

# Física de Altas Energías

El Modelo Estándar describe:

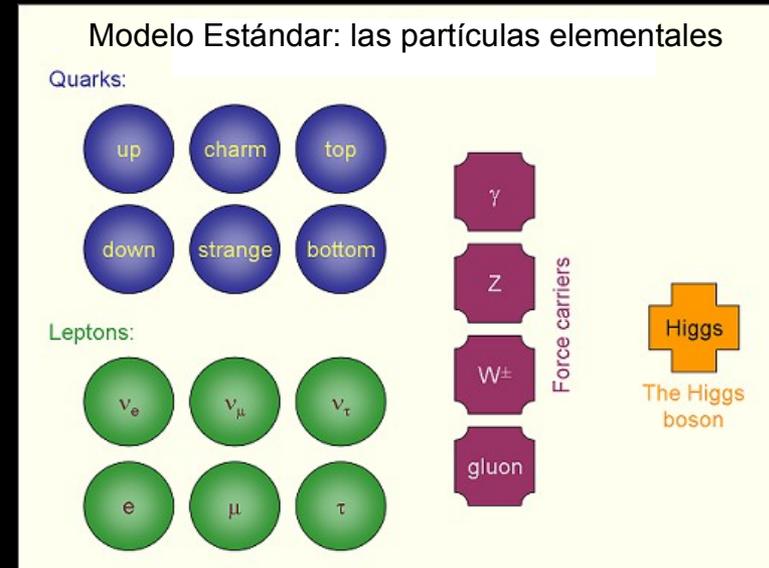
- los componentes elementales de la materia.
- las fuerzas de interacción entre ellos.
- los resultados experimentales hasta ahora.

Pero sabemos que es incompleto:

- Física más allá del Modelo Estándar.

La líneas de trabajo en el DF son:

- ▶ Fenomenología del Modelo Estándar: D. de Florian, R. Sassot, E. Alvarez
- ▶ Más allá del Modelo Estándar / Supersimetría: E. Alvarez, D. Lopez, C. Schat
- ▶ Altas energías experimental en el LHC: R. Piegai, G. Otero y Garzon
- ▶ Física hadrónica/nuclear y teorías efectivas: C. Schat



# Fenomenología del Modelo Estándar

Investigadores: Daniel de Florian, Rodolfo Sassot

Posdocs: Francesco Coradeschi, Roger Hernandez Pinto

Estudiantes: Manuel Epele, Nerina Fidanza, Romina Llubaroff,  
Javier Mazzitelli, Yamila Rotstein, German Sborlini

## Estructura Hadrónica:

- Hadronización y funciones de fragmentación ←
- Distribuciones partónicas en medios nucleares
- Origen del espín del protón

## Física del bosón de Higgs:

