Guatemala, 12 de noviembre 2018 Ref. Puicb-18039

Dr. Erwin Humberto Calgua Guerra Director General de Investigación Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Dr. Erwin Humberto Calgua Guerra.

Reciba un saludo del Programa Universitario de Investigación en Ciencias Básicas (Puicb) y Energía (Puien) de la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Adjunto a la presente encontrará el informe final del proyecto: "Estudio del ciclo de actividad en una muestra de blazares en rayos gamma" con partida presupuestal 4.8.63.4.44 coordinado por el Dr. José Rodrigo Sacahui Reyes avalado por el Instituto de Investigaciones en Ciencias Físicas y Matemáticas de la Escuela de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Usac, que fue revisado por este programa.

Se deja constancia que la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el presente año tiene problemas de desfinanciamiento presupuestario; por lo que El Consejo Superior Universitario a través del Pto. Segundo, inciso 2.2, subinciso 2.2.2, Acta No. 29-2018 realizó acciones y medidas de austeridad para contrarrestar esta situación, que incluían entre ellas el congelamiento del renglón 1.41 (Transporte de personas). Tomando en consideración que el Dr. Sacahui solicitó dentro de su presupuesto la compra de dos boletos aéreos y que colocó en el informe que "la Digi no cumplió con la compra de 2 pasajes solicitados", se desea aclarar que esta situación no obedece a incumplimiento de Digi, ya que los pasajes no se compraron, debido a la coyuntura que atraviesa la institución y que esta aseveración no refleja la buena voluntad y el trabajo desarrollado por la Dirección, el cuál envío las dos cartas de solicitud del renglón 1.41 Transporte de personas, a pesar de que la Universidad se encontraba realizando acciones y medidas de austeridad (se adjunta evidencia). Por lo demás, el informe llena los requisitos solicitados por Digi. Además se entrega el manuscrito científico, el cuál tiene deficiencias de forma según las instrucciones, el cual se trabajarán en el segundo módulo de las Jornadas de Actualización, Herramientas para elaboración y revisión de un manuscrito científico de calidad que se llevará en noviembre. Agradeciendo su atención a la presente me suscribo,

ID Y ENSEÑAD A TODOS Julio Ing. Agr Rutino Coordinador Programa Universitario de Investigación en Ciencias Básicas y Energía 2018 13 NOV Inga Andrea Rodas Moran Apoyo Programa Universitario de Investigación en Ciencias Básicas y Energía DIGI-USA

Trasladar a Verensia Colehin. E. Calque



Guatemala, 03 de octubre de 2018

Licenciado Juan Carlos Palencia Molina Director Dirección General Financiera Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Director:

Para su conocimiento y efectos, transcribo el Punto SEGUNDO, Inciso 2.2, Subinciso 2.2.2 del Acta No. 29-2018 de sesión ordinaria celebrada por el Consejo Superior Universitario, el día miércoles 26 de septiembre de 2018, mismo que copiado literalmente dice:

"SEGUNDO <u>PUNTOS INDICADOS COMO DE SESION PERMANENTE.</u>

- 2.2 <u>Análisis de la situación financiera de la Universidad de San Carlos</u> <u>de Guatemala.</u>
- 2.2.2 <u>OFICIO DGF 990D-2018 de la Dirección General Financiera,</u> mediante el cual presentan propuesta ante el Consejo Superior Universitario, en seguimiento al análisis de la situación financiera de la Universidad de San Carlos de Guatemala.



El Consejo Superior Universitario conoce el OFICIO DGF 990D-2018, de fecha 24 de septiembre de 2018, mediante el cual el Lic. Juan Carlos Palencia Molina, Director General Financiero en seguimiento al análisis de la situación financiera de la Universidad de San Carlos de Guatemala, solicita elevar a consideración del Consejo Superior Universitario para su análisis y aprobación, la propuesta que se describe a continuación: -----



RICENTENARIA

 Congelar las asignaciones del grupo 3 "Propiedad, Planta, Mobiliario, Equipo e Intangibles" del Presupuesto de Egresos Ordinarios de la Universidad de San Carlos de Guatemala para el Ejercicio 2018. Las compras con cargo a este grupo de gasto, que al 26 de septiembre del presente año, que no se encuentren comprometidas presupuestariamente (con disponibilidad presupuestal asignada) suspenderán su trámite.

Lo anterior, con la finalidad de generar recursos financieros que se destinarán al pago de salarios y prestaciones que en su conjunto se tienen que pagar por parte de la Universidad en el mes de noviembre del año en curso. De igual manera se hace saber que ya no se atenderán asignaciones adicionales, en virtud de no existir espacios presupuestarios y financieros correspondientes. -----Así mismo, se informa que mediante recibos Nos. PP-59613 y 59614 del 24 de septiembre de 2018, se canceló al Plan de Prestaciones de la Universidad de San Carlos de Guatemala la renta consignada y cuota patronal correspondiente al mes de agosto de 2018. -----

Luego de varias propuestas de los miembros del Consejo Superior Universitario, por su parte, el Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López, Decano de la Facultad de Agronomía, pidió expresamente que quedara en acta, que el CSU debe tener cuidado para que las medidas que se tomen sean responsables; que no impliquen la inmovilidad de la Universidad de San Carlos de Guatemala en su mandato básico, así como en afectar a los estudiantes que están realizando su EPS. ------

Standard St Standard Stand Standard Stand Standa

El Consejo Superior Universitario después de un amplio análisis y deliberación ACUERDA: 1) Congelar las asignaciones del GRUPO 3 "Propiedad, Planta, Mobiliario, Equipo e Intangibles" del Presupuesto de Egresos Ordinarios de la Universidad de San Carlos de Guatemala para el Ejercicio 2018, con el propósito de coadyuvar en el espacio financiero a fin de atender prioritariamente los compromisos salariales de esta Casa de Estudios Superiores, de aquellas compras con cargo a este grupo de gasto, que al **03 de octubre del presente**



año no estén adjudicadas. Se exceptúa la ejecución de los renglones presupuestarios correspondientes al subgrupo 32 "Maquinaria, Mobiliario y Equipo", para que se realicen compras sin aprobación previa de la Dirección General Financiera, cuando las mismas se desarrollen por la modalidad específica de Compra de Baja Cuantía. En el caso de la ejecución del renglón presupuestario 324 "Mobiliario y Equipo Educacional, Cultural y Recreativo", se podrá ejecutar sin aprobación previa de la Dirección General Financiera, siempre que las mismas se realicen bajo la modalidad específica de Compra Directa (Oferta Electrónica), cuando dichas compras se encuentren programadas; asimismo se exceptúan: la compra de equipo programada en el Plan de Respuesta ante la emergencia del Volcán de Fuego para la Finca Sabana Grande de la Facultad de Agronomía y la adquisición de equipo financiado con fondos provenientes de la actividad comercial conforme lo establece el Artículo 22 del Reglamento General para el Desarrollo de la Actividad Comercial de las Instalaciones de la Universidad de San Carlos de Guatemala. A partir del 01 de octubre del presente año no se autorizarán transferencias destinadas al GRUPO 3. -----

2) Congelar la ejecución de los conceptos contenidos en los renglones de gasto siguientes: 131 Viáticos en el Exterior; 141 Transporte de Personas, únicamente lo relativo al pago de transporte al extranjero, excepto si el mismo se destina al pago de transporte de conferencistas e invitados especiales extranjeros para asuntos eminentemente académicos; 419 Otras Transferencias a Personas individuales (ayudas económicas); 435 Transferencias a Otras Instituciones sin Fines de Lucro (ayudas económicas); 262 Combustibles y Lubricantes, únicamente lo relativo a asignaciones de cuotas de combustible mensual que se autorizan de conformidad con lo preceptuado por el Artículo 19 del Reglamento de Gastos de Representación, Viáticos, Gastos Conexos y Gastos por Atención y Protocolo de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con efectos a partir del 01 de octubre del presente año.





