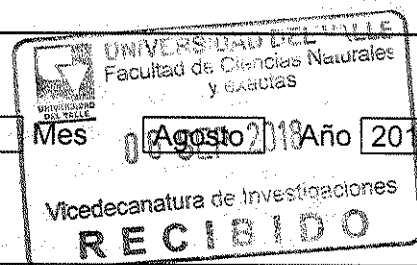




Fecha de presentación del Informe: Día 31 Mes Agosto Año 2018



Datos generales del Proyecto

Código del proyecto: CI 71074			
Título del proyecto: Expansión Acelerada del Universo con Modelos Escalar-Tensoriales			
Facultad o Instituto Académico: Ciencias			
Departamento o Escuela: Física			
Grupo (s) de investigación: Gravitación			
Investigadores ¹	Nombre	Tiempo asignado	Tiempo dedicado
Investigador Principal	Luis Norberto Granda	20 h/semana	20 h/semana
Coinvestigadores	No		
Otros participantes			

1. Resumen ejecutivo:

La cosmología actual presenta dos retos muy importantes tanto para la física como para la ciencia moderna. Estos son el problema de la energía oscura que exige la existencia de un nuevo tipo de materia de presión negativa, o la modificación de relatividad general a distancias cosmológicas y el problema de la inflación cósmica, que trata de resolver los problemas del Big Bang, y a los cuales se dedican importantes experimentos observacionales y estudios teóricos en los grandes centros de investigación del mundo.

El descubrimiento de la expansión acelerada del universo ha dado lugar a numerosas investigaciones que tratan de explicar el origen de este fenómeno. Para abordar este problema se han propuesto diferentes modelos de campos escalares de energía oscura, como los modelos de quintessence, tachyon, dilaton, k-essence, los cuales describen la energía oscura con una ecuación de estado mayor que -1. Por otro lado, recientemente se han hecho

1 Todas las personas relacionadas en el informe y que participen en el proyecto deben haber suscrito el acta de propiedad intelectual de acuerdo con los formatos establecidos.

mediciones más precisas del parámetro de Hubble (H) que favorecen un universo en una fase de expansión tipo phantom, lo cual implica una revisión tanto del modelo estándar actual con constante cosmológica, como de los modelos dinámicos con campos escalares de quintaescencia, dado que estos últimos no podrían dar cuenta de una ecuación de estado por debajo de -1 . Esto tendría fuertes implicaciones ya que se podría descartar desde el modelo LCDM hasta diferentes modelos dinámicos con campos escalares. En ese caso tendríamos que recurrir a modelos quintom, que contienen tanto la fase de quintessence como la phantom. En este sentido se destacan los modelos escalar-tensoriales, que pueden explicar el problema de la coincidencia (los valores actuales de las densidades de materia y energía oscura) y contienen las fases de subdominancia en tiempos tempranos con la transición a la fase de expansión acelerada y la subsiguiente transición a la fase phantom o de superaceleración. En el presente proyecto se continuará con el estudio de la expansión acelerada del universo, teniendo en cuenta los nuevos datos según los cuales el universo podría estar en una fase phantom, utilizando modelos escalar-tensoriales con acoplamientos cinéticos, de Gauss-Bonnet y no-mínimos.

La posibilidad de observar ondas gravitacionales primigenias (BICEP2) ha desatado el interés de los científicos y actualmente se hacen investigaciones tanto teóricas como experimentales en los principales centros del mundo, para detectar y explicar las ondas gravitacionales tanto primordiales como de origen astrofísico. Un gran paso se ha dado en la detección de ondas gravitacionales, de origen astrofísico, con el reciente descubrimiento de las ondas gravitacionales producidas en el colapso de un sistema binario de agujeros negros, por la colaboración LIGO.

Por otro lado, los datos reportados por la colaboración Planck [27-29] muestran que la proporción tensor-escalar r tiene un valor diferente de cero, lo que corroboraría la existencia de ondas gravitacionales primigenias e impone fuertes restricciones a los modelos inflacionarios, manteniendo un gran interés de la comunidad científica por el estudio de modelos teóricos de inflación que se ajusten a los nuevos datos reportados por el Planck. Así por ejemplo, los modelos inflacionarios con acoplamiento mínimo y potenciales exponenciales no se ajustan bien a los datos del Planck, y si se corrobora un valor alto de r , quedarían prácticamente descartados. En el presente proyecto, a la luz de los nuevos resultados reportados por la colaboración Planck, y dado que estos resultados restringen fuertemente los modelos inflacionarios viables, continuaremos con el estudio de modelos inflacionarios con acoplamientos cinéticos como el iniciado. También se estudiará la inflación en el marco del modelo, donde se considera el efecto combinado de los acoplamientos no-mínimo y de Gauss-Bonnet. Asimismo se pueden considerar los modelos con acoplamientos cinéticos y diferentes potenciales (entre ellos el exponencial) como modelos viables de inflación. Igualmente se considerarán modelos con acoplamiento mínimo pero con nuevos potenciales que se puedan justificar desde el punto de vista de teorías fundamentales.

