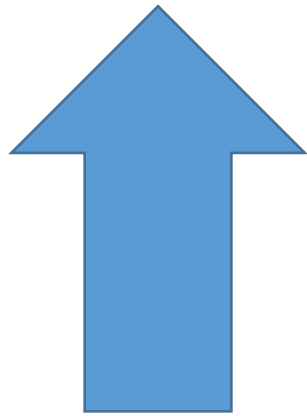
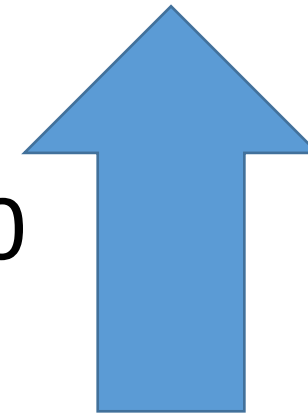


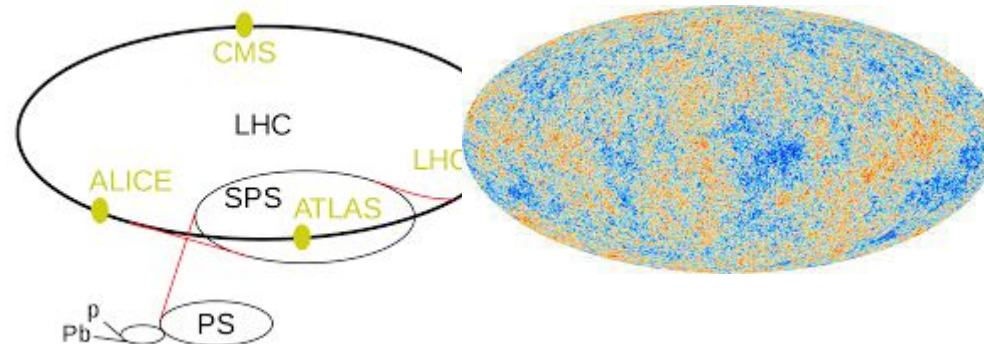
# Investigación en Física de partículas elementales y Cosmología presentación grupo teorías efectivas UCM



Seminario FT 3ª planta @ 11:00



IX Jornadas de Introducción a la Investigación  
Departamento de Física Teórica, UCM



# Effective Theories, Particle Physics and Cosmology



- Members of the Theoretical Physics Department, UCM
- Also under the umbrella of the research institute IPARCOS



<https://teorica.fis.ucm.es/PaginaWeb/members.php>

<https://www.ucm.es/iparcos/>



U N I V E R S I D A D  
**COMPLUTENSE**  
M A D R I D



**Facultad de Ciencias Físicas**  
Plaza de las Ciencias s/n, 28040 Madrid

**FÍSICA TEÓRICA FÍSICA**



# Teorías efectivas, física de partículas y cosmología

## Líneas de investigación:

- Física de partículas y cosmología
- Física hadrónica y QCD (desde bajas energías al LHC)
- Relatividad general: Agujeros negros, fluidos y astrofísica relativista

Otros grupos dentro del departamento: Información y computación cuántica, física matemática, teoría estadíst. campos, teorías y cuerdas

# ¿Quiénes somos?

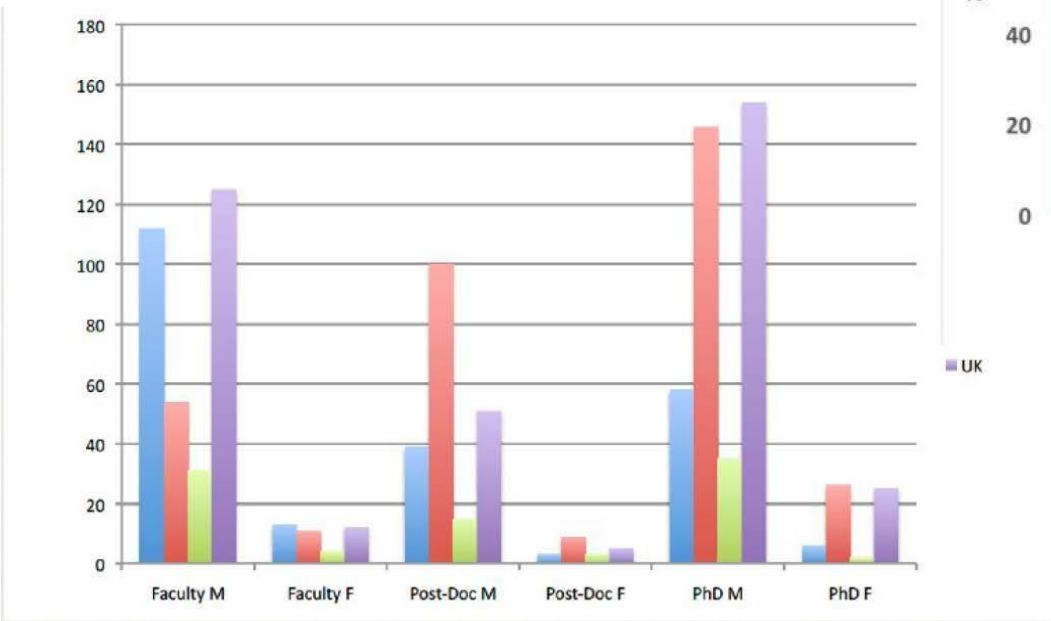
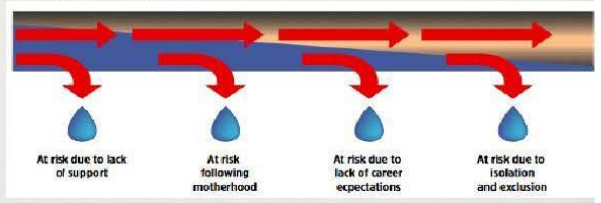
Miembros UCM a quienes pueden acercarse

Antonio Dobado, Jose R. Peláez, Ángel Gómez Nicola, Antonio López Maroto, Felipe J. Llanes Estrada, Luis Garay, Ignazio Scimemi, Jose Alberto Ruiz Cembranos, Juan José Sanz Cillero, Mercedes Martín Benito, Prado Martín Moruno, Diego Rubiera, Mindaugas Karciauskas, Jacobo Ruiz de Elvira

Física de partículas, Cosmología, Gravedad Cuántica y áreas adyacentes

# Mujeres en la ciencia: estadísticas

- Low percentage of women (38% Master, 30% at PhD, 29% post docs, 20% junior faculty, in certain fields <10%)
- Leaking pipeline