SECRETARÍA GENERAL

:NTENARIA

3) Se faculta a la Dirección General Financiera, para calificar y resolver las excepciones por casos fortuitos y/o fuerza mayor, debiendo las Unidades Ejecutoras presentar las justificaciones que permitan establecer dicho extremo, con base en los criterios siguientes: a) Casos Fortuitos: Daños causados por fenómenos naturales o fortuitos que causen daños físicos a bienes indispensables para el funcionamiento y prestación de servicios a la Universidad y población en general. Para lo cual los Secretarios Adjuntos o Secretarios Administrativos o la Autoridad Competente, deberán adjuntar el dictamen técnico respectivo; se instruye a la Dirección General Financiera, que en relación a la autorización de las excepciones otorgadas del GRUPO 3, estas no superen el monto global de tres millones de quetzales; b) Anticipos de inversión o estimaciones de pago en proyectos de inversión aprobados por el Consejo Superior Universitario; c) Gastos que correspondan al cumplimiento de acuerdos, convenios o cartas de entendimiento, compromisos de representación de país, firmados antes de la fecha establecida por el Consejo Superior Universitario para la congelación de gastos; d) Ayudas económicas necesarias para actividades académicas de alto impacto social. -----

4) Convocar a sesión extraordinaria del Consejo Superior Universitario el próximo miércoles 03 de octubre de 2018, para continuar con el análisis del presente punto."

Aprovecho la oportunidad para suscribir la presente.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS" Ara. Carlos Enlique Valladdres Cerezo

SECRETARIO GENERAL

NUMBER OF OWNERS

c.c. Unidades Ejecutoras, Consejo Superior Universitario Archivo CECR/kezr.



COPIA

Ref. F. I. DIGI-57-2018 Guatemala, 23 de agosto 2018

Lora



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

23 AGO 2018

Firma

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos Rector Universidad de San Carlos de Guatemala Presente

Estimado Ing. Paiz:

Reciba un cordial saludo de la Dirección General de Investigación.

Adjunto le remito para su aprobación proyecto de acuerdo de rectoria para pago de boleto aéreo clase económica para el Dr. Manuel Antonio Castro Avila del Instuto de Investigaciones de espacio (INPE) de Brasil, quien estará de visita en Guatemala del 16 al 24 de septiembre. El Dr. Castro estará haciendo análisis relacionados con el Proyecto de Investigación titulado **"Estudio del ciclo de actividad en una muestra de blazares en rayos gamma"** coordinado por el Dr. José Rodrigo Sacahui Reyes.

Sin otro particular, y agradeciendo su atención a la presente, me suscribo de usted.

Muy Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Dr. Erwin Humberto Calgua Guerra Director General de Investigación

c.c. archivo aamdm



Edificio S-11, Tercer Nivel, Ciudad Universitaria, Zona 12. Teléfonos directos: (502) 2418 -7950, 2418-7952 PBX: (502) 2418-8000 Ext. 82402, 82403

E-mail : digi@usac.edu.gt http://digi.usac.edu.gt



Ref. F. I. DIGI-63-2018 Guatemala, 21 de septiembre 2018

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos Rector Universidad de San Carlos de Guatemala Presente

S JE GUATEMAL RECEIPTION MΠ 2 5 SEP 2018 107M

Estimado Ing. Paiz:

Reciba un cordial saludo de la Dirección General de Investigación.

Adjunto le remito para su aprobación proyectos de acuerdo de rectoria para pago de boletos aéreos clase económica para el Dr. José Rodrigo Sacahui Reyes, Coordinador del Proyecto de Investigacion **"Estudio del ciclo de actividad en una muestra de blazares en rayos gamma"**, para viajar al Italia del 13 al 23 de octubre 2018. Dr. Juan Francisco Perez Sabino, Coordinador del Proyecto de Investigación **"Aislamiento y purificación de camazuleno y sus percursores sesquiterpenlactonicos en Stevia serrata Cav. De diferentes poblaciones del Occidente de Guatemala, como fuente pontencial para la obtencion de antiinflamatorios naturales" para viajar a Rio de Janeiro, Brasil, del 08 al 19 de octubre 2018.**

Sin otro particular, y agradeciendo su atención a la presente, me suscribo de usted.

Muy Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Dr. Erwin Humberto Calgua Guerra Director General de Investigación





Edificio S-11, Tercer Nivel, Ciudad Universitaria, Zona 12. Teléfonos directos: (502) 2418 -7950, 2418-7952 PBX: (502) 2418-8000 Ext. 82402, 82403

E-mail : digi@usac.edu.gt http://digi.usac.edu.gt





Universidad de San Carlos de Guatemala Dirección General de Investigación Programa Universitario de Investigación en Ciencias Básicas

Informe final Estudio del ciclo de actividad en una muestra de blazares en rayos gamma

Equipo de investigación Nombre del coordinador **José Rodrigo Sacahui Reyes**

Auxiliares de investigación II Marco Antonio Morales Ovalle Joselyn Mabel Osorio Archila

Guatemala, 06 de noviembre de 2018

Unidad de investigación avaladora Escuela de Ciencias Físicas y Matemáticas Dr. Erwin Humberto Calgua Guerra Director General de Investigación

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar Coordinador General de Programas

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar Coordinadora del Programa de Investigación

José Rodrigo Sacahui Reyes Coordinador del proyecto

Marco Antonio Morales Ovalle Auxiliar de investigación II

Joselyn Mabel Osorio Archila Auxiliar de investigación II

Ana Penacchioni Colaboradora

Manuel Castro Colaborador

Antonio Marinelli Colaborador

Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación, 2018. contenido de este informe de investigación es responsabilidad exclusiva de sus autores. Esta investigación fue cofinanciada por la Dirección Genral de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de la Partida Presupuestaria 4.8.63.4.44 durante el año 2018 en el Programa Universitario de Investigación de Ciencias Básicas. Financiamiento aprobado por Digi: <u>Q. 74,235.08</u> Financiamiento ejecutado: <u>Q. 55,068*</u>

*Digi no cumplió con la compra de 2 pasajes solicitados en el proyecto, solicitudes hechas en los meses de septiembre y octubre, por lo que el monto ejecutado es menor al solicitado.

