividad de formación estelar, lo que permite que en el modelo no se formen galaxias luminosas muy masivas.

La retroalimentación producida por la presencia del AGN actúa principalmente a bajo corrimiento al rojo, lo que permite bajar la actividad neta de formación estelar a épocas recientes. La Fig. 3 muestra la evolución de la tasa de formación estelar cósmica. A alto corrimiento al rojo, ambos modelos producen una tasa de formación estelar neta parecida, mientras que a bajo corrimiento al rojo se distancian de manera que el mejor acuerdo con las observaciones se obtiene en el SAG2. Esto significa que se previene la formación de galaxias azules muy masivas que se producían en el SAG1 y que estaban en desacuerdo con las observaciones que muestran que las galaxias mas brillantes en el universo están caracterizadas por colores rojos (e.g. Bower, Lucey & Ellis 1992, Barrientos & Lilly 2003).

La inclusión de este nuevo mecanismo físico de calentamiento de gas en galaxias también permite que el modelo esté en acuerdo con las funciones de masa estelar hasta $z \approx 4,5$ (Drory et al. 2004, 2005), distribuciones morfológicas (Conselice, 2006), bimodalidad de colores, edades y metalicidades (ver Lagos, Cora & Padilla 2008 y Lagos, Padilla & Cora 2009b para una descripción detallada de las propiedades de galaxias reproducidas en el SAG).

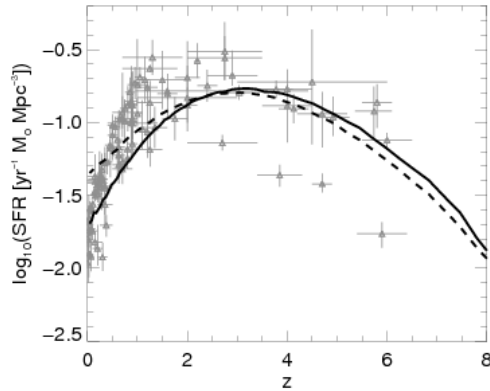


Figura 3: Tasa de formación estelar cósmica para los modelos SAG1 (línea segmentada) y SAG2 (línea sólida), comparada con datos observacionales compilados por Hopkins et al. (2006) (triángulos grises con barras de error).

4. Resumen y perspectivas

La retroalimentación producida por la presencia de un AGN se ha convertido en un elemento importante en nuestro entendimiento sobre la evolución de galaxias (e.g. Schawinski et al. 2007, Nulsen et al. 2007). En este trabajo se mostraron los principales efectos de este proceso físico sobre las propiedades de las galaxias usando una combinación de una simulación cosmológica de N -cuerpos en concordancia con el paradigma Λ CDM y un modelo semi-analítico de formación de galaxias. El modelo de retroalimentación de AGN usado está basado tanto en observaciones como una visión fenomenológica de la física que interviene en los agujeros negros centrales muy masivos y en la forma que inyectan el gas de vuelta al medio inter-estelar o incluso al medio inter-galáctico.

El hecho que la retroalimentación del AGN disminuya la tasa de enfriamiento de gas en las galaxias más masivas preferentemente a bajo corrimiento al rojo permite al modelo obtener simultáneamente acuerdo con las relaciones entre la masa agujero negro y las propiedades del bulbo anfitrión, la función de luminosidad óptica de QSO, las funciones de luminosidad de galaxias en el óptico e infra-rojo, las funciones de masa estelar hasta $z \approx 4,5$, la evolución de la tasa de formación estelar cósmica, y la distribución morfológica y de colores (Lagos, Cora & Padilla, 2008). Es importante notar que en el SAG no estamos tomando en cuenta el hecho de que los agujeros negros pueden acretar en un estado ineficiente de radiación. Este tipo de acreción ha sido inferido por la observación de cúmulos de galaxias con núcleos fríos que hospedan galaxias con baja emisión en radio (e.g. como la galaxia M87 en el cúmulo de Virgo Le & Becker 2007, Wang et al. 2008). Esto significa que es necesario seguir explorando el cuadro fenomenológico de los AGN y como pueden inyectar energía al medio que se encuentra a su alrededor.