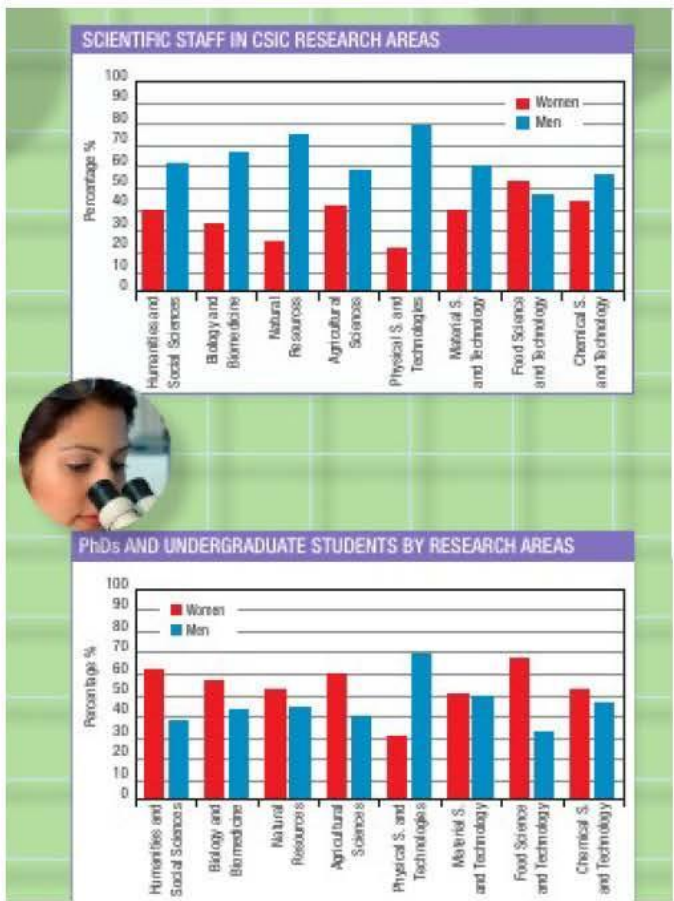
Statistics in hep-th and gr-qg for 2017



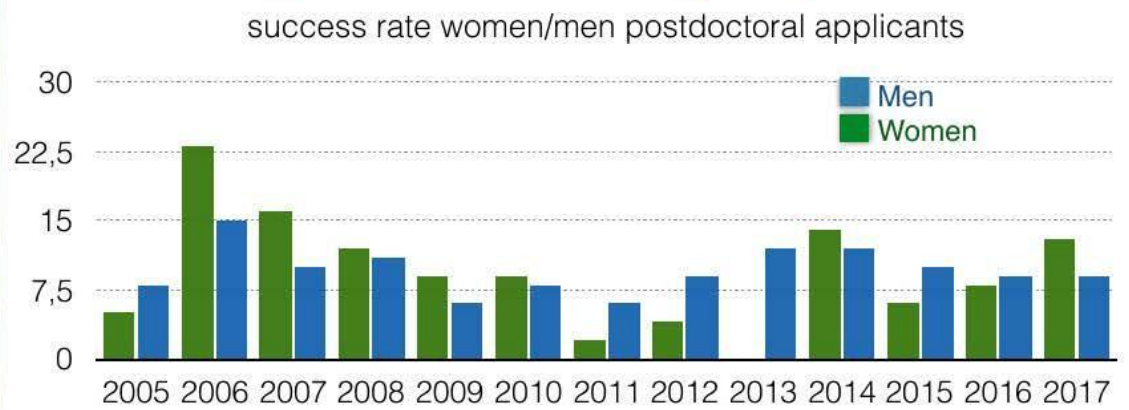
## Fixing gender in theory

It is high time we addressed the low representation of women in high-energy theoretical physics.

# Mujeres en la ciencia: estadísticas



## Example of the effect of good practices



Data from the European Joint Postdoctoral Recruitment coordinated by A. Van Proeyen

En los próximos años se espera que las políticas relacionadas con los temas de genero den lugar a porcentajes más elevados de la presencia de mujeres en la ciencia.

# Mujeres en la física de partículas



## II.1. Human Actors in Particle Physics

(Pickering 1984: 245-247)

Professor of Particle Theory  
Mary Katharine Gaillard  
(1939 - )



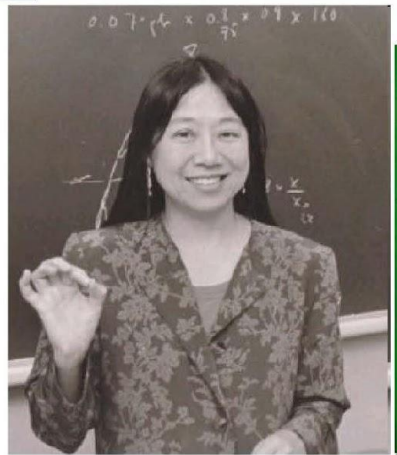
Positions: 1964-1981 Researcher at CERN, 1982-2009 Professor at the University of California, Berkeley, to this day Researcher at Lawrence Berkeley National Laboratory

**María Chamizo.**  
Directora proyectos de Brookhaven, fue responsable operaciones CMS



Professor  
Renata Kallosh  
Stanford University  
*String Theory*

Professor Sau Lan Wu  
University of Wisconsin-Madison  
*Gluon Production, QCD*



**Lisa Randall**  
Professor of theoretical physics  
Harvard University

<http://fallingwaka.files.wordpress.com>



SLAC Theorist  
**Helen Quinn**

<http://www2.slic.stanford.edu>



**CERN director**

**Fabiola Gianotti**  
ATLAS  
Spokesperson

<http://cds.cern.ch>



Fermilab  
Deputy Director  
**Young-Kee Kim**

<http://atlas.ch/photos/portraits.html>



**Teresa Rodrigo,**  
CMS,  
CSIC,  
Política Científica

**¿Qué investigamos?**

**Resto de esta presentación:**

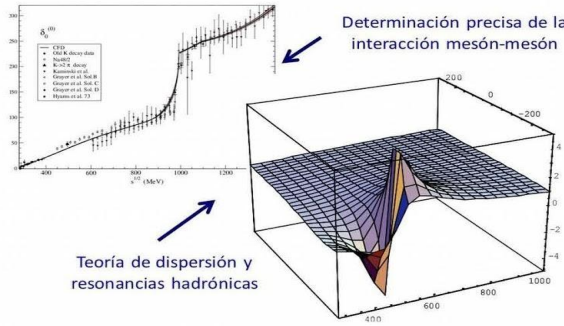
**Tema de investigación de Física de Partículas,  
teoría de campos, y otros relacionados**

# FÍSICA HADRÓNICA Y QCD

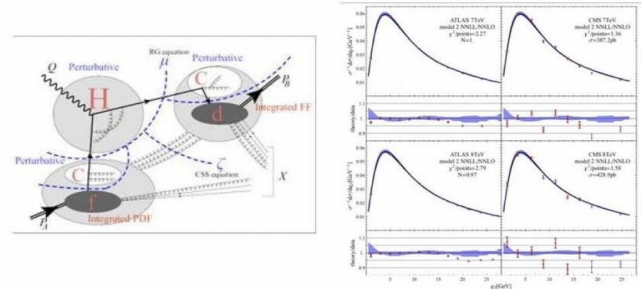
## DESDE BAJAS ENERGÍAS AL LHC

Los hadrones son las partículas hechas de quarks y gluones que sienten la interacción fuerte (o de color). Nuestro grupo estudia sus propiedades desde energías próximas a la Física Nuclear hasta la frontera de más altas energías en el Large Hadron Collider (LHC), usando propiedades de simetría, teorías efectivas, teoría cuántica de campos y Cromodinámica cuántica (QCD). Nuestras principales líneas de investigación son:

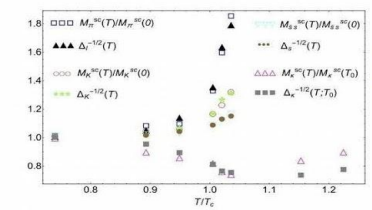
Espectroscopía Hadrónica: Existencia, clasificación y propiedades de mesones ligeros. Mesones no-ordinarios fuera del modelo quark (tetraquarks, moléculas hadrónicas)



Estudio de teorías efectivas de QCD (SCET, et al). Fenomenología de QCD en LHC, COMPASS, RHIC, EIC etc. Figura del código arTeMiDe

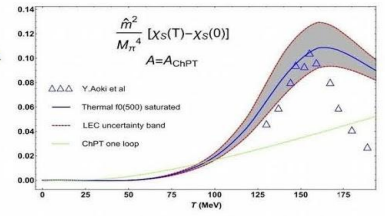


Estudio de propiedades hadrónicas y restauración de simetría en condiciones extremas (temperatura finita, colisiones de iones, ...)