Índice

| Resumen | 4 | | | | |
|------------------------------------------|----|--|--|--|--|
| Palabras clave | 4 | | | | |
| Abstract and keywords | 4 | | | | |
| Introducción | 5 | | | | |
| Planteamiento del problema | 6 | | | | |
| Preguntas de investigación | 6 | | | | |
| Delimitación en tiempo y espacio | 7 | | | | |
| Marco teórico y estado del arte | 7 | | | | |
| Objetivo general | 10 | | | | |
| Objetivos específicos | 10 | | | | |
| Hipótesis | 10 | | | | |
| Materiales y métodos | 10 | | | | |
| Vinculación, difusión y divulgación | 13 | | | | |
| Resultados | 14 | | | | |
| Análisis y discusión de resultados | 14 | | | | |
| Conclusiones | 15 | | | | |
| Impacto esperado | 15 | | | | |
| Referencias | 16 | | | | |
| | | | | | |
| Índice de tablas | | | | | |
| Tabla 1: Operacionalización de variables | 12 | | | | |
| Tabla 2: Ciclos de actividad | | | | | |

Índice de figuras

| Gráfica 1: Curva de luz 3C 66A | 12 |
|------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfica 2: Ciclo de actividad 3C 66A | 13 |
| Gráfica 3: Ciclo de actividad en función del corrimiento al rojo | 15 |

Estudio del ciclo de actividad en una muestra de blazares en rayos gamma

1. Resumen

Los blazares son las fuentes de rayos gamma extragalácticas más activas. Presentan una secuencia de fases en estado activo, es decir con altos niveles de flujo, seguidos por estados estacionarios con fases en estado base, con valores menores de flujo. Se presenta el análisis de una muestra de 25 fuentes del tipo bllac detectadas por el Large Area Telescope (LAT) en órbita en el satélite Fermi en un período de 10 años, desde 2008 al 2018. Se calculó el flujo medio utilizando curvas de luz con episodios de 2 semanas y determinamos el flujo umbral Fun para separar estados activos de estados estacionarios. Para alcanzar esto se organizaron los datos en un histograma de flujos el cual se ajustó con la suma de una distribución gaussiana más una lognormal, de tal manera que la primera describe el estado estacionario mientras que la función lognormal describe las fases activas. Se definió el umbral como el valor de la media de la gaussiana más tres desviaciones. Luego se estimó el valor del ciclo de actividad para cada fuente de la muestra en función del flujo, para un rango de energía de LAT entre 100 MeV - 300 GeV. Se encontró que los objetos de la muestra presentan valores diferentes del ciclo de actividad, con un valor promedio de 34.35% al no considerar el fondo extragaláctico, mientras que considerando el fondo se obtiene un valor promedio de 33.82%, además de que no hay diferencia significativa entre fuentes a diferentes corrimientos al rojo en el rango de distancias de la muestra.

2. Palabras clave

BLlac, Fermi-LAT, rayos gamma extragalácticos.

3. Abstract and keywords

Blazars are the most active extragalactic gamma ray sources. They present a succession of active-state phases with high flux values followed by steady-state or baseline phases, with lower values of the flux. We present an analysis of sample of 25 bllac sources detected by the Large Area Telescope (LAT) onboard the Fermi satellite during a ten-year period, from 2008 to 2018. We calculate the mean flux from the 2-week binned lightcurve and determine a threshold F_{trh} for the flare flux in order to separate the active from the baseline periods. In order to achieve this we organise the data into a flux histogram and fit the sum of a gaussian and a log-normal distribution functions, such that the first describes the baseline state and the log-normal accounts for the active phase state. We define the threshold flux as the value of the mean of the gaussian plus three standard deviations. We then estimate the duty cycle for each source of the sample as a function of the flux, for the LAT energy range (100 MeV - 300 GeV). We found that the objetcs present different duty cycle values with an average value is of 33.82%. After we

found that there is no significant difference in the values inferred for the duty cycle at different redshifts they present similar values of Duty-Cycle meaning there is no significant difference between sources at different redshifts.

Keywords: BLlac, Fermi-LAT, extragalactic gamma rays.

4. Indroducción

Los blazares son un tipo de galaxias con núcleo activo o galaxias activas (AGNs por sus siglas en inglés), en cuyo centro se emite una gran cantidad de radiación no atribuida a actividad estelar (Peterson, 1997). Se encuentran entre los fenómenos más energéticos del Universo, se cree que son generados por material cayendo mediante un disco de acreción hacia un agujero negro supermasivo (10⁶-10⁸ masas solares) en el centro de la galaxia anfitriona (Magorrian et al., 1998). Su emisión electromagnética no térmica intensa es generalmente detectada en todas las bandas observables, desde radio hasta rayos gamma, y está dominada por emisión de un chorro relativista apuntando hacia el observador (cuando el chorro no apunta a nuestra dirección, se les conoce como radio galaxias). Los blazares por ende revelan los procesos energéticos que ocurren en el centro de las galaxias activas. El mecanismo más favorable para explicar las emisiones de radio a el óptico es mediante emisión sincrotrón mientras que los rayos gamma se producen por Compton inverso por los mismos electrones relativistas que emiten en sincrotrón (Sikora et al., 1994, 2009).

Muchos blazares fueron inicialmente identificados como estrellas variables irregulares en nuestra propia galaxia. Su luminosidad varía en escala desde días a años, aunque sin ningún patrón. Con el desarrollo de la radioastronomía muchas fuentes de radio brillantes fueron descubiertas, y la mayoría con contraparte óptica. Esto llevó al descubrimiento de los quásares a finales de la década de 1950, y la primera determinación de distancia fue para el blazar 3C 273 (Schmidt, 1963). El satélite Fermi, lanzado en el año 2008, marcó el inicio para una nueva era en la investigación de los blazares, debido a su Large Area Telescope (LAT), el cual detecta fuentes en un rango de energía de 0.1 – 300 GeV (Atwood et al., 2009) y ofrece una mejor sensitividad que las misiones anteriores. En este rango de energía los blazares presentan alta variabilidad, con períodos en los cuales el flujo crece considerablemente (Abdo et al., 2009). Estudios espectrales detallados de blazares son herramientas fundamentales para determinar los procesos físicos responsables de la aceleración de partículas en el chorro (Urry, 1996).

De acuerdo al modelo estándard de AGNs (Antonucci, 1993; Urry & Padovani, 1995), material frío cercano al agujero negro forma un disco de acreción que transporta materia hacia adentro y momentum angular hacia afuera, causando que el disco se caliente. El espectro esperado del disco de acreción presenta un máximo en el rango del óptico-ultravioleta. Adicionalmente una corona de material caliente se forma alrededor del disco de acreción y puede difractar fotones hacia energías de rayos-X mediante el proceso de Compton invreso.

Los blazares son usualmente divididos en dos subclases: BL Lacs (Stickel et al. 1991) y quásars de espectro plano (FSRQ) (Angel & Stockman, 1980), aunque hasta la fecha no existe un acuerdo completo acerca de los criterios de separación entre uno y otro. Los BL Lacs son llamados así luego de su prototipo BL Lacertae. Se caracterizan por una rápida variabilidad de flujo y una polarización óptica significativa, pero contraro a los FSRQs su espectro no presenta líneas fuertes de emisión, por lo que sus distancias no pueden ser inferidas directamente, debiéndose utilizar espectros de su galaxia anfitriona cuando es posible. Se han realizado algunos monitoreos de blazares para grandes períodos en búsqueda de periodicidades en los mismos (Abdo et al., 2014; Tluczykont, 2010). El ciclo de actividad de un blazar es la porción de tiempo que el objeto está en estas fases activas (Abdo et al., 2014; Vercellone, Soldi, Chen, & Tavani, 2004), el cual varía de objeto en objeto y por ende puede constituir una propiedad de la fuente además de ser un indicativo del medio en el que se encuentra. La relevancia del ciclo de actividad se debe a que puede convertirse en un criterio para clasificar blazares además que sería un indicativo de varias características de la fuente tales como acreción del agujero negro, intensidad de campos magnéticos, etc. En este trabajo se presenta el ciclo de actividad en una muestra de blazares de tipo BL Lac del tercer catálogo de Fermi-LAT (Ackermann et al., 2015), el cual junta 4 años de datos y contiene 1563 AGNs de los cuales el 98% es del tipo blazar.