2. Síntesis del proyecto:



Tema: Expansión Acelerada del Universo con Modelos Escalar-Tensoriales

Objetivos Generales

1. Realizar investigación de punta en temas fundamentales en el área de la Gravitación y la Cosmología, mediante la formulación y estudio de algunos problemas de frontera en esta área. Concretamente se aportará conocimiento en el problema de la energía oscura y la actual expansión acelerada del universo, y en el problema de la inflación cósmica del universo temprano. Este tipo de investigaciones se enmarcan en problemas de alto impacto en la ciencia actual.
2. Contribuir a los planes de desarrollo del departamento de Física y de la Universidad del Valle. Estos planes contemplan la formación de científicos a nivel de Maestría y Doctorado, quienes harán investigación de frontera en diferentes áreas de la Física Teórica y Experimental.

Objetivos Específicos

1. Se estudiará el sistema autónomo para el modelo escalar-tensorial con acoplamiento cinético y de gauss-Bonnet, donde además se incluirá la interacción entre la materia oscura y la energía oscura. Se estudiarán los puntos críticos del sistema y se buscarán trayectorias en el espacio de fases del sistema, que vayan de soluciones tipo scaling (puntos críticos inestables o puntos de silla) y terminen en atractores estables que sean soluciones de energía oscura.
2. En virtud de los últimos datos observacionales, que no solo son más precisos sino que aumentan el valor del parámetro de Hubble, se buscarán soluciones tipo phantom en modelos escalar-tensoriales con acoplamientos cinético, de gauss-Bonnet y no-mínimos y se estudiará el problema de las singularidades en tiempos finitos futuros que aparecen en modelos de energía oscura con comportamiento phantom.
3. Estudiar las condiciones de slow-roll para el modelo de campo escalar con acoplamientos no-mínimos a la curvatura y al invariante de Gauss-Bonnet. Se calculará el rango de valores que pueden tomar los parámetros inflacionarios observables y se estimará la viabilidad de dichos modelos a la luz de los nuevos datos observacionales. En particular se estudiarán las condiciones de inflación para un modelo que combina los efectos de los acoplamientos no-mínimo y de Gauss-Bonnet.
4. Se estudiarán modelos de campos escalares con acoplamiento mínimo y con nuevos potenciales justificables desde teorías más fundamentales. Se estudiarán los parámetros inflacionarios observables para estos potenciales y se hará ajustes de los parámetros del modelo de acuerdo con los datos observacionales.
5. Dada la gran cantidad de datos sobre los parámetros cosmológicos reportados por las diferentes colaboraciones, y la actualización continua de estos datos, se hace necesario utilizar estos datos para ajustar los parámetros de los modelos y de esta manera juzgar su viabilidad. Este ajuste de parámetros requiere buena potencia de cómputo y esperamos poder abordar estos problemas en el presente proyecto.



Resultados Esperados

Se espera crear nuevos conocimientos en el área de la gravitación y la cosmología, que contribuyan al entendimiento de algunos de sus problemas fundamentales. Se espera aportar conocimiento a la naturaleza de energía oscura que domina en el universo actual y la inflación en el universo temprano. Se espera concluir una investigación a nivel de doctorado y realizar una investigación a nivel de maestría. Se espera obtener publicaciones internacionales y nacionales, además de presentar ponencias en eventos científicos en el área de investigación.

Estrategia de comunicación

Utilización de la red Internet.

Divulgación de los resultados en eventos nacionales e internacionales

Publicación de los resultados en revistas científicas internacionales y nacionales.

Metodología a utilizar

Utilización y estudio de diferentes técnicas de la teoría de campos y la teoría de la gravitación. Estudio y utilización de las técnicas utilizadas en los modelos cosmológicos actuales. Utilización de las técnicas estadísticas en el ajuste de los diferentes parámetros cosmológicos y el uso de cálculos simbólicos y numéricos, utilizando los programas Mathematica y Mathtensor. Consultas e interacción con otros investigadores, directamente y por Internet.

Como resultado de la investigación realizada en el presente proyecto se han obtenido tres publicaciones internacionales y se tienen dos trabajos sometidos.

Igualmente un estudiante de pregrado (Juan Calimo Restrepo) sustentó su tesis, el último semestre se vinculó un estudiante de semilleros, quien iniciará su trabajo de grado bajo mi dirección, un estudiante de maestría (Diego Fernando Jiménez) sustentó su tesis, un estudiante de maestría (Gustavo Parra) ya presentó su proyecto y actualmente lo está finalizando y dos estudiantes de doctorado se encuentran trabajando bajo mi dirección y ya prepararon su anteproyecto de tesis doctoral.