Descripción de las masas de mesones en lattice mediante ids de Ward

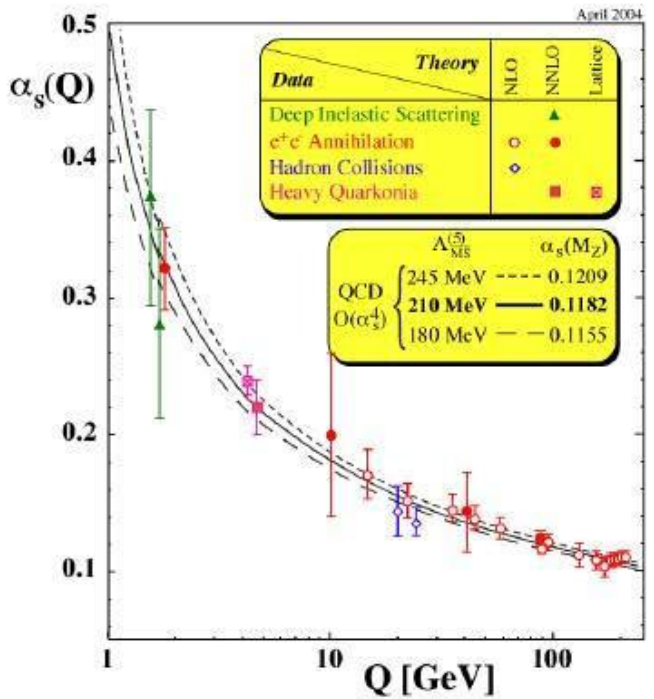
El papel de la resonancia  $f_0(500)$  en restauración de simetría quiral



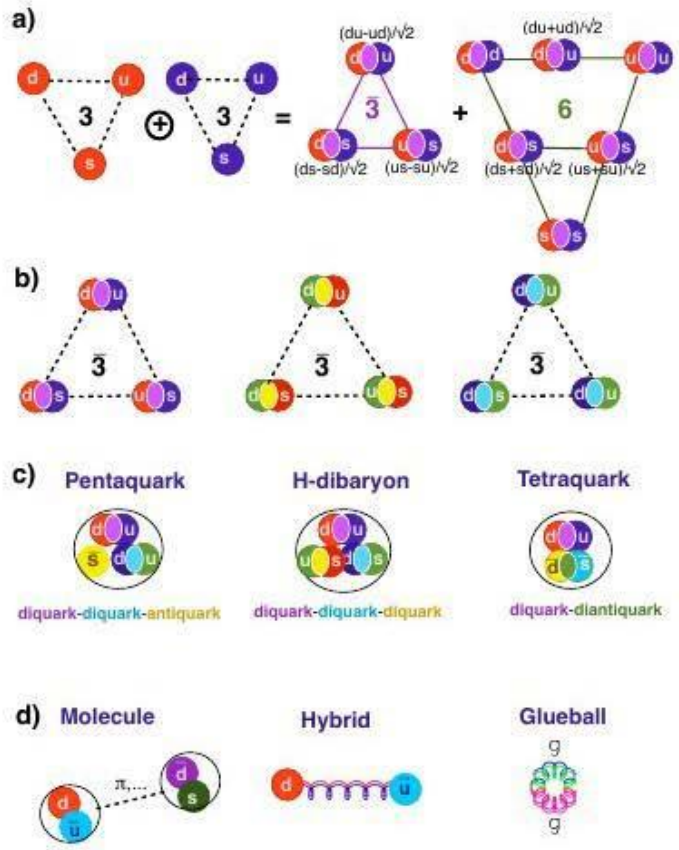
- Uso de Teorías Efectivas de QCD y Teoría de dispersión para espectroscopía hadrónica.
- Física Hadrónica en condiciones extremas.
- Estudio del movimiento y distribuciones de spin de quarks/gluones dentro de los hadrones.
- Cálculos de QCD perturbativa a ordenes más altos: renormalización, matching de operadores, estudio de la convergencia y precisión teórica de las series perturbativas.

# QCD, hadrones y estados exóticos

Mesones:  $q\bar{q}$ , bariones  $qqq$ , otros:  $qqq\bar{q}$ ,  $qqq\bar{q}\bar{q}$ ,  $qq\bar{q}\bar{q}$



- Confinamiento - Libertad asintótica
- Hadrones: singletes de color



# QCD, hadrones y estados exóticos

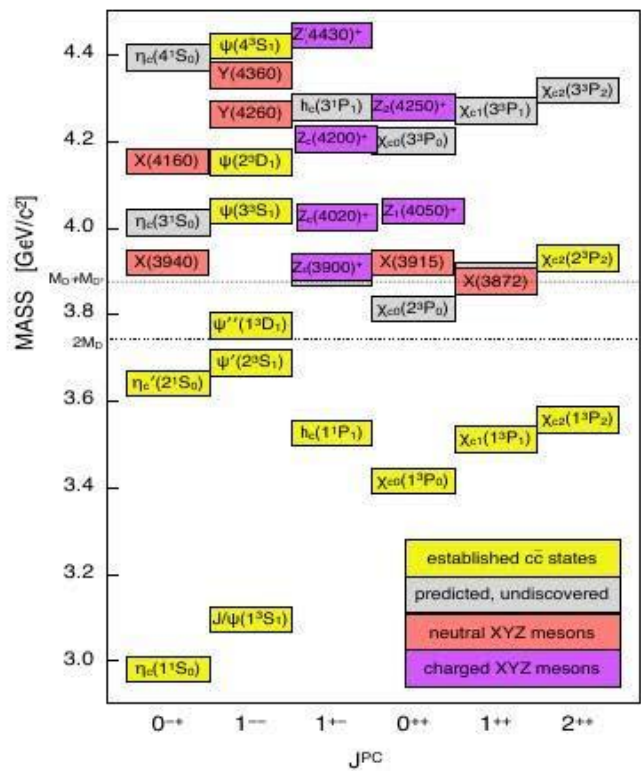
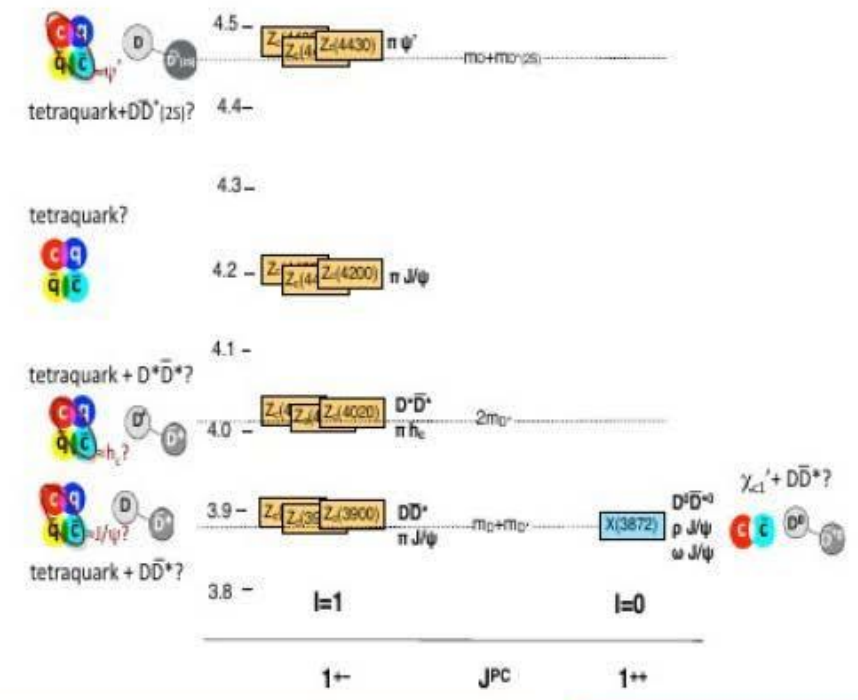
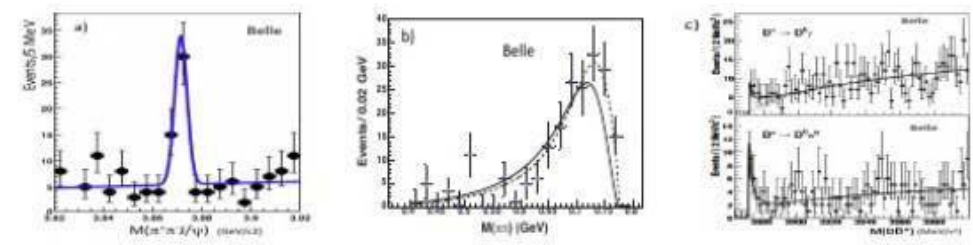