5. Planteamiento del problema

Los blazares son objetos que emiten en prácticamente todas las longitudes de onda, desde radio hasta rayos gamma (Peterson, 1997). Constituyen los objetos puntuales más brillantes en el rango de energía de los rayos gamma (0.1 – 300 GeV) y actualmente se han detectado más de 1,500 (Ackermann et al., 2015) por medio de la misión Fermi-LAT, en funcionamiento desde el año 2008 (Atwood et al., 2009). Los blazares se subdividen en tipo BL Lac y FSRQ, aunque su división no es del todo clara. Los modelos actuales proponen que los del tipo BL Lac se producen cuando el chorro apunta directamente a la Tierra, mientras que los FSRQ cuando el chorro está ligeramente desviado, es por ello que el estudio de los blazares tipo BL Lac reflejan la actividad del chorro, detectandose únicamente radiación no térmica producida por electrones acelerados en choques. Los blazares son fuentes altamente variables, y el ciclo de actividad se define como la porción de tiempo que un objeto pase en fase activa, es decir, cuando el flujo aumenta y rebasa un flujo umbral, el cual varía en su definición para diferentes autores (Vercellone, Soldi, Chen, & Tavani, 2004; Tluczykont et al., 2010). En diferentes longitudes de onda se conoce poco acerca de su ciclo de actividad, en particular debido a la disponibilidad de datos y por ser una de las fuentes más interesantes debido a su cercanía y brillo, se han realizado estudios detallados para Mrk 421 (Abdo et al., 2014) utilizando datos del observatorio MILAGRO, que observó a energías mayores a los TeV. En rayos gamma debido a la naturaleza de los detectores se puede tener monitoreo contínuo de las fuentes aunque se tiene una muestra muy reducida de objetos a los que se les conoce su ciclo de actividad. En este trabajo se

aprovechó la disponibilidad de los datos, y se redujeron los mismos para una muestra de más de 25 blazares, sin embargo debido a la baja calidad en algunos objetos la muestra se redujo. El ciclo de actividad es importante para determinar propiedades del objeto, tales como la acreción del objeto central, la densidad del ambiente en el que se encuentra y si existe alguna correlación cosmológica, es decir, si hay una evolución del ciclo de actividad en función de la distancia a la que se encuentre el blazar y por ende en una etapa diferente del universo. En base a esto se analizaron blazares con diferentes corrimientos al rojo (es decir a diferentes distancias), aunque no se tiene la distancia reportada para todos. Para la muestra que tenía el corrimento al rojo reportado, se consideró la absorción que se produce por el fondo extragaláctico, que absorbe la radiación a estas energías en su viaje a la Tierra, en particular se utilizó el modelo de Franceschini para el fondo extragaláctico.

6. Preguntas de investigación

1. ¿Qué porcentaje de tiempo pasan en fase activa los blazares del tipo BL Lac?

2. ¿Influye el tamaño del episodio seleccionado en el análisis en la obtención del valor del ciclo de actividad de blazares tipo BL Lac?

3. ¿Varía el ciclo de actividad en blazares que se encuentran a diferentes distancias?

7. Delimitación en tiempo y espacio

El estudio se realizó mayoritariamente en la Escuela de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de San Carlos de Guatemala (ECFM-USAC), además de contar con colaboraciones con investigadores en el extranjero: Dra. Ana Penacchioni (UNLP, Argentina), Dr. Manuel Castro (IPNE, Brasil) y el Dr. Antonio Marinelli (Pisa, Italia), con quienes se tuvieron sesiones periódicas mediante videollamadas y quienes además contribuyeron a la reducción de datos. El proyecto se realizaró en un tiempo de 9 meses, de febrero a octubre. Inicialmente se planteó para finalizar en septiembre, pero debido a demoras en la entrega del equipo de cómputo por parte de Digi se solicitó prórroga, de la cual no se tuvo notificiación escrita oficial de haber sido aprobada. Además el proyecto contó con la dificultad de que en la planificación inicial se planearon interacciones persona a persona con los colaboradores, lo cual se lograría mediante la visita de uno de ellos a la Universidad de San Carlos, así como mi visita a otro colaborador. Esto no se consiguió efectuar ya que de parte de Digi no se apoyó con la compra de los pasajes, como se aprobó en el proyecto, y para lo cual tampoco se tuvo notificación oficial que no serían comprados además de acerca de los motivos por los cuales no fueron otorgados, pese a que la solicitud se hizo con al menos 4 semanas de anticipación en ambos casos.

8. Marco teórico y estado del arte

1. Galaxias con núcleos activos:

Las galaxias con núcleos activos (AGNs por sus siglas en inglés) son galaxias con fenómenos energéticos en la región central o núcleo, la cual no es atribuida directamente a estrellas (Peterson, 1997). La radiación proveniente del núcleo es varios órdenes de magnitud más luminoso que el resto de la galaxia (~ $10^{5}-10^{6}$ luminosidades solares) y se cree que tiene agujeros negros supermasivos en su centro (Magorrian et al., 1998).

Los AGNs constituyen focos observacionales en prácticamente todas las longitudes de onda, desde radio hasta rayos gamma, y muchos de ellos presentan tanto emisión en continuo como líneas de emisión en varias de estas longitudes de onda (Krawczynski & Treister, 2013). Tienen una alta relevancia astronómica al involucrar gravedad extrema, partículas ultrarelativistas, campos magnéticos, hidrodinámica y transferencias radiativas, además que debido a su alta luminosidad son objetos que se pueden observar a grandes distancias respecto a la Tierra siendo útiles para validar modelos de evolución galáctica (Shields, 1999).

Es actualmente aceptado que en su centro los AGNs tienen agujeros negros supermasivos (106-

10¹⁰ masas solares) en su centro, los cuales forman un disco de acreción a su alrededor el cual tienen su máximo de emisión en la banda del óptico-ultravioleta. Los discos de acreción producen chorros altamente colimados que salen por los polos y tienen escalas de pc a kpc (Krawczynski & Treister, 2013).

Existen muchas clases de AGNs los cuales se diferencian por sus propiedades observacionales (Carroll & Ostlie, 2007). Las galaxias Seyfert presentan líneas de emisión anchas y delgadas, emisión débil en radio y se asocian a galaxias espirales (Khachikian & Weedman, 1974). El ancho de las líneas se debe a ensanchamiento Doppler, que se asocian a fuentes de emisión con velocidades entre 1000 y 5000 km s⁻¹. Otra clase la constituyen los cuásares, los cuales presentan líneas anchas y delgadas, pueden presentar emisión fuerte en radio y polarización además de variabilidad (Shields, 1999). Las radiogalaxias forman otra clase de AGNs, como su nombre lo indican tienen fuerte emisión en radio, presentan líneas de emisión y alta variabilidad, son asociadas a galaxias elípticas. Finalmente está la clase blazar, los cuales presentan muy pocas o ninguna línea de emisión, presentan alta emisión en radio, alta polarización y alta variabilidad (Antonucci & Ulvestad, 1985), debido a su alta variabilidad en un inicio fueron confundidos con estrellas variables.

2. Modelo unificado:

El modelo unificado por orientación propone que todas las clases de AGNs tienen la misma estructura en común: un objeto central compacto que funciona como motor, disco de acreción hacia el agujero negro central y chorros saliendo por los polos y las diferencias observacionales se deben a las diferentes orientaciones de los objetos al ser vistos desde la Tierra así como de la cantidad de materia acretada por el disco (Antonucci, 1993; Urry & Padovani, 1995). Bajo este esquema la energía expulsada por el AGN es debido a la conversión de energía potencial gravitacional (generada por el agujero negro) en energía radiativa y la estructura del disco que se forma depende de la cantidad de materia acretada. El agujero negro se encuentra en el centro de la galaxia y materia como gas, polvo y ocasionalmente estrellas forman el disco de acreción, el cual a su vez genera un campo magnético debido al movimiento de las cargas. Posteriormente el material es expulsado por dos chorros en los polos, los cuales están formados por partículas relativistas y fotones. La unificación incluye a las radio galaxias, las Seyfert, los cuásares y los blazares.