A partir de este modelo también hemos podido estudiar la relación entre el spin del agujero negro y las propiedades de las galaxias a través de la implementación del modelo α (Shakura & Sunyaev, 1973) de discos de acreción en el SAG (Lagos, Padilla & Cora, 2009a) concluyendo que las galaxias más masivas hospedan a agujeros negros que rotan más rápido que sus contrapartes en galaxias menos masivas, postulando al spin del agujero negro como buen candidato a diferenciar

entre galaxias con baja y alta emisión en radio (Sikora et al., 2007). También hemos aprovechado esta nueva herramienta para estudiar las propiedades de galaxias satélites y galaxias ya fusionadas (Lagos, Padilla & Cora, 2009b) concluyendo que las diferencias en metalicidad observadas entre la Vía Láctea y sus satélites (Geisler et al., 2007) se obtienen naturalmente en el paradigma Λ CDM.

Referencias

- Barrientos L.F., Lilly S.J., 2003, ApJ, 596, 129
- Baugh C., et al., 2004, MNRAS, 351, 44
- Baugh C., 2006, RPPh, 69, 3101
- Bower R., Lucey J., Ellis R., 1992, MNRAS, 254, 601
- Bower R., Benson A., Malbon R., Helly J., Frenk C., Baugh C., Cole S., Lacey C., 2006, MNRAS, 370, 645
- Boyle B., Terlevich R., 1998, MNRAS, 293, 49
- Cattaneo A., 2001, MNRAS, 324, 128
- Cattaneo A., Blaizot J., Devriendt J., Guiderdoni B., 2005, MNRAS, 364, 407
- Cattaneo A., Dekel A., Devriendt J., Guiderdoni B., Blaizot J., 2006, MNRAS, 370, 1651
- Cole S., Lacey C., Baugh C., Frenk C., 2000, MNRAS, 319, 168
- Cole S. et al., 2001, MNRAS, 326, 255
- Conselice C., 2006, MNRAS, 373, 1389
- Cora S.A., 2006, MNRAS, 368, 1540
- Croom S., Smith R., Boyle B., Shanks T., Miller L., Outram P., Loaring N., 2004, MNRAS, 349, 1397
- Croton D., et al., 2006, MNRAS, 365, 11
- Donahue M., Voit G., O'Dea C., Baum S., Sparks W., 2005, ApJ, 630, 13
- Drory N., Bender R., Feulner G., Hopp U., Maraston C., Snigula J., Hill G. J., 2004, ApJ, 608, 742
- Drory N., Salvato M., Gabasch A., Bender R., Hopp U., Feulner G., Pannella M., 2005, ApJ, 619, 131
- Enoki M., Nagashima M., Gouda N., 2003, PASJ, 55, 133
- Ferrarese L., Merritt D., 2000, ApJ, 539, 9
- Gallazzi A., Charlot S., Brinchmann J., White S.D.M., Tremonti C.A., 2005, MNRAS, 362, 41
- Gallazzi A., Charlot S., Brinchmann J., White S.D.M., 2006, MNRAS, 370, 1106
- Geisler D., Wallerstein G., Smith V.V., Casetti-Dinescu D.I., 2007, PASP, 119, 939
- Granato G.L., De Zotti G., Silva L., Bressan A., Danese L., 2004, ApJ, 600, 580

Häring N., Rix H., 2004, ApJ, 604, 89

Ho L.C., 2002, Apj, 564, 120

Hopkins P., Hernquist L., Cox T., Di Matteo T., Robertson B., Springel V., 2006, ApJS, 163, 1

Huang J., Glazebrook K., Cowie L., Tinney C., 2003, ApJ, 584, 203

Kauffmann G., Haehnelt M., 2000, MNRAS, 311, 576

Kauffmann G., et al. , 2003, MNRAS, 346, 1055

Lagos C.P., Cora S.A., Padilla N.D., 2008, MNRAS, 388, 587

Lagos C.P., Padilla N.D., Cora S.A., 2009a, MNRAS, 395, 625

Lagos C.P., Padilla N.D., Cora S.A., 2009b, MNRAS, 397, 31

Le T., Becker P., 2007, ApJ, 661, 416

Madau P., Ghisellini G., Fabian A., 1994, MNRAS, 270, 17

Malbon R., Baugh C., Frenk C., Lacey C., 2007, MNRAS, 382, 1394

Marconi A., Risaliti G., Gilli R., Hunt L., Maiolino R., Salvati M., 2004, MNRAS, 351, 169