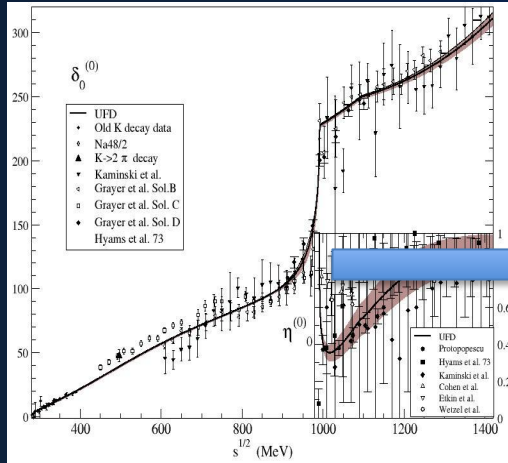
Figure 2: The spectrum of charmonium and charmoniumlike mesons.



# Topics: 1) Precise $\pi\pi$ scattering from data and dispersion relations and determination of resonance parameters

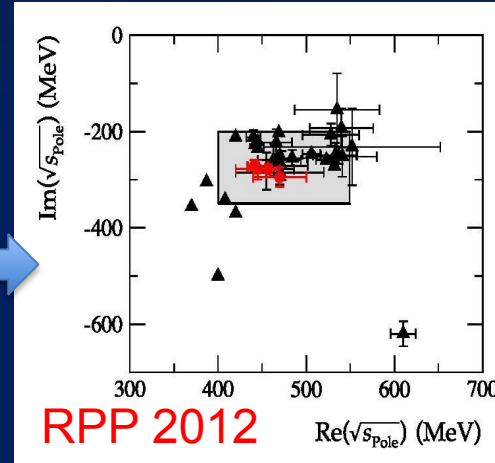
J.R. Peláez  
(>5000 citas)

PRL107, 072001(2011). (> 120 citas), PRD83,074004 (2011) (> 155 citas)



Significant factor of 5  
Improvement of sigma  
meson uncertainty  
@ RPP 2012

Recent similar  
work for  $K0^*(800)$   
(dissertation of  
Arkaitz Rodas)



RPP 2012

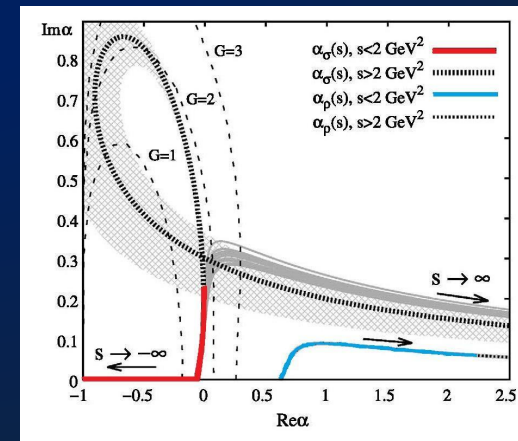
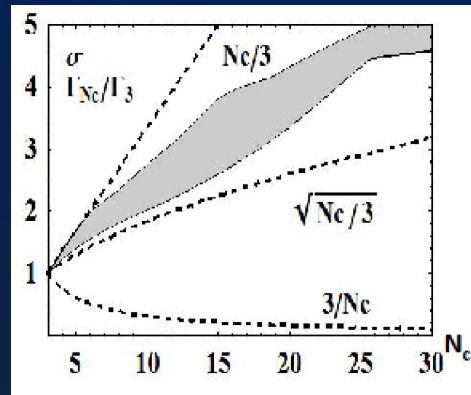
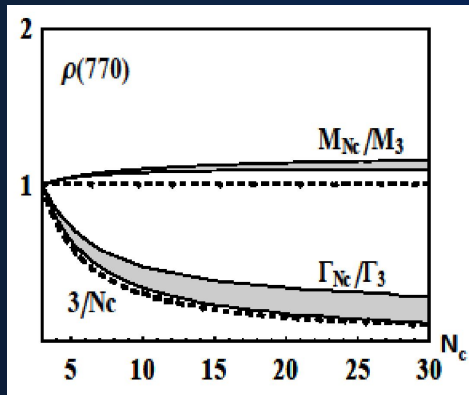
J.R. Peláez  
Phys.Rept. 658 (2016) 1



# 2) Light scalar resonance multiplets and their non-ordinary nature Using QCD Effective Theories and/or dispersion relations.

PRD59 (1999) 074001. (> 530 citas), PRL80 (1998) 3452-3455 (> 300 citas), PRL 92 (2004) 102001 (> 265 citas),

PRD56 (1997) 3057-3073 (>280 citas), PRL97 (2006) 242002 (>190 citas) and many more.... Recent.PLBB729 (2014) 9-14



# Effective Field Theories of QCD: SCET, HQET, ChPT...

<https://sites.google.com/site/scimemi/>

<https://sites.google.com/site/scimemi/>

IGNACIO SCIMEMI

 Search this site

- Some more infos
- Particle Phenomenology at UCM
- My History
- News (Postdocs)
- Teaching
- T4-Grado
- T4-Master, Prop and Postdocs
- ¿Está en el currículo?
- Sitemap

## Particle Phenomenology at UCM



### About me

I am "profesor contratado doctor" in the Departamento de Física Teórica II, in the Universidad Complutense de Madrid.

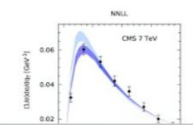
I am a theoretical physicist working on high energy particle phenomenology.

Here you can find some information and news about my research and teaching activity.

The world of quarks and gluons is fascinating and new and sophisticated theoretical tools are invented to provide a deeper understanding of it. In my research I use the effective field theories, which allow a clearer understanding of the kinematical environment in which QCD observables are measured. Some examples of effective field theories are SCET (Soft Collinear Effective Theory), HQET (Heavy Quark Effective Theory), ChPT (Chiral Perturbation Theory).

Some interesting physical observables include Transverse Momentum Distributions, the mass of the quarks, jets, CP-violating observables.

Here is a recent prediction of non-perturbative QCD effects in Z-boson differential production at CMS (from e-Print: [JHEP 1411 \(2014\) 098](#)). The light blue band is the prediction without including non-perturbative QCD effects and the dark blue band with the inclusion of non-perturbative QCD effects. These effects are estimated comparing with previous experiments):



## Scientific interests:

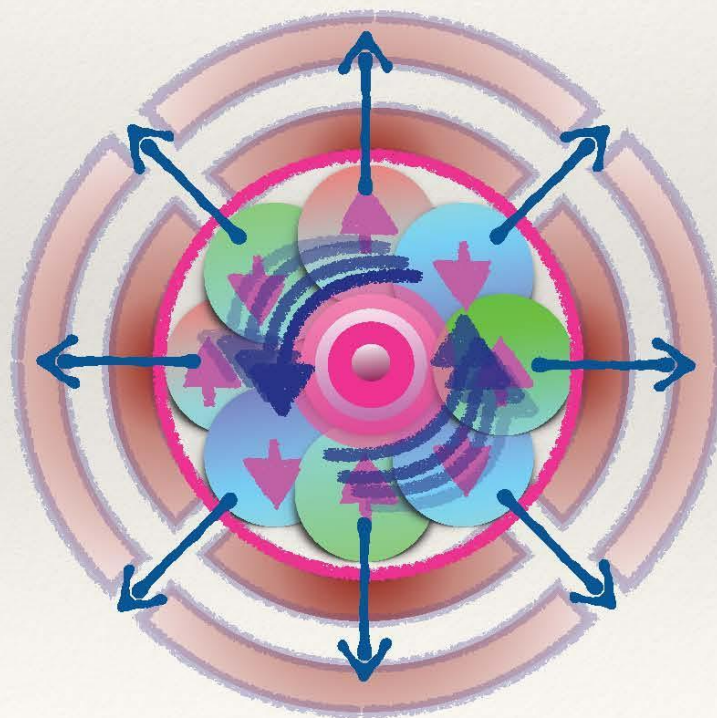
- Factorization in processes of collider physics
- Spin physics
- Jets
- Heavy Quark related observables (masses, asymmetries of bottom, top,..)
- Higgs differential cross sections

