

# Compactificaciones en Teoría de Cuerdas, Teoría Doble de Campos y fenomenología.

**Director** : G. Aldazabal (aldazaba@cab.cnea.gov.ar)  
**Grupo** :Partculas y Campos

## **Contenidos:**

1. Introducción y objetivos generales
2. Objetivos específicos
3. Plan de formación
4. Bibliografía

# 1. Introducción y objetivos generales

Los últimos años han sido testigos del descubrimiento y estudio experimental del bosón de Higgs en el LHC, así como de las observaciones precisas del fondo cósmico de radiación de microondas por el satélite Planck y el telescopio BICEP2. Estos nuevos datos han proporcionado nuevos criterios para la construcción de modelos de Física de Partículas y Cosmología primordial, del punto de vista de teorías fundamentales, como la teoría de cuerdas y sus compactificaciones a cuatro dimensiones.

La teoría de supercuerdas/teoría M se postula como la candidata más firme a proporcionar una descripción unificada de las interacciones de gauge, (como las que intervienen en el Modelo Estándar (ME) de partículas elementales) y las interacciones gravitacionales, de forma consistente a nivel cuántico. Esta consistencia requiere un espacio tiempo de diez/once dimensiones y, por lo tanto, la conexión con la física observada en cuatro dimensiones implica abordar la compactificación de las dimensiones extra y/o identificar mundos cuadrimensionales inmersos en el espacio tiempo total.

Desde el punto de vista perturbativo se tiene hoy una buena comprensión de la teoría de cuerdas en cierta manera análoga al desarrollo en términos de diagramas de Feynman en teoría cuántica de campos. También se ha avanzado en la comprensión de aspectos no perturbativos. El descubrimiento de las relaciones de dualidad y la necesidad de incluir objetos extendidos o p-branas (cargadas respecto de los distintos tensores antisimétricos de la teoría) como así también la conexión entre teorías de cuerdas y de gauge (conocida como correspondencia AdS/CFT o conjetura de Maldacena), ha resultado fundamental en este sentido. Así, por ejemplo, las teorías de cuerdas perturbativas (heteróticas, Tipo I y Tipo II), que inicialmente fueron propuestas como teorías diferentes, hoy se entienden como desarrollos perturbativos (conectados entre sí por dualidades) de una misma teoría subyacente, o teoría M, es decir, como manifestaciones de una misma teoría en diferentes regímenes.

Si bien los avances realizados son muy importantes, el conocimiento de la estructura de la teoría es aún limitado, en particular, respecto de la conexión entre la teoría de cuerdas y el universo observable.

A pesar de su unicidad en 10/11 dimensiones, la teoría de supercuerdas/teoría M parece admitir numerosas soluciones (vacíos) aparentemente consistentes en cuatro dimensiones, donde cada una de éstas describe una física diferente (un problema conocido como el “paisaje” o “landscape” de cuerdas) y hoy no contamos con un criterio interno a la teoría que permita seleccionar entre ellos.

Sin embargo, una búsqueda guiada dentro de este paisaje de vacíos permite ver que existe un conjunto de soluciones que posee propiedades altamente no triviales y que son constituyentes fundamentales de la física observable. Entre las más significativas recordamos que, a partir de la teoría de cuerdas pueden obtenerse:

1. Grupos de calibre no abelianos que contienen al grupo del ME.
2. Espectro quiral consistente (característica fundamental del ME).

### 3. Una descripción cuántica consistente de la interacción gravitatoria.

Más aún, es posible obtener los grupos de calibre del ME y su contenido fermiónico exacto en algunas soluciones. Por otro lado, dada la supersimetría subyacente a la teoría de supercuerdas, es natural el acercamiento al ME pasando por extensiones supersimétricas, y la propia teoría provee distintos escenarios para la ruptura de supersimetría.

Hasta hoy, el ME en detalle, con toda su complejidad, no ha podido obtenerse todavía. No puede descartarse el hecho de que la teoría no lo contenga finalmente. Sin embargo, este problema parece más asociado a las limitaciones en nuestro manejo de la teoría de cuerdas subyacente. Estas limitaciones se manifiestan, por ejemplo, en el escaso conocimiento de efectos no perturbativos, en la insuficiente comprensión de la dinámica de cuerdas fuertemente acopladas, en las dificultades para hacer una adecuada selección de las variedades compactificadas, etc.

Algunos de los inconvenientes que presentan, en general, las acciones efectivas obtenidas a partir de las compactificaciones más usuales a cuatro dimensiones, son las siguientes:

- La mayoría de las soluciones encontradas exhiben una constante cosmológica negativa. Esto contrasta con los experimentos actuales que indican la existencia de una constante cosmológica positiva (espacio de Sitter (dS)).
- Los vacíos suelen contener un gran número de campos escalares no masivos (llamados módulos), que no se observan experimentalmente. Más aún, es difícil concebir un mecanismo de ruptura de supersimetría que no genere valores grandes para la constante cosmológica.
- En general no pueden reproducirse adecuadamente los acoplamientos de Yukawa del ME.