Marulli F., Bonomi S., Branchini E., Moscardini L., Springel V., 2008, MNRAS, 385, 1846

McGaugh S., de Blok W., 1997, ApJ, 481, 689

Mei et al., 2006, ApJ, 639, 81

Menci N., Fontana A., Giallongo E., Grazian A., Salimbeni S., 2006, ApJ, 647, 753

Nesvadba N., Lehnert M., Eisenhauer F., Gilbert A., Tecza M., Abuter R., 2006, ApJ, 650, 693

Nesvadba N., Lehnert M., De Breuck C., Gilbert A., van Breugel W., 2007, A&A, 475, 145

Norberg P., et al., 2002, MNRAS, 336, 907

Nulsen P., McNamara B., David L., Wise M., Leahy J., 2007, AAS, 210, 3407

Reuland M., et al., 2007, AJ, 133, 2607

Sanders D., Mirabel I., 1996, ARA&A, 34, 749

Sanders J., 2007, PThPS, 169, 16S

Schawinski K., Thomas D., Sarzi M., Maraston C., Kaviraj S., Joo S., Yi S., Silk J., 2007, MNRAS, 382, 1415

Shakura N.I., Sunyaev R.A., 1973, A&A, 24, 337

Sikora M., Stawarz L., Lasota J.-P., 2007, ApJ, 658, 815

Soltan A., 1982, MNRAS, 200, 115

Spergel D., Verde L., Peiris H., et al., 2003, ApJS, 148, 175

Springel V., White S., Tormen G., Kauffmann G., 2001, MNRAS, 328, 726
Springel V., 2005, MNRAS, 364, 1105
Temi P., Brighenti F., Mathews W., 2007, ApJ, 666, 222
Treu T., Stiavelli M., Bertin G., Casertano S., Moller P., 2001, MNRAS, 326, 237
Tully R.B., Fisher J.R., 1977, A&A, 54, 661
Vazdekis A., Kuntschner H., Davies R.L., Arimoto N., Nakamura O., Peletier R., 2001, ApJ, 551, 127
Wang J.M., Li Y., Wang J.C., Zhang S., 2008, ApJ, 676, 109
Wolf C., Wisotzki L., Borch A., Dye S., Kleinheinrich M., Meisenheimer K., 2003, A&A, 408, 499

VARIOS

El Libro "Estrellas que cambian su brillo en el tiempo: un paseo por los espacios reales más allá de la imaginación" del Dr. Ronald Mennickent Cid, del Departamento de Astronomía de la Universidad de Concepción, ha sido recientemente editado por la Editorial Universidad de Concepción (ISBN: 978-956-227-324-4) siendo su lanzamiento oficial en la pinacoteca de dicha Universidad el 23 de junio de este año y posteriormente en el Planetario de la USACH en Santiago, el 18 de agosto. El libro ha sido financiado por los proyectos FONDAP y BASAL de Astronomía, y es una contribución más a la divulgación de la ciencia astronómica. Se encuentra disponible en Librería Antártica y también se despacha directamente desde las oficinas editoriales (fono 41-2204590, revatenea@udec.cl, atención Sandra Flores). A continuación un extracto del libro:

... Décadas de investigación astronómica han permitido descubrir que las estrellas experimentan el ciclo de nacimiento, evolución y muerte. Las estrellas nacen producto de la contracción gravitacional de una nube de gas y polvo interestelar, y mueren en violentas explosiones denominadas supernovas o bien como objetos fríos y compactos denominados enanas blancas. Durante toda la vida de una estrella, la fuerza de gravedad compite con las fuerzas internas producidas por las reacciones nucleares que producen su brillo. Esto causa que la estrella cambie su brillo y tamaño en el transcurso de cientos de miles o de millones de años. En alguna de estas etapas la estrella se hace inestable y se muestra como una estrella variable. Otras causas de variabilidad estelar pueden ser geométricas (como las binarias eclipsantes), interacción entre las componentes de un sistema binario o múltiple, o debidas a la rotación estelar o a campos magnéticos. Estas causas dan origen al completo espectro de estrellas variables hasta ahora conocidas...