## Experiments:

- LHC, Belle, Compass, Jlab, EIC

# TMD in a nutshell

UNDERSTANDING TO HADRON STRUCTURE IS ONE OF THE MAJOR CHALLENGES OF QCD



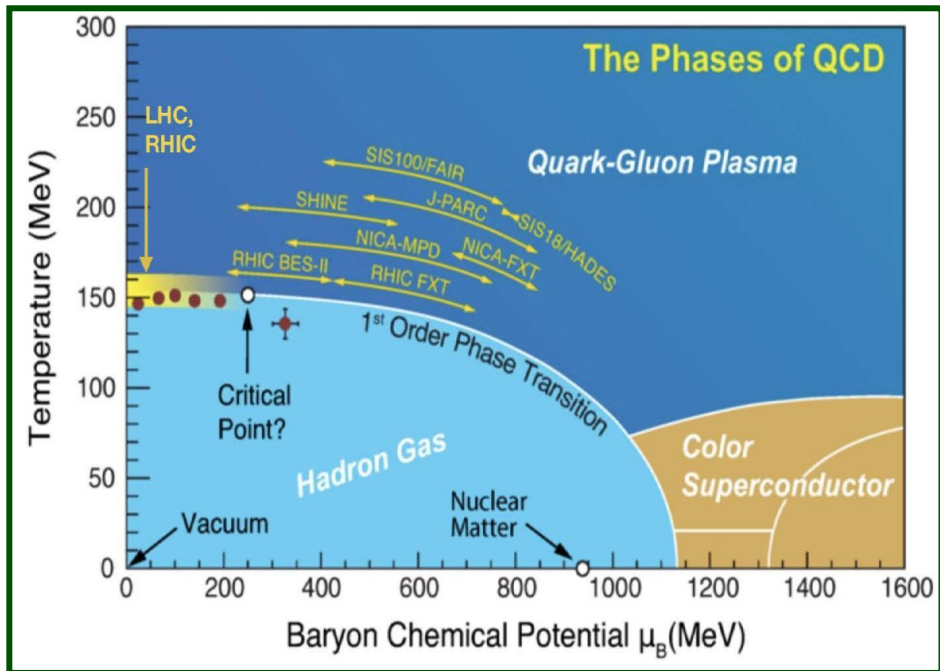
**3-D** PARTON MOMENTA DISTRIBUTIONS

HADRON SPIN-PARTON MOMENTA CORRELATIONS

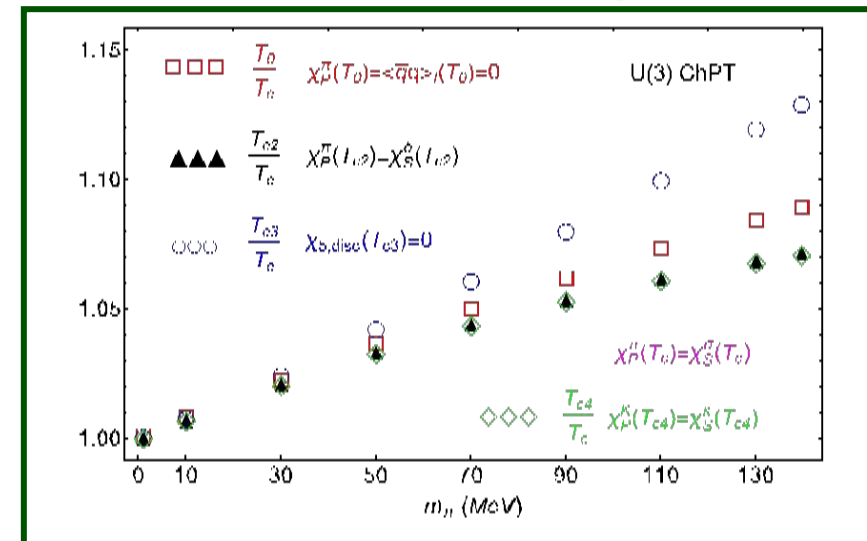
PARTON SPIN-PARTON MOMENTA CORRELATIONS

- Física Hadrónica en condiciones extremas, Diagrama de fases de QCD, Colisiones de Iones Pesados, Restauración de Simetría Quiral

Teorías Efectivas a temperatura finita combinadas con técnicas de unitarización, identidades de Ward, etc



Compañeros quirales



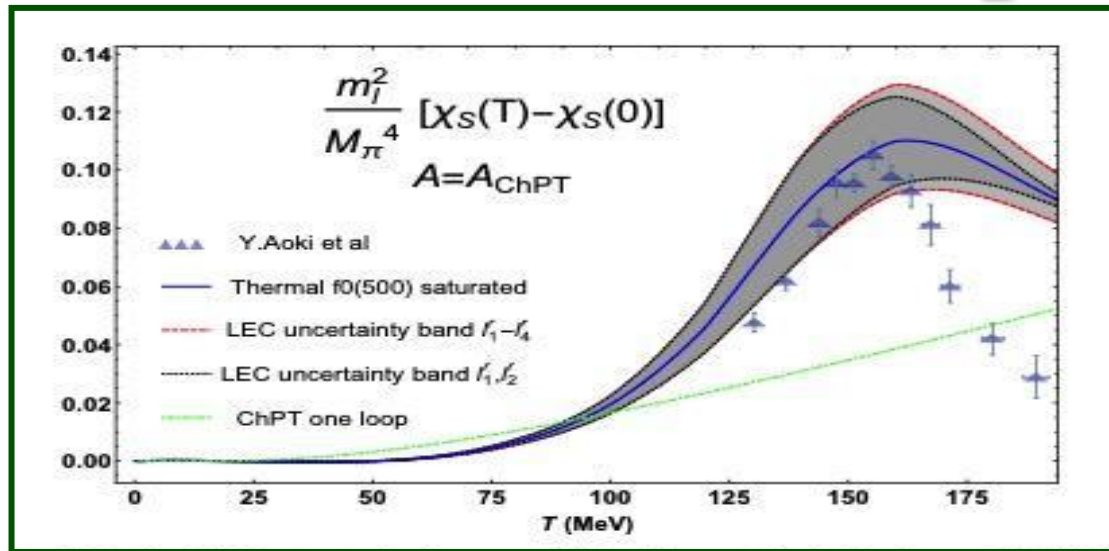
$$\begin{array}{ccc}
 \pi^a = i\bar{\psi}_l \gamma_5 \tau^a \psi_l & \xleftrightarrow{SU_A(2)} & \sigma_l = \bar{\psi}_l \psi_l \\
 \uparrow U_A(1) & & \uparrow U_A(1) \\
 \delta^a = \bar{\psi}_l \tau^a \psi_l & \xleftrightarrow{SU_A(2)} & \eta_l = i\bar{\psi}_l \gamma_5 \psi_l
 \end{array}$$

Gómez Nicola, Ruiz de Elvira,  
 JHEP 1603 (2016) 186, Phys.Rev. D97 (2018) 074016,  
 Phys.Rev.D98 (2018) 014020