3. Blazares:

Bajo el modelo unificado de AGNs un blazar se produce cuando uno de los chorros de material apunta directamente hacia la Tierra, por lo que se observa mayoritariamente radiación proveniente del chorro.

Dentro de los AGNs los blazares presentan la mayor variabilidad en flujo a casi todas las longitudes de onda, observándose que los rayos gamma de alta energía (>MeV) son altamente variables en escalas de tiempo de algunos días. Son las principales fuentes capaces de emitir rayos gamma de alta energía, lo cual se explica ya que en los blazares observamos principalmente el chorro, una región bastante activa. En estas energías existen blazares que muestran poca actividad, otros con actividad media y unos con mucha actividad (Vercellone, Soldi, Chen, & Tavani, 2004) aunque se desconoce en general el tiempo que pasan activos. A estos tiempos de actividad en rayos gamma se les conoce como ráfagas y son objetos de varios estudios para validación de modelos radiativos ya que los tiempos de variabilidad colocan cotas al tamaño de la región central y de la velocidad con que el material es expulsado por los chorros (Giannios, Uzdensky, & Begelman, 2009), así como monitoreos a grandes períodos se utilizan en búsquedas de periodicidades y la naturaleza de los mecanismos de radiación (Tluczykont, 2010). El ciclo de actividad de un blazar, que se define como el tiempo en que pasan en fases activas o ráfagas, ha sido utilizado para clasificaciones de diferentes tipos de blazares como el trabajo de Vercellone y colaboradores (2004) en una muestra de blazares, sin embargo existen aún pocos trabajos del tema, aunque existen cotas al ciclo de actividad de los blazares inferidas

mediante observaciones del fondo extragaláctico de rayos gamma (Pittori, Cavazzuti, Colafrancesco, & Giommi, 2007).

4. Fermi-LAT

Para el estudio de blazares en rayos gamma actualmente funciona la misión espacial Fermi, lanzada en el 2008 y actualmente en funcionamiento, cuyo instrumento principal es el telescopio de área grande (LAT por sus siglas en inglés) (Atwood et al., 2009). LAT es un detector de campo amplio de visión diseñado para detección de rayos gamma de altas energías (20 MeV - 300 GeV). Fermi es la misión sucesora del Compton Gamma-Ray Observatory (CGRO), cuyo instrumento EGRET realizó el primer mapeo del cielo en energías arriba de los 50 MeV (Thompson et al., 1993), el cual detectó emisión en rayos gamma de estas energías proveniente de diferentes fuentes astrofísicas como blazares, púlsares, destellos de rayos gamma, llamaradas solares y radiación difusa de nuestra galaxia, descubrimientos que evolucionaron el entendimiento del universo a estas energías.

Uno de los objetivos científicos de la misión es contribuir al estudio de los mecanismos de aceleración de partículas en fuentes astrofísicas, entre las que resaltan los blazares. Previo al lanzamiento de Fermi existían detecciones de más de 60 AGNs por EGRET, de los cuales la mayoría eran blazares (Hartman et al., 1999). Los blazares dominan la contribución extragaláctica en rayos gamma de altas energías, debido a que la mayoría de estos fotones se generan en procesos no térmicos, principalmente en chorros relativistas como los que presentan los blazares lo cual predice un alto número de blazares a ser detectados por Fermi (Dermer, 2007). La mayor muestra de blazares mejorará la comprensión de los mismos, así como estudios de poblaciones, además de poder realizar mayores estudios espectrales y temporales como los realizados por Ackermann y colaboradores (2016) además de Goyal y colaboradores (2017).

El tercer catálogo de núcleos activos de galaxias detectados por Fermi-LAT (Ackermann et al., 2015) junta 4 años de datos y contiene 1563 AGNs de los cuales la mayoría (98%) son blazares. Es la secuencia del segundo catálogo (Nolan et al., 2012) basado en 2 años de datos e incrementa en un 71% las detecciones de AGNs. Los catálogos han detonado numerosos estudios de poblaciones de blazares (Ajello et al., 2012; Ghisellini et al., 2012) y han dado pruebas del origen del fondo de rayos gamma extragaláctico.

9. Objetivo general

Estimar el ciclo de actividad en rayos gamma de una muestra de al menos 25 blazares del tipo BL Lac.

10. Objetivos específicos

1. Discriminar si el tamaño del episodio seleccionado para obtener el ciclo de actividad influye en el valor obtenido.

2. Analizar si el ciclo de actividad para blazares varía en función de la distancia a la que se encuentra la fuente.

11. Hipótesis (si aplica)

No Aplica

12. Materiales y métodos Enfoque y tipo de investigación:

La presente investigación tuvo un enfoque cuantitativo con alcance descriptivo.

Recolección de información:

Se utilizaron datos de libre acceso de la misión Fermi-LAT (Fermi.gsfc.nasa.gov, 2018a), base de datos que recopila la información recolectada por la misión desde su lanzamiento en agosto del año 2008 hasta la fecha. Los datos se descargan en formato *Flexible Image Transport System* (FITS), un formato usual en trabajos de astrofísica, medieante el paquete de descarga de archivos wget, que utiliza "web scraping", una técnica utilizada para extraer información de sitios web. Para buscar trabajos hechos acerca de los objetos seleccionados, de las téncinas aplicadas y además estudios en otras longitudes de onda se accesaron a bases de trabajos astronómicos *The SAO/NASA Astrophysics Data System* (ADS) y arXiv, así como la base de datos astronómicos SIMBAD.

Muestra:

Para la selección de muestra se utilizaron los objetos reportados en el tercer catálogo de la misión Fermi-LAT, el cual reporta los datos obtenidos luego de 4 años de funcionamiento de la misión. En particular se analizaron blazares del tipo BL Lac, los cuales fueron seleccionados en función de su brillo a energías de 1-100 GeV, eligiéndose los más brillantes a estas energías. La decisión de elegir objetos BL Lac es debido a que reflejan el comportamiento del chorro, sin influencia de emisión del disco de acreción. Esto es importante ya que el material expulsado en el chorro es el que se utilizará para determinar el ciclo de actividad. Finalmente se eligieron los objetos más brillantes a estas energías para obtener los objetos con la mejor calidad de datos posible. Se realizaron los análisis considerando diferentes tamaños de episodios temporales (1 semana, 2 semanas, 1 mes y 3 meses), con el fin de seleccionar en base a la calidad de datos (los

que tengan errores más bajos y no presenten un alto número de límites superiores), además de realizar el análisis considerando el fondo extragaláctico para los objetos con corrimiento al rojo reportado y así considerar la actividad en el sistema de referencia del objeto. Se utilizaron datos desde septiembre del 2008 a febrero de 2018.

Técnicas e instrumentos:

Los datos se estudiaron mediante un análisis de máxima similitud, siguiendo el proceso descrito por la misión misma. Se realizaron análisis utilizando diferentes tamaños en las ventanas temporales de recolección de datos. Además el análisis para los objetos con distancia reportada, también se realizó considerando la absorción de fotones por el fondo extragalático.