Miles de personas disfrutaron de muestra fotográfica sobre astronomía en la Plaza de la Constitución

- El Centro de Astrofísica y Tecnologías Afines (CATA) y el Departamento de Astronomía de la Universidad de Chile trasladaron la exposición “De la Tierra al Universo” hasta la Casa de Gobierno. En este proyecto también participa ALMA.

Al menos unos 15 mil santiaguinos, turistas y compatriotas de todo Chile detuvieron por unos instantes su acelerado paso por el centro de la capital para maravillarse con las 42 imágenes en gran formato de la muestra fotográfica “De la Tierra al Universo”. Durante una semana –del 20 al 27 de octubre- esta exposición visitó la Plaza de la Constitución (frente al Palacio de La Moneda).

A casi nadie le dejó indiferente observar la colorida Nebulosa del Cangrejo –producto de la explosión de una gigantesca estrella-, la intensa actividad de nuestro Sol, la inmensidad del Complejo de Orión y uno de sus detalles más espectaculares: la Nebulosa Cabeza de Caballo.

“Me fascina esto de los planetas y el cosmos. Me gustaría saber más sobre astronomía. Las fotografías están preciosas, muy, muy bonitas”, comentó Alejandro Díaz, estudiante de medicina veterinaria.

Este fascinante recorrido partía en nuestro propio planeta para luego comenzar a alejarse poco a poco: Sol y Luna, Sistema Solar, Estrellas, Nacimiento de estrellas, Muerte de estrellas, Galaxias, Espacio profundo y Lo más remoto.

No era fácil elegir la más bonita entre las 42 imágenes. Los visitantes tenían diferentes opiniones. “La foto donde aparece Saturno y sus anillos me parece realmente fantástica. Felicitaciones por la exposición. Es muy interesante, instructiva y didáctica”, acotó José Corihuinca, ingeniero agrícola de la Dirección Meteorológica de Chile. Las preferencias de

Gema Valdés eran otras: "Me encantó la imagen del cometa y de la Tierra. Es una muestra preciosa. ¡Magnífica!".

La exposición "De la Tierra al Universo" (FETTU, por sus siglas en inglés) es un proyecto internacional que recopila las mejores imágenes captadas por telescopios terrestres y espaciales (www.fromearthtotheuniverse.org).

En Chile, FETTU es coordinada por el Centro de Astrofísica y Tecnologías Afines (CATA) -que dirige María Teresa Ruiz, Premio Nacional de Ciencias Exactas 1997-, el Departamento de Astronomía de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile -que encabeza el Dr. Mario Hamuy- y por el Director del Nodo Chileno del Año Internacional de la Astronomía, el Dr. Patricio Rojo.

"De la Tierra al Universo" cuenta con el auspicio de Gemini- Conicyt y el patrocinio de la empresa Epson. También posee la colaboración de ALMA.

Inauguración

La inauguración de "De la Tierra al Universo" se realizó el martes 20 de octubre y a este evento asistieron importantes autoridades de gobierno y universitarias.

"Es necesario recordar que la labor de las universidades no es sólo impartir carreras o desarrollar investigación, sino que también es muy importante la tarea de la extensión, que es darle acceso a la población en general a los conocimientos y a la cultura", comentó al respecto la **Ministra Secretaria General de Gobierno, Carolina Tohá**.

Y añadió: "En La Moneda estamos muy contentos porque este lugar histórico (la Plaza de la Constitución), sea también un punto de encuentro que nos brinde la posibilidad de acercarnos al Universo, sintiendo que somos parte de esta realidad inmensa y fabulosa retratada en esta muestra".