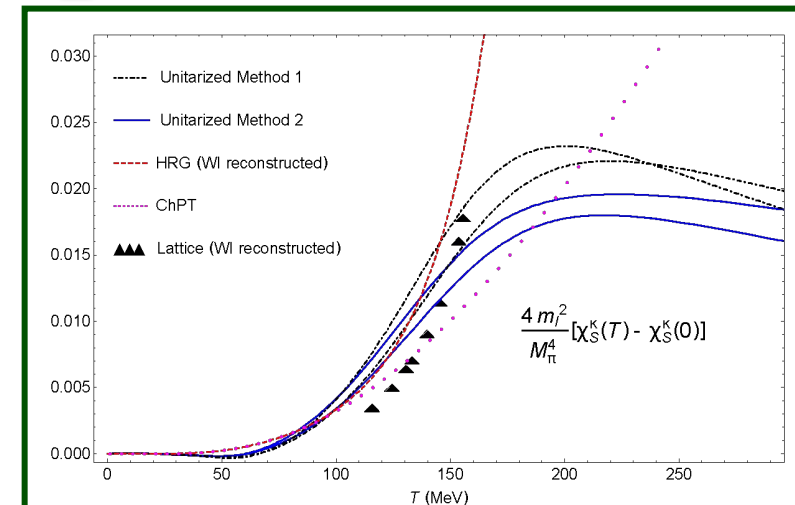
- Física Hadrónica en condiciones extremas, Diagrama de fases de QCD, Colisiones de Iones Pesados, Restauración de Simetría Quiral

Teorías Efectivas a temperatura finita combinadas con técnicas de unitarización, identidades de Ward, etc

### Susceptibilidades escalares



Ferreres-Solé, Gómez Nicola, Vioque Rodríguez, Phys.Rev.D99 (2019) 036018



Gómez Nicola, J. Ruiz de Elvira, A. Vioque Rodríguez, D. Álvarez-Herrero, 2012.12279 [hep-ph](2020)

# Felipe J. Llanes Estrada Líneas en física hadrónica y de altas energías

Proyecto FPA2016-75654-C2-1-P (coIP con A. Dobado)

Colaboraciones internacionales activas (2018-19)

S. J. Brodsky (Stanford Linear Accelerator), L. Abreu (U.

Federal de Bahia), M. Alford & A. Windisch (UW St. Louis)  
(para aspectos multidisciplinarios véase presentación A. Maroto)

Estudiantes: A. Salas Bernárdez (doctoral)

1 Máster, 2 Grado (2018-19) 1 Máster, 3 Grado (2017-18)

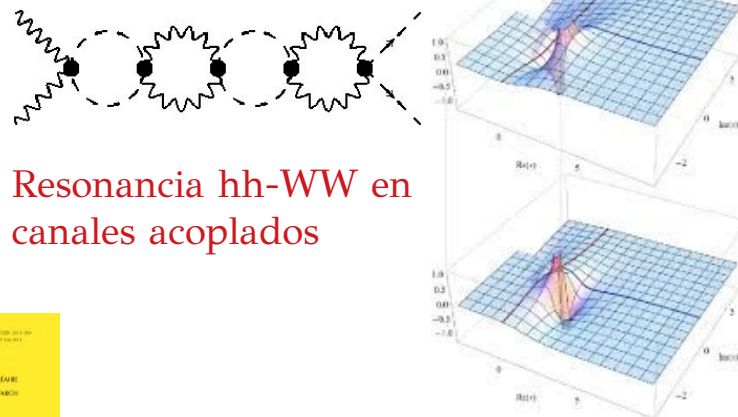
## Algunos trabajos relacionados

1) Handbook of LHC Higgs Cross Sections: Deciphering the Nature of the Higgs Sector.

CERN  
yellow rep.  
1610.07922

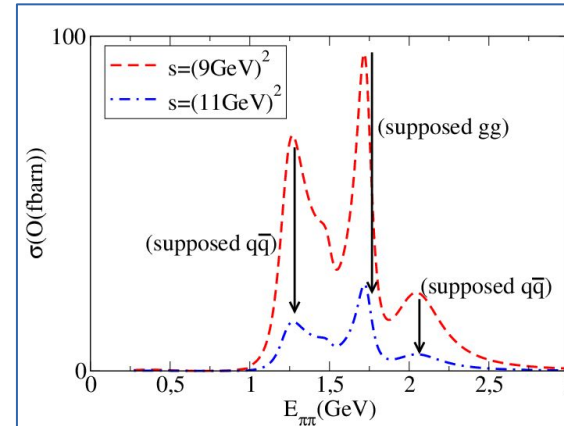


2) Phys.Rev.Lett. 114 (2015) 221803



Resonancia hh-WW en canales acoplados

3) Divulgación: libro editado con la Editorial Pirámide (Anaya), 2018



Como distinguir "glueballs" con secciones eficaces de altas energías en aceleradores



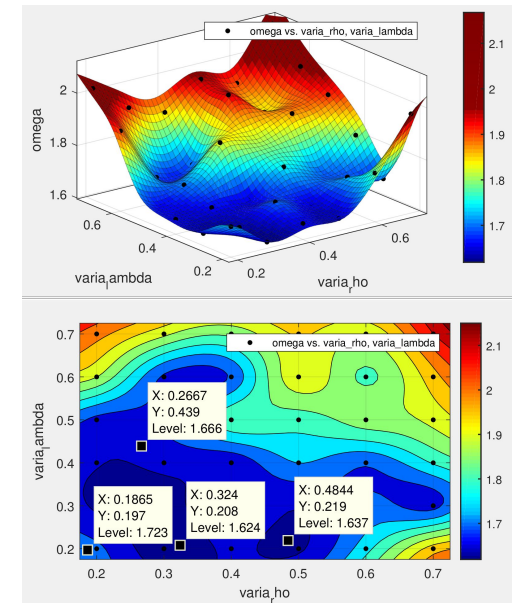
## Actividad actual

Resonancias mesónicas (partículas que interactúan con la fuerza nuclear fuerte pero no tienen nº bariónico)  
1812.10397, 1810.08772

## Actividad actual

Estudio en modelo quark Quiral (teoría de campos) del barión singlete de sabor más ligero

(que no puede estar en el estado fundamental debido a la simetría de Fermi y el **Barrión W** (TFG Alvaro Pastor)



**Felipe J. Llanes Estrada, prof. Titular Física Teórica**  
**Línea de investigación en física nuclear y de partículas aplicada a**  
**estrellas de neutrones (y ocasionalmente, cosmología).**

Estudiante doctoral actual: Eva Lope Oter

Colaboradores en esta línea en los últimos años:

Antonio Dobado, Miguel Aparicio (UCM)

J. A. Oller (U. Murcia), M. Alford, A Windisch (UW St. Louis)

Antiguos estudiantes:

D. Fernández, J. L. Muñoz Martínez, V. Zapatero

**Últimos trabajos relacionados**

Phys.Dark Univ. **13** (2016)  
 147-161  
 (estudiando teorías  $f(R)$   
 en estrellas de neutrones)