Las investigaciones realizadas forman parte del programa de trabajo del grupo de Gravitación y por tanto le dan continuidad a la serie de investigaciones que ha venido realizando el grupo. Asimismo estas investigaciones dejan preguntas abiertas que formarán parte de los objetivos de nuevos proyectos.

3. Productos:

Tabla No. 1. Cantidad y tipo de productos pactados en el *Acta de Trabajo y Compromiso* y productos finalmente presentados

TIPO DE PRODUCTOS	No. de PRODUCTOS PACTADOS	No. de PRODUCTOS PRESENTADOS
-------------------	---------------------------	------------------------------



Productos de nuevos conocimientos				
Artículo completo publicado en revistas A1 o A2	2		3	
Artículo completo publicados en revistas B				
Artículo completo publicados en revistas C				
Libros de autor que publiquen resultados de investigación				
Capítulos en libros que publican resultados de investigación				
Productos o procesos tecnológicos patentados o registrados				
• Prototipos y patentes				
• Software				
Productos o procesos tecnológicos usualmente no patentables o protegidos por secreto industrial				
Normas basadas en resultados de investigación				
Formación de recursos humanos	No. de estudiantes vinculados	No. de tesis	No. De estudiantes Vinculados	No. De tesis
Estudiantes de pregrado	1		2	1
Semillero de Investigación	1		1	
Estudiantes de maestría			1	1
Estudiantes de doctorado	1		2	
Productos de divulgación				
Publicaciones en revistas no indexadas				
Ponencias presentadas en eventos (congresos, seminarios, coloquios, foros)	0	2	0	2



Propuesta de investigación				
Propuestas presentadas en convocatorias externas para búsqueda de financiación.				

Tabla No. 2. Detalle de productos.

Para cada uno de los productos obtenidos y relacionados en la tabla anterior, indique la información solicitada para cada uno, anexando copia de las respectivas constancias. Como anexo a esta guía encontrará el instructivo para la revisión de informes finales y productos

Tipo de producto:	Artículo
Nombre General:	European Physical Journal C, 2017, Vol. 77, 678 Págs. 1 - 12.
Nombre Particular:	Dynamical Analysis for a Scalar-Tensor Model with Gauss-Bonnet and Non-Minimal Couplings.
Ciudad y fechas:	Switzerland, Septiembre de 2017
Participantes:	Luis N. Granda Diego F. Jimenez
Sitio de información:	Base de datos Biblioteca, Universidad del Valle
Formas organizativas:	Grupo de Gravitación

Tipo de producto:	Artículo
Nombre General:	International Journal of Modern Physics D, 2018, Vol 27, 1850030 Págs. 1 - 22
Nombre Particular:	Dynamical Analysis for a Scalar-Tensor Model with Kinetic and Non-Minimal Couplings



Tipo de producto:	Artículo
Nombre General:	International Journal of Modern Physics D, 2018, Vol 27, 1850030 Págs. 1 - 22
Nombre Particular:	Dynamical Analysis for a Scalar-Tensor Model with Kinetic and Non-Minimal Couplings
Ciudad y fechas:	Singapore, Noviembre de 2017.
Participantes:	Luis N. Granda Diego F. Jimenez
Sitio de información:	La revista no está en la base de datos de la Biblioteca.
Formas organizativas :	Grupo de Gravitación

Tipo de producto:	Artículo
Nombre General:	Astroparticle Physics, 2018, Vol. 103, Págs. 115 - 121
Nombre Particular:	The Speed of Gravitational Waves and Power-Law solutions in a Scalar-Tensor Model
Ciudad y fechas:	Amsterdam, Agosto de 2018
Participantes:	Luis N Granda Diego F. Jimenez
Sitio de información:	Base de datos Bibioteca, Universidad del Valle
Formas organizativas :	Grupo de Gravitación



4. Impactos actual o potencial:

En el aspecto científico, los trabajos han sido publicados en revistas de alto impacto, uno de los cuales (Eur. Phys. J. C (2017) 77, 679) contribuyó al Nature Index de la Universidad del Valle como lo muestra este link: <https://www.natureindex.com/country-outputs/colombia>.

En el aspecto académico y educativo, han ingresado tres estudiantes de pregrado, se graduará un estudiante de pregrado del Programa "Semilleros", se graduará un estudiante de Maestría y se graduarán dos estudiantes de Doctorado.

Estos resultados forman parte del programa de Investigación del Grupo de Gravitación en Energía Oscura y Universo Temprano, dando continuidad a la serie de investigaciones que ha venido realizando el grupo. Estas investigaciones dejan preguntas abiertas que formarán parte de los objetivos de nuevos proyectos.

La presente versión del informe contiene las observaciones de los evaluadores:

Firma del investigador principal

VoBo. Vicedecano de Investigaciones

Por favor presente su informe impreso y en formato digital en hoja tamaño carta, letra arial 11, con espacios de 1 1/2