Mientras que el **Director del Departamento de Astronomía (DAS), Mario Hamuy**, destacó: "Esta muestra fotográfica que ha recorrido el mundo es de la mayor nitidez obtenida hasta ahora. Su objetivo es, principalmente, reunir al público en el corazón de Santiago, donde se ha fraguado la historia del país". Y aprovechó de recordar que la clausura del Año Internacional de la Astronomía se celebrará en las dependencias del Cerro Calán, en enero de 2010.

En tanto **Patricio Rojo, Director del Nodo Nacional del Año Internacional de la Astronomía**, agregó el papel de “ciencia inspiradora” que posee la astronomía y, en ese sentido, las imágenes juegan un rol fundamental en captar la atención del público general.

María Teresa Ruiz, Directora de CATA, expresó que "en Chile están los cielos más claros y estables del mundo. Por ello ha sido capaz de atraer a observatorios internacionales que, a su vez, han potenciado el que logremos un nivel competitivo y un desarrollo de disciplinas afines. La Astronomía ha sido un positivo gancho para el progreso de la ciencia y de la tecnología".

La invitación hecha por la académica, entonces, fue a mirar el cielo "sabiendo que se es parte de su inmensidad" y "a dar un paseo desde la Tierra a los confines del Universo".

Francisco Brieva, Decano de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, aprovechó la oportunidad para destacar el papel que cumple la Casa de Bello en la educación, en la investigación y en la divulgación: “siempre a la vanguardia del país, marcando el norte”.

Mónica Rubio, Directora del Programa de Astronomía de Conicyt, comentó: “Me parece fantástico no hay nada mejor que llevar la ciencia -y más aún una tan apasionante como la astronomía-, a todos los ciudadanos. Sobre todo en un país donde tenemos los mejores cielos del mundo”.

María Eugenia Hirmas, Directora Sociocultural de la Presidencia, destacó la ubicación de la muestra, en pleno centro de la capital: “Permite que la gente de todos los sectores pueda informarse y aprender sobre la astronomía. Se trata de una iniciativa muy buena”, acotó.

¿Qué es CATA?

El Centro de Astrofísica y Tecnologías Afines (CATA) es uno de los programas nacionales de astronomía más grandes de nuestro país. Lo dirige la Dra. María Teresa Ruiz, astrónoma de la Universidad de Chile, y se sustenta gracias al Programa de Financiamiento BASAL de CONICYT.

CATA comenzó sus operaciones hace un año y medio. Se basa en 10 áreas de trabajo: seis científicas (como planetas extrasolares, formación estelar y supernovas), tres tecnológicas (desarrollo de equipamiento para ALMA, súpercomputadores y un telescopio

Algunas fotos de la muestra:



CONOCIENDONOS UNOS A OTROS

Universidad de Chile:

50 Años de Tradición y Vanguardia

- *A días de celebrar un nuevo aniversario, la prestigiosa casa de estudios continúa siendo fundamental en el avance y desarrollo de la radioastronomía en nuestro país.*

Por Natalie Huerta.

Era 1930 y un ingeniero de Bell Telephone Laboratories llamado Karl Guthe Jansky, buscaba posibles interferencias que surgieran al utilizar "ondas cortas" (longitudes de onda de 10-20 metros) en el servicio transatlántico de radiotelefonía. En medio de sus estudios, este físico de la Universidad de Wisconsin detectó un ruido imposible de identificar y el cual se repetía cada 23 horas con 56 minutos. Tras varios meses de seguimiento logró determinar que la radiación percibida provenía de la Vía Láctea.

Pese a la publicación de su estudio y al gran impacto que causó, los vaivenes de la economía mundial impidieron que otros científicos siguieran sus pasos.

Sin embargo, algunas décadas más tarde y convencido del potencial de la radioastronomía, el entonces director del Observatorio Astronómico Nacional, Federico Rutlland, convenció al director del Departamento de Magnetismo Terrestre de la Carnegie Institution de Washington de instalar un interferómetro solar en nuestro territorio. Héctor Alvarez, entonces estudiante de ingeniería eléctrica, estuvo encargado de ubicar un lugar adecuado y de la instalación del interferómetro.

Así, el 28 de noviembre de 1959 se obtuvo el primer registro de la radioemisión del Sol en 175 MHz desde el flamante Observatorio Radioastronómico de la Universidad de Chile en Rinconada de Maipú, en las afueras de Santiago. Este evento marcó el inicio de la radioastronomía en Chile y en Latinoamérica.

A casi 50 años de este importante hito científico, la radioastronomía presenta en la actualidad un impresionante desarrollo. Entre ellos, se cuenta el imponente proyecto ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array), el más grande y moderno radiotelescopio, ubicado en el Llano de Chajnantor al norte de Chile.

Con todo, el camino a ésta y otras iniciativas que han puesto a nuestro país en el escenario científico internacional ha sido largo. Son cinco décadas de historia, donde gracias a la visión de futuro de la Universidad de Chile hoy tenemos muchas cosas que contar.

Del Sol a Júpiter

Los registros de la radioemisión solar fueron sólo el comienzo del Radio Observatorio. Con un amplio espacio donde poder instalar más instrumentos y ubicado a sólo pocos kilómetros de la capital, Rutlland estaba convencido que era necesario potenciar sus colaboraciones.

Paralelamente, la Universidad de Florida iniciaba sus estudios de la emisión decamétrica de Júpiter. No obstante, era fundamental contar con una estación en el hemisferio sur. ¿La razón? "Se había detectado, contrariamente

a lo que se esperaba, que la emisión de Júpiter era altamente polarizada y la pregunta era si la polarización de esas ondas de radio se debía al campo magnético en Júpiter o al de la Tierra. Entonces, haciendo observaciones simultáneas en ambos hemisferios, si la polarización de las ondas de radio era la misma, quería decir que eran polarizadas en Júpiter y no por el campo magnético terrestre. Y para eso se necesitaba una estación en este hemisferio en un lugar similar”, explica el astrónomo de la Universidad de Chile, Jorge May.

Casualmente, Santiago y Florida se encuentran ubicados en una longitud geográfica parecida, razón por la cual Rutland consiguió que los equipos se instalaran en el Radio Observatorio de Maipú a fines de 1959, que dependía entonces del Observatorio Astronómico Nacional de la Universidad de Chile. Las primeras detecciones de la radioemisión de Júpiter se obtuvieron en Febrero de 1960.

Pero por esos años, la radioastronomía era una disciplina que recién comenzaba y los pocos astrónomos que vivían en nuestro país se dedicaban a las observaciones ópticas. Así, quienes observaban y operaban las instalaciones en el Radio Observatorio eran ingenieros eléctricos.

Lamentablemente, un incendio destruyó el interferómetro solar y sólo quedó operativa la investigación de Júpiter. “Habían como 10 antenas distintas con sus respectivos receptores. Entonces se hicieron estudios sistemáticos. Ahí se observaba ininterrumpidamente y se tuvo una base de datos muy grande que estadísticamente permitió hacer varias publicaciones científicas”, recuerda el científico, quien entonces era un estudiante de ingeniería eléctrica y en 1963 viajó a Estados Unidos para realizar estudios de postgrado en astronomía.

A su regreso, Jorge May asumió la dirección del Observatorio Radioastronómico y las observaciones planetarias siguieron en pie. Pero el objetivo fue observar también otros objetos más lejanos y débiles.

Con la creación de Conicyt en la década de los 70's se logró financiar un diseño original de un gran arreglo de dipolos con un área colectora de 10.000 m², que permitió pasar de la radioastronomía solar y planetaria, a la galáctica y extragaláctica. Los resultados fueron prometedores. “Hicimos un mapa de toda la radiación del fondo galáctico, cubriendo todo el cielo austral. Detectamos una gran cantidad de radiofuentes extragalácticas y galácticas, incluyendo varios pulsares” afirma May.