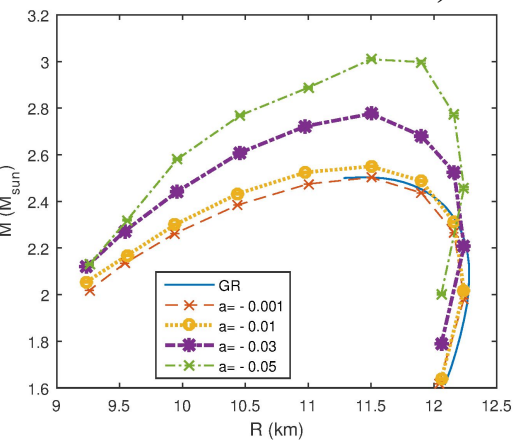
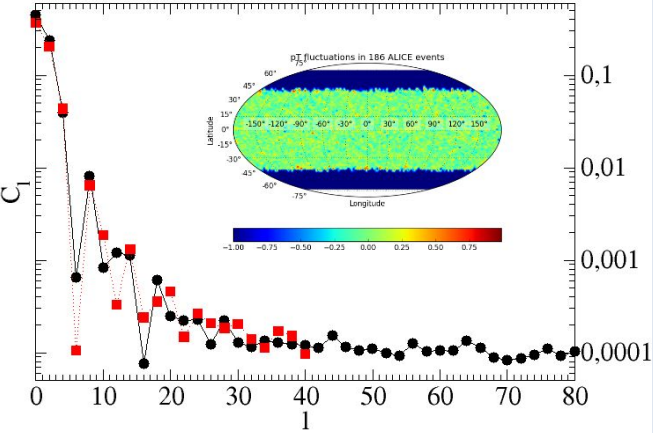
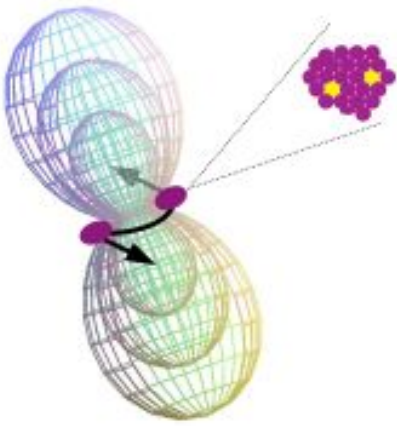


Diagrama Masa/Radio en gravedad modificada

Nucl.Phys. **A970** (2018) 107-132  
 (aplicación métodos cosmología a colisiones de iones pesados en el LHC)



Espectro de potencias de 186 colisiones en ALICE



Lóbulo de radiación gravitatoria de un sistema binario

**Actividad actual**

Editor invitado de la revista británica Journal of Physics G (publicada por el Inst. of Physics, número monográfico)

(colaboración con E. Moya del Grupo de física nuclear)

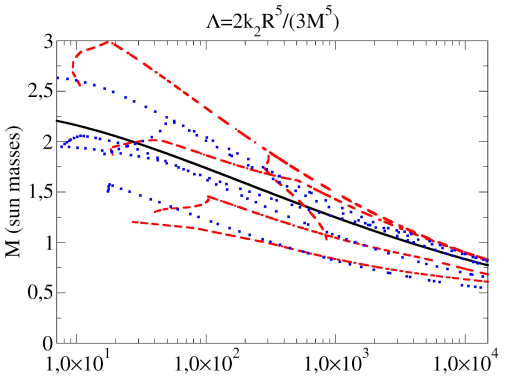
Tema: “Hadrons & Gravitational Waves After GW170817”

**Actividad actual**

<https://teorica.fis.ucm.es/nEoS/>

Interpolando la ecuación de estado en una estrella de neutrones entre dos límites: Teoría quiral (baja densidad) QCD perturbativa (alta dens.)

Para poder poner cotas a modificaciones de la relatividad general en presencia de materia densa.



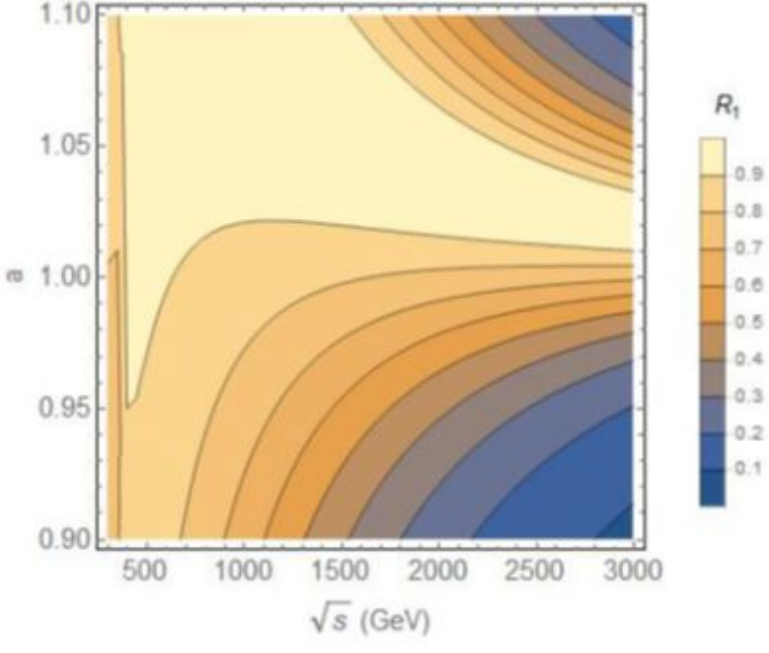
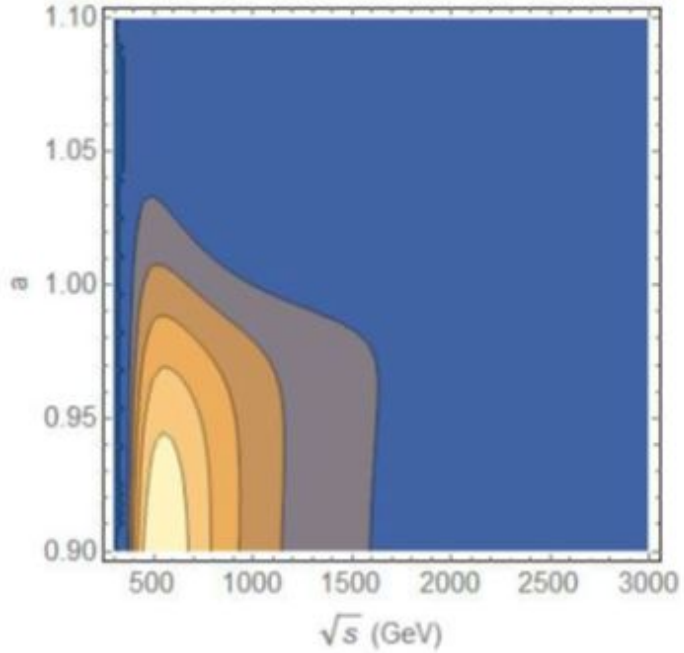
Deformabilidad de marea de una estrella-N con varias ecs. de estado hadrónicas

# Higgs interaction modifications: studying elastic WW scattering

- In a general effective theory approach:



(Antonio Dobado, Carlos Quezada, Juan José Sanz-Cillero)



$R_J \equiv \frac{\text{Fermions}}{\text{Fes} + \text{Bos}}$  for angular momentum  $J$  in  $W W \rightarrow W W$