Para el análisis de datos se utilizó un sistema operativo Linux (Ubuntu 18.04), en el que se instaló el software libre distribuido por NASA para el uso de la comunidad científica. Dicho software consiste en un conjunto de herramientas llamadas Fermi *ScienceTools* (Fermi.gsfc.nasa.gov, 2018b) para el análisis específicamente de los datos de sus instrumentos, de las cuales se utilizó la versión v11r5p3. Este conjunto de herramientas fueron desarrollados por The Fermi Science Support Center (FSSC) y fue revisado por el Fermi *User's Group*. Otro software utilizado fue HEAsoft (Heasarc.nasa.gov, 2018), un conjunto de herramientas de análisis de rayos-X y rayos gamma. Se utilizó la versión del HEASOFT (6.21) liberada en abril del año 2017.

Operacionalización de las variables:

Para la obtención del ciclo de actividad se utilizarán definiciones previas reportadas en la literatura. En particular se aplicó el método utilizado por Abdo y colaboradores (2014), el cual se basa en el trabajo de Tluczykont, (2010) para la definición del estado base y la determinación del umbral en el cual se define una fase activa. Para la determinación del estado base del blazar, se obtuvo un histograma de flujos obrenidos de la curva de luz de los 10 años de datos. Este histograma se ajusta con con la suma de una distribución gaussiana más una log-normal, de tal manera que la primera describe el estado estacionario mientras que la función log-normal describe las fases activas. Definimos el umbral como el valor de la media de la gaussiana más tres desviaciones.

El ciclo de actividad se define como: X= P/(T+P), donde T es el periodo de tiempo a nivel bajo de flujo (fase apagada) y P es el periodo de tiempo en fase activa. Esta expresión puede ser expresada en términos del flujo promedio de los años de observación, del flujo promedio de las fases activas definido por Abdoy colaboradores (2014), el cual se obtiene considerando que la fase activa está descrita por la distrubución log-normal. Además se expresa en términos del flujo base obtenido con el ajuste al histograma, y el cual considera al flujo base máximo como la media de la parte gaussiana, mientras que el mínimo corresponde a un estado totalmente callado,

es decir flujo 0. Con esta técnica se obtiene un rango de valores para el ciclo de actividad, el cual se reporta en función del flujo base.

Se aplicó el mismo procedimiento para una muestra de 5 blazares, considerando diferentes tamaños de episodios (1 semana, 2 semanas, 1 mes y 3 meses). Los resultados eran coherentes, y considerando los errores eran equivalentes. Por ende se decidió trabajar con episodios de 2 semanas, donde los errores se reducen y considerando no es un episodio muy grande. Por ende para cada análisis se utilizaron 246 puntos.

| Operacionalización de Variables | | | | | | | | | |
|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|
| Objetivo | Variables | Medición | | | | | | | |
| específicos | | 0 | | | | | | | |
| | | cualificación | | | | | | | |
| Discriminar si el | Ciclo de actividad (conceptual) | Rango de ciclo de actividad. | | | | | | | |
| tamaño del | | | | | | | | | |
| episodio | | | | | | | | | |
| seleccionado para | | | | | | | | | |
| obtener el ciclo de | | | | | | | | | |
| actividad influye | | | | | | | | | |
| en el valor | | | | | | | | | |
| obtenido. | | | | | | | | | |
| Analizar si el ciclo | Período en estado activo y pasivo | Rango de ciclo de actividad, | | | | | | | |
| de actividad para | (variable operativa) en función de la | distancia al blazar. | | | | | | | |
| blazares varía en | distancia | | | | | | | | |
| función de la | | | | | | | | | |
| distancia a la que | | | | | | | | | |
| se encuentra la | | | | | | | | | |
| fuente. | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

Tabla 1 Operacionalización de variables

Procesamiento y análisis de la información:

Se obtuvieron las curvas de luz considerando episodios de 2 semanas, las curvas de luz son gráficas donde se presenta el flujo emitido por la fuente en función del tiempo. Esto se realizó mediante las Fermi Science Tools. Se presenta el caso del blazar 3C 66A, un blazar relativamente cercano (corrimiento al rojo de 0.444) y que ha sido estudiado en diferentes longitudes de onda.

Gráfica 1 Curva de luz 3C 66A



Con este programa se obtuvieron los parámetros del ajuste, los cuales se utilizaron en una rutina python la cual obtenía el rango de ciclo de actividad. Dicho rango se presenta en la gráfica 2,



Gráfica 2 Ciclo de actividad 3C 66A

En esta gráfica, la línea central representa el ciclo de actividad inferido y la franja a color los errores asociados. El error se obtuvo mediante expansión de errores, en particular se consideró el

error asociado al flujo promedio obtenido de los datos utilizados como se reporta en Abdo y colaboradores (2014).

Este procedimiento se replicó para el resto de la muestra.

13. Vinculación, difusión y divulgación

Esta investigación se realizó en cooperación con investigadores en instituciones diferentes:

Dr. Manuel Castro (INPE, Brasil)

Dr. Antonio Marinelli (Universidad de Pissa, Italia)

Dra. Ana Penacchioni (Universidad de La Plata, Argentina)

Entre los resultados más importantes derivados del proyecto se encuentra que resultados parciales serán incluídos en un artículo, en colaboración con el Dr. Antonio Marinelli, acerca de la correlación del ciclo de actividad con la emisión de neutrinos por parte de los blazares. Los resultados preliminares fueron ya presentados en un póster en el congreso "TeV Particle Astrophysics Conference", realizado en Berlin, Alemania en el presente año. Además que Mabel Osorio, parte del proyecto, impartió el semiario semanal de la Escuela de Ciencias Físicas y Matemáticas presentando los resultados preliminares.

Lamentablemente el no cumplimiento de digi con proporcionar los pasajes colocados en el proyecto inicial, dificultó una vinculación más fuerte con los colaboradores.

| | | | | No EBL | | | Considerando EBL | | |
|--------------|--------------|------------------------|----------------------|--------|-------|----------------|------------------|-------|----------------|
| Fuente | Otro nombre | Corrimiento al rojo | Función espectral | DC_Thr | DC_0 | DC promedio | DC_Thr | DC_0 | DC promedio |
| J0538.8-4405 | PKS 0537-441 | 0.892 | LogParabola | 34.8 | 45.17 | 39.985 | 48.452 | 56.44 | 52.44 |
| J1104.4+3812 | Mkn421 | 0.031 | PowerLaw | 14.45 | 42.91 | 26.68 | 15.57 | 49.14 | 32.36 |
| J0721.9+7120 | S5 0716+71 | 0.127 | LogParabola | 32.63 | 47.88 | 40.26 | 46.17 | 72.77 | 59.47 |
| J2158.8-3013 | PKS 2155-304 | 0.116 | LogParabola | 13.73 | 37.95 | 25.84 | 12.63 | 39.51 | 26.07 |
| J0222.6+4301 | 3C 66A | 0.444 | LogParabola | 25.95 | 50.19 | 38.07 | 26.35 | 48.23 | 37.29 |
| J2202.7+4217 | BLLac | 0.0686 | LogParabola | 25.79 | 52.43 | 39.11 | 36.19 | 57.09 | 46.64 |
| J1427.0+2347 | PKS 1424+240 | - | LogParabola | 10.5 | 41.5 | 26 | - | - | - |
| J1555.7+1111 | PG 1553+113 | 0.5 | LogParabola | 4.6 | 33.82 | 19.21 | 8.45 | 34.49 | 21.47 |
| J0449.4-4350 | PKS 0447-439 | 0.205 | PowerLaw | 19.61 | 39.49 | 29.55 | 17.09 | 42.76 | 29.93 |
| J0238.6+1637 | AO 0235+164 | 0.94 | LogParabola | 52.4 | 59.57 | 55.99 | 55.39 | 61.89 | 58.64 |
| J1653.9+3945 | Mkn 501* | 0.0337 | PowerLaw | 32.9 | 58.01 | 45.46 | - | - | - |
| J0112.1+2245 | S2 0109+22 | 0.265 | LogParabola | 14.95 | 34.92 | 24.94 | 15.22 | 32.76 | 23.99 |
| J0521.7+2113 | TXS 0518+211 | 0.108 | PowerLaw | 71.67 | 80.95 | 76.31 | 25.47 | 37.66 | 31.57 |