Nuestro objetivo central de investigación es abordar estos temas con la idea subyacente de que hay una correlación entre ellos. Es decir, la búsqueda de una solución fenomenológicamente aceptable en teoría de cuerdas, debería realizarse abordando simultáneamente estas dificultades.

Esta observación tiene que ver con el hecho de que estos problemas están fuertemente relacionados con los bloques componentes de los vacíos de cuerdas: la configuración de branas, la presencia de flujos y la reacción de estos sobre la geometría interna (backreaction).

Uno de los ingredientes más frecuentes en las compactificaciones de cuerdas es la presencia de axiones. Los axiones aparecen en teoría de cuerdas como campos escalares provenientes de la compactificación de campos gauge generalizados descritos con potenciales de p-forma (tensores antisimétricos de p índices) en la teoría 10-dimensional original. La invariancia de calibre de estos campos lleva a ciertas simetrías en cuatro dimensiones asociadas a los axiones.

Las invariancias de los axiones bajo estas transformaciones están protegidas o controladas frente a correcciones cuánticas en la teoría, incluso de fuentes desconocidas como correcciones de gravedad cuántica. Esto determina que los axiones sean buenos candidatos para la construcción de modelos de inflación cósmica [8], que requieren la introducción de potenciales extremadamente planos (y por tanto protegidos frente a correcciones cuánticas) para campos escalares.

## 2. Objetivos específicos

En este contexto se propone el trabajo de Maestría. Habrá una selección previa que implicará algunas charlas con los interesados.

En el trabajo se abordarán las compactificaciones en presencia de los llamados *flujos no-geométricos* [1, 2, 3].

Estos flujos están asociados a modos masivos de enrollamiento de la cuerda cerrada y su significado es por lo tanto oscuro desde el punto de vista de la supergravedad efectiva en 10 dimensiones. Su presencia puede ser conjeturada invocando las simetrías de dualidad de la teoría de cuerdas [5, 1]. En [4] se analiza su origen, en el marco de la llamada *teoría de campos doble* (DFT)[7], en la cual estos flujos adquieren una interpretación geométrica. Los flujos prometen ser un ingrediente fundamental para generar un potencial que estabilice los módulos.

El trabajo propuesto profundizará en el estudio de la *teoría de campos doble*. En particular se propone el estudio de compactificaciones de estas teorías que incluyan estados masivos de momento y de enrollamiento en manera consistente y su comparación con las compactificaciones de cuerdas.

Desde el punto de vista de aplicaciones fenomenológicas se intentará utilizar el marco de la DFT, en compactificaciones con flujos generalizados, a la construcción de modelos de inflación con axiones [9]

## 3. Plan de formación

El plan formación prevé que el alumno curse algunas de las siguientes materias:

Campos I

Campos II

Física de partículas

Supersimetría o Física mas allá del Modelo Estándar.

Relatividad y Gravitación o Introducción a Teoría de cuerdas.

Geometría diferencial

## Referencias

- [1] G. Aldazabal, P. Camara, A. Font, L. Ibanez, More dual fluxes and moduli fixing, JHEP0605 (2006) 070

- [2] G. Aldazabal, E. Andres, P. Camara, M. Grana, U-dual fluxes and Generalized Geometry, JHEP1011 (2010) 083
- [3] G. Aldazabal, D. Marques, C. Núñez, A. Rosabal, “On type IIB moduli stab. and N=4, 8 sugras”, Nucl. Phys. B849 (2011) 80
- [4] *Double Field Theory: A Pedagogical Review*, G. Aldazabal, D. Marqués and C. Nunez, Class. Quant. Grav. **30** (2013) 163001, arXiv:1305.1907 [hep-th].
- [5] J. Shelton, W. Taylor and B. Wecht, “Nongeometric flux compactifications,” JHEP **0510** (2005) 085 [hep-th/0508133].
- [6] G. Aldazabal, W. Baron, D. Marques, C. Nunez, The effective action of Double Field Theory, JHEP1111 (2011)052
- [7] C. Hull, B. Zwiebach, “Double Field Theory,” JHEP **0909**, 099 (2009). [arXiv:0904.4664 [hep-th]].  
 C. Hull, B. Zwiebach, “The Gauge algebra of double field theory and Courant brackets,” JHEP **0909**, 090 (2009). [arXiv:0908.1792 [hep-th]].  
 O. Hohm, C. Hull, B. Zwiebach, “Background independent action for double field theory,” JHEP **1007**, 016 (2010). [arXiv:1003.5027 [hep-th]].
- [8] Katherine Freese, Joshua A. Frieman, Angela V. Olinto “Natural inflation with pseudo - Nambu-Goldstone bosons” Phys.Rev.Lett. 65 (1990) 3233-3236  
 Luis Ibañez, Miguel Montero, Angel Uranga, Irene Valenzuela “Relaxion monodromy and the weak gravity conjecture”, e-Print: arXiv:1512.00025 [hep-th]
- [9] Nemanja Kaloper, Lorenzo Sorbo “A Natural Framework for Chaotic Inflation” Phys.Rev.Lett. 102 (2009) 121301  
 Fernando Marchesano, Gary Shiu, Angel M. Uranga, “F-term Axion Monodromy Inflation” JHEP 1409 (2014) 184