$\text{in } W W \rightarrow W W = \text{tree} + \text{loop} + \dots$

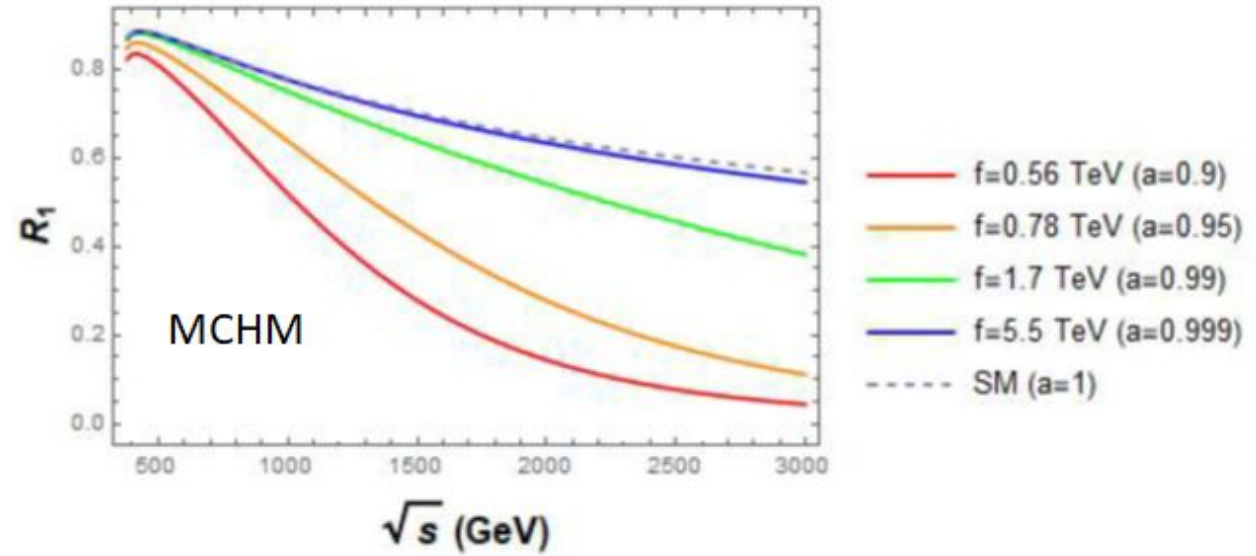
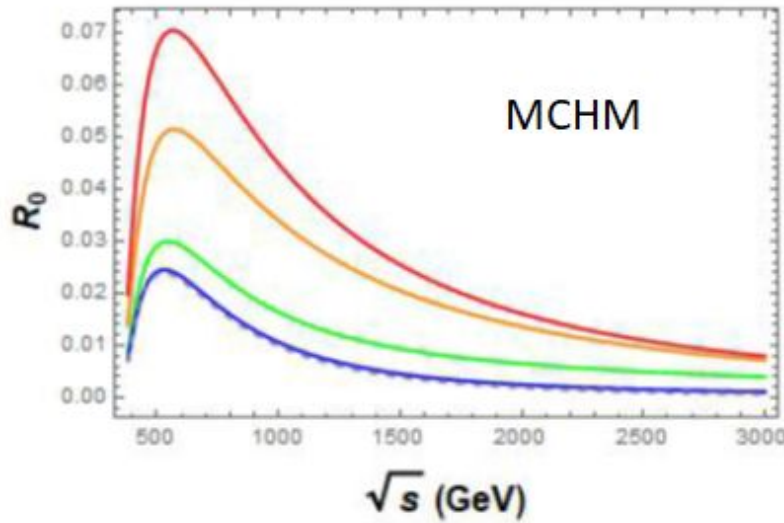
# Higgs interaction modifications:

studying elastic WW scattering

- In particular models where the Higgs is composite (like a pion):

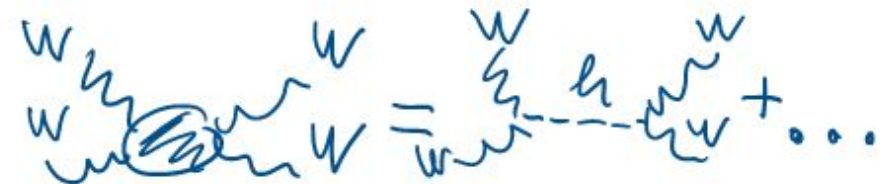
$f = \text{scale of New Physics}$  ( $f \rightarrow \infty, \text{SM}$   
 $f < \infty, \text{BSM}$ )

(Antonio Dobado, Carlos Quezada, Juan José Sanz-Cillero)



$$R_J \equiv \frac{\text{Fermions}}{\text{Fes} + \text{Bos}}$$

for angular momentum J in



# Study of hierarchies in particle physics:

how probable is to have very different scales?

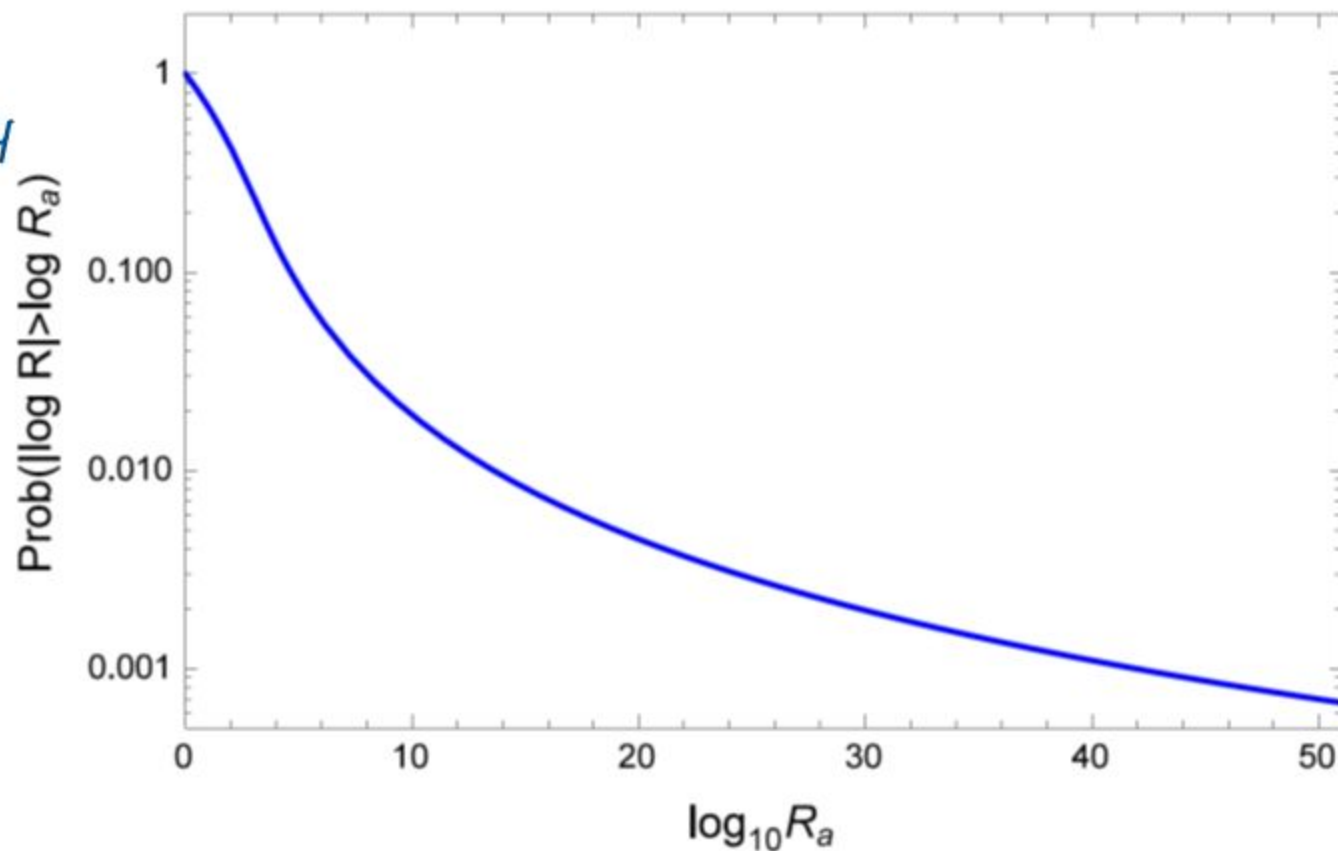
- Playing with particle models that allow large ratios of mass scales:

→ Coleman-Weinberg mechanism  
(LOOPS GIVE THE MASSES)

(José Alberto Ruiz Cembranos, Clara Álvarez Luna, Juan José Sanz-Cillero)

$$SU(2)_{\text{light}} \times SU(2)_{\text{heavy}} \times U(1)_{\text{int-L-H}}$$

$$R \equiv \frac{M_{W \text{ heavy}}^2}{M_{W \text{ light}}^2}$$



Gracias por su participación  
y no duden en contactarnos  
si tienen interés