14. Resultados:

Tabla 2 Ciclos de Actividad

| J1015.0+4925 | 1H 1013+498 | 0.212 | PowerLaw | 11.48 | 22.39 | 16.94 | 7.71 | 20.26 | 13.99 |
|--------------|----------------|--------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| J1058.5+0133 | 4C +01.28 | 0.89 | LogParabola | 49.05 | 60.82 | 54.94 | 47.59 | 59.41 | 53.5 |
| J0509.4+0541 | TXS 0506+056 | 0.3365 | PowerLaw | 18.81 | 48.13 | 33.47 | 18.12 | 40.74 | 29.43 |
| J0818.2+4223 | S4 0814+42 | 0.53 | LogParabola | 13.23 | 27.14 | 20.19 | 30.35 | 31.77 | 31.06 |
| J1217.8+3007 | 1ES 1215+303 | 0.13 | PowerLaw | 32.47 | 50.44 | 41.46 | 11.61 | 41.3 | 26.46 |
| J0854.8+2006 | OJ 287 | 0.306 | LogParabola | 8.55 | 28.71 | 18.63 | 33.87 | 48.23 | 41.05 |
| J2000.0+6508 | 1ES 1959+650 | 0.047 | PowerLaw | 39.91 | 59.57 | 49.74 | 2.96 | 24.2 | 13.58 |
| J0303.4-2407 | PKS 0301-243* | 0.26 | PowerLaw | 18.19 | 42.37 | 30.28 | - | - | - |
| J0738.1+1741 | PKS 0735+17 | 0.424 | PowerLaw | 18.68 | 42.24 | 30.46 | 20.21 | 33.62 | 26.92 |
| J1800.5+7827 | S5 1803+784 | 0.68 | PowerLaw | 16.81 | 34.83 | 25.82 | 2.89 | 38.35 | 20.62 |
| J1542.9+6129 | GB6 J1542+6129 | - | LogParabola | 4.8 | 34.89 | 19.85 | - | - | - |
| J0136.5+3905 | B3 0133+388 | - | PowerLaw | 7.32 | 42.77 | 25.05 | - | - | - |

* Los datos considerando el fondo extragaláctico están incompletos

La tabla 2 presenta los resultados obtenidos luego de seguir el procedimiento presentado para el blazar 3C 66A reportado en la sección de materiales y métodos. Las tabla contiene los nombres tanto del catálogo de Fermi como de las contrapartes en otras longitudes de onda, el corrimiento al rojo en el que se han detectado, la función espectral utilizada para reconstruir los datos, y los resultados del cálculo del rango de ciclo de actividad considerando el fondo extragaláctico como sin considerarlo.

15. Análisis y discusión de resultados:

En la presente investigación se presentaron los valores del rango de ciclo de actividad para una muestra de 25 blazares del tipo BL Lac. Los resultados arrojan que el valores inferidos para el ciclo de actividad promedio en el rango de energía de Fermi-LAT (0.1-300 GeV) para la muestra total sin considerar el fondo extragaláctico es de 34.35% y el rango de valores del ciclo de actividad está entre [16.94-76.31]%. Esto indica que considerando la muestra total en un tiempo de 10 años, la mayoría de blazares pasan en fase activa más de un tercio de su vida. Al considerar el fondo extragaláctico el valor promedio del ciclo de actividad es muy similar, 33.82% y el rango del ciclo de actividad en la muestra está entre [13.58-59.47]%, lo cual es esperado dado que a estas energías no se espera mucha absorción del fondo extragaláctico a las distancias que han sido detectados los blazares (corrimiento al rojo < 1). El resultado del ciclo de actividad promedio está en concordancia con lo reportado por Abdo y colaboradores (2014) para Mrk 421 a mayores energías, con datos del observatorio de rayos gamma MILAGRO, que observó el cielo a energías mayores a los TeV.

Considerando individualmente a los objetos, se determinó que el de mayor actividad es el blazar TXS 0518+211, el cual tiene un ciclo de actividad de más del 75%. Esto indica que el objeto ha

pasado la mayoría de su tiempo en fase activa, siendo un objeto interesante para realizar estudios más profundos acerca de su comportamiento espectral y temporal.

De la muestra de los blazares con la que se trabajó, no todos presentan corrimiento al rojo reportado, y de los que si tienen el mismo varía entre 0.031 (muy cercano) a un corrimiento al rojo máximo de 0.94.

Gráfica 3 Ciclo de actividad en función del corrimiento al rojo



En base a los resultados presentados en la Gráfica 3 se puede inferir que no existe una correlación entre el ciclo de actividad y el corrimiento al rojo en el que se encuentra el blazar. Esto se puede interpretar considerando el rango de distancias (corrimientos al rojo) abarcadas es pequeño para escalas astronómicas. Son necesarios estudios posteriores ampliando la muestra a objetos con distancias mayores (corrimiento al rojo > 1). De esta misma gráfica se puede observar que la mayoría de los objetos de la muestra pasan más de la mitad de su tiempo en estado callado o no activo.

16. Conclusiones

- Los blazares del tipo BL Lac presentan diferentes valores de ciclo de actividad, por ende indica diferentes tazas de acreción del agujero negro central.
- No existe aparente correlación entre la distancia en la que se encuentra el blazar y su ciclo de actividad.
- La selección del tamaño de episodio para realizar el análisis no influye en el valor inferido para el ciclo de actividad.

17. Impacto esperado

Este es el primer estudio relacionado al ciclo de actividad para una muestra de blazares. Acá se presentan los resultados para 25 blazares del tipo BL Lac, indicando que existen diferentes valores del ciclo de actividad para cada blazar y sin correlación con la distancia a la que se encuentran. Este es el inicio de un estudio más detallado que incluirá una muestra mayor, además de que posteriormente se realizará un estudio comparativo con los blazares del tipo FSRQ. El ciclo de actividad parece tener una correlación con la emisión de neutrinos por parte de los AGNs (estudio en proceso), y resultados parciales de esta investigación serán reportados en una publicación en conjunto con investigadores de la Universidad de Pisa, Italia.