Completar la exploración de todo el cielo austral tomó cerca de 15 años, y, en el intertanto, en 1982 la Universidad de Chile gestionó la llegada de un nuevo radiotelescopio para operar en la banda milimétrica, a través de una colaboración con la Universidad de Columbia, el cual fue instalado en el Observatorio de Cerro Tololo. Importante es destacar que, gracias a esta gestión, se realizó el primer mapa del gas molecular en la Galaxia austral y que arribaron más tarde al país otros proyectos como los radiotelescopios SEST en La Silla y NANTEN en Las Campanas.

Finalmente, en 2000 el Radio Observatorio de Rinconada de Maipú dejó de operar. El laboratorio con que contaban fue trasladado al Departamento de Astronomía en Cerro Calán, dando origen en la actualidad al Laboratorio de Ondas Milimétricas. El desarrollo de la radioastronomía y la instrumentación

radioastronómica en la Universidad de Chile y en el país siguió adelante. Ahora, desde un nuevo frente.

Grandes Proyectos

Durante 2001 el Comité Asesor Científico de ALMA se reunió para discutir qué bandas de frecuencia serían prioridad en el proyecto. Algunas ya estaban asignadas, pero un rango de frecuencia quedó descubierto. “Recuerdo que yo estaba participando de esa reunión y dije *‘quizás Chile podría hacer este rango de frecuencia’*. Miembros del Comité Asesor Científico comenzaron a apoyar esta idea que fue madurando por bastante tiempo”, explica el astrónomo de la Universidad de Chile y encargado del Área de Instrumentación Radioastronómica, Leonardo Bronfman.

Gracias al programa de financiamiento BASAL y al sólido proyecto que presentaron, en 2007 se obtuvieron los fondos para concretar el diseño y construcción de un prototipo de receptor para la Banda 1 de frecuencia (31-45 GHz), para ALMA.

Esta iniciativa permitió adquirir equipamiento de última generación, como lo es la máquina CNC (Computer Numerically Controlled Drilling and Milling Machine) de alta precisión (un micrón en posicionamiento) para fabricar componentes ópticos y de microondas, el analizador vectorial de espectros y un sistema criogénico compatible con receptores ALMA.

En paralelo al proyecto y en conjunto con el Departamento de Ingeniería Eléctrica, se formó el innovador programa de Doctorado en Ingeniería Eléctrica con mención en Instrumentación Astronómica. La creación de este postgrado significó la incorporación casi inmediata de un número importante de alumnos y profesores de gran nivel, que han significado un gran aporte. “La experiencia ha sido fantástica. Es el único programa que les permite a los estudiantes formarse y trabajar acá. Tienen experiencias internacionales, viajan y tienen pasantías, pero funciona muy ligado a este laboratorio”, afirma Bronfman.

Mientras, la iniciativa del prototipo va por buen camino. “Hay un diseño global y está casi todo el equipo disponible, salvo el sistema criogénico que debiese estar utilizable en mayo próximo. Esto nos permitirá enfriar el receptor que funciona a baja temperatura, tan bajas como de -261°C . Hay un diseño preliminar, hay componentes ópticas que ya están siendo construidas. Tenemos también un equipamiento que nos permite medir el diagrama de difracción de la bocina del receptor. El año que viene será el año de la baja temperatura y ya estaremos en condiciones de realizar pruebas de las componentes”, explica.

Y aunque este es el principal proyecto, no es el único. Hay un segundo en el cual la Universidad trabaja en colaboración con la Unión Europea. Se trata de la creación de seis receptores para la banda 5 en 180 GHz. Estos receptores se construyen en Suecia, se prueban y caracterizan en Inglaterra. Después vienen acá donde se integran a ALMA. “Nuestro ingenieros tendrán que participar en el ensamblaje, integración y verificación, que es en definitiva, poner todas las partes juntas en el receptor, integrarlas a ALMA y verificar su funcionamiento. Para eso se han entrenado mediante la construcción de

partes y piezas, y la construcción de un sistema de pruebas”, aclara Bronfman.

La instalación de ALMA, el radiotelescopio más potente y moderno del mundo con una visión hasta diez veces más aguda que la del Telescopio Espacial Hubble, representa un enorme avance en la radioastronomía y una oportunidad única para el desarrollo científico nacional, donde la Universidad de Chile tiene un rol fundamental.