18. Referencias

- Abdo, A. A., Ackermann, M., Ajello, M., Atwood, W. B., Axelsson, M., Baldini, L., ... & Bechtol, K. (2009). Bright active galactic nuclei source list from the first three months of the Fermi Large Area Telescope all-sky survey. *The Astrophysical Journal*, *700*(1), 597.
- Abdo, A. A., Abeysekara, A. U., Allen, B. T., Aune, T., Barber, A. S., Berley, D., ... & DeYoung, T. (2014). The study of TeV variability and the duty cycle of Mrk 421 from 3 Yr of observations with the Milagro observatory. *The Astrophysical Journal*, *782*(2), 110.
- Ackermann, M., Ajello, M., Atwood, W. B., Baldini, L., Ballet, J., Barbiellini, G., ... Zimmer, S. (2015). The Third Catalog of Active Galactic Nuclei Detected by the Fermi Large Area Telescope. *Astrophysical Journal*, *810*, 14-48. doi: 10.1088/0004-637X/810/1/14
- Ackermann, M., Anantua, R., Asano, K., Baldini, L., Barbiellini, G., Bastieri, D., ... Zimmer, S. (2016). Minute-timescale >100 MeV gamma-Ray Variability during the Giant Outburst of Quasar 3C 279 Observed by Fermi-LAT in 2015 June. Astrophysical Journal Letters, 824(2), L20. doi: 10.3847/2041-8205/824/2/L20
- Ajello, M., Shaw, M. S., Romani, R. W., Dermer, C. D., Costamante, L., King, O. G., ... Stevenson, M. (2012). The Luminosity Function of Fermi-detected Flat-spectrum Radio Quasars. *Astrophysical Journal*, 751, 108-128. doi: 10.1088/0004-637X/751/2/108

- Angel, J. R. P., & Stockman, H. S. (1980). Optical and infrared polarization of active extragalactic objects. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, *18*(1), 321-361.
- Antonucci, R. (1993). Unified models for active galactic nuclei and quasars. *Annual Review on Astronomy and Astrophysics*, *31*, 473-521. doi: 10.1146/annurev.aa.31.090193.002353
- Antonucci, R. R. J., & Ulvestad, J. S. (1985). Extended radio emission and the nature of blazars. *Astrophysical Journal*, *294*, 158-182. doi: 10.1086/163284
- Atwood, W. B., Abdo, A. A., Ackermann, M., Althouse, W., Anderson, B., Axelsson, M., ... Ziegler, M. (2009). The Large Area Telescope on the Fermi Gamma-Ray Space Telescope Mission. *Astrophysical Journal*, 697, 1071-1102. doi: 10.1088/0004-6 37X/697/2/1071
- Carroll, B. W., & Ostlie, D. A. (2007). *An Introduction to Modern Astrophysics* (2nd International ed.); S. F. P. Addison-Wesley, Ed.
- Dermer, C. D. (2007, abril). Statistics of Cosmological Black Hole Jet Sources: Blazar Predictions for the Gamma-Ray Large Area Space Telescope. *Astrophysical Journal*, 659, 958-975. doi: 10.1086/512533
- Fermi.gsfc.nasa.gov. (2018a). Fermi SSC LAT Photon, Event and Spacecraft Data. [online] Recuperado de: https://fermi.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/ssc/LAT/LATDataQuery.cgi [Accesado 6 Feb. 2018].
- Fermi.gsfc.nasa.gov. (2018b). FSSC: Fermi Data » Data Analysis » Online Documentation » Fermi Science Tools: Installation. [online] Recuperado de: https://fermi.gsfc.nasa.gov/ssc/data/analysis/software/ [Accesado 6 Feb. 2018].
- Ghisellini, G., Tavecchio, F., Foschini, L., Sbarrato, T., Ghirlanda, G., y Maraschi, L. (2012). Blue Fermi flat spectrum radio quasars. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, *425*(*2*), 1371-1379. doi: 10.1111/j.1365-2966.2012.21554.x

- Giannios, D., Uzdensky, D. A., & Begelman, M. C. (2009). Fast TeV variability in blazars: jets in a jet. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 395, L29-L33. doi: 10.1111/j.1745-3933.2009.00635.x
- Goyal, A., Stawarz, Ł., Ostrowski, M., Larionov, V., Gopal-Krishna, Wiita, P. J., ... Agudo, I. (2017). Multiwavelength Variability Study of the Classical BL Lac Object PKS 0735+178 on Timescales Ranging from Decades to Minutes. Astrophysical Journal, 837, 127. doi: 10.3847/1538-4357/aa6000
- Hartman, R. C., Bertsch, D. L., Bloom, S. D., Chen, A. W., Deines-Jones, P., Esposito, J. A.,
 ... Dingus, B. L. (1999). The Third EGRET Catalog of High-Energy Gamma-Ray Sources. Astrophysical Journal Supplements Series, 123, 79-202. doi: 10.1086/313231
- Heasarc.nasa.gov. (2018). *HEAsoft*. [online] Recuperado de: https://heasarc.nasa.gov/lheasoft/ [Accesado 6 Feb. 2018].
- Khachikian, E. Y., & Weedman, D. W. (1974). An atlas of Seyfert galaxies. *Astrophysical Journal*, 192, 581-589. doi: 10.1086/153093
- Krawczynski, H., y Treister, E. (2013). Active galactic nuclei the physics of individual sources and the cosmic history of formation and evolution. *Frontiers of Physics*, *8*, 609-629. doi: 10.1007/s11467-013-0310-3
- Magorrian, J., Tremaine, S., Richstone, D., Bender, R., Bower, G., Dressler, A., ... Lauer, T. (1998). The Demography of Massive Dark Objects in Galaxy Centers. *The Astronomical Journal*, 115, 2285-2305. doi: 10.1086/300353
- Nolan, P. L., Abdo, A. A., Ackermann, M., Ajello, M., Allafort, A., Antolini, E., ... Zimmer, S. (2012). Fermi Large Area Telescope Second Source Catalog. *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 199, 31-77. doi: 10.1088/0067-0049/199/2/31
- Peterson, B. (1997). *An Introduction to Active Galactic Nuclei*. Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9781139170901
- Pittori, C., Cavazzuti, E., Colafrancesco, S., & Giommi, P. (2007). Blazar duty-cycle at γ-ray frequencies: constraints from extragalactic background radiation and prospects for

AGILE and GLAST. In *The Multi-Messenger Approach to High-Energy Gamma-Ray Sources*, 309, 89-94. doi: 10.1007/s10509-007-9458-z

- Sikora, M., Begelman, M. C., & Rees, M. J. (1994). Comptonization of diffuse ambient radiation by a relativistic jet: The source of gamma rays from blazars?. *The Astrophysical Journal*, *421*, 153-162.
- Sikora, M., Stawarz, Ł., Moderski, R., Nalewajko, K., & Madejski, G. M. (2009). Constraining emission models of luminous blazar sources. *The Astrophysical Journal*, *704*(1), 38.

Schmidt M., (1963). 3C 273: A Star-Like Object with Large Red-Shift. Nature, 197, 1040.

- Shields, G. A. (1999). A Brief History of Active Galactic Nuclei. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 111, 661-678. doi: 10.1086/316378
- Stickel, M., Padovani, P., Urry, C. M., Fried, J. W., & Kühr, H. (1991). The complete sample of 1 Jansky BL Lacertae objects. I-Summary properties. *The Astrophysical Journal*, 374, 431-439.
- Thompson, D. J., Bertsch, D. L., Fichtel, C. E., Hartman, R. C., Hofstadter, R., Hughes, E. B., ... Walker, A. H. (1993). Calibration of the Energetic Gamma-Ray Experiment Telescope (EGRET) for the Compton Gamma-Ray Observatory. *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 86, 629-656. doi: 10.1086/191793
- Tluczykont, M., Bernardini, E., Satalecka, K., Clavero, R., Shayduk, M., & Kalekin, O. (2010). Long-term lightcurves from combined unified very high energy gamma-ray data. Astronomy & Astrophysics, 524, A48. Doi: :10.1051/0004-6361/201015193
- Urry C. M. (1996). Blazar Continuum Variability. Astronomical Society of the Pacific Conference Series, 110, 391.
- Urry, C. M., & Padovani, P. (1995). Unified Schemes for Radio-Loud Active Galactic Nuclei. Publications of the Astronomical Society of the Pacific, 107, 803. doi: 10.1086/133630

Vercellone, S., Soldi, S., Chen, A. W., & Tavani, M. (2004). On the duty-cycle of γ-ray blazars. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 353, 890-902. doi: 10.1111/j.1365-2966.2004.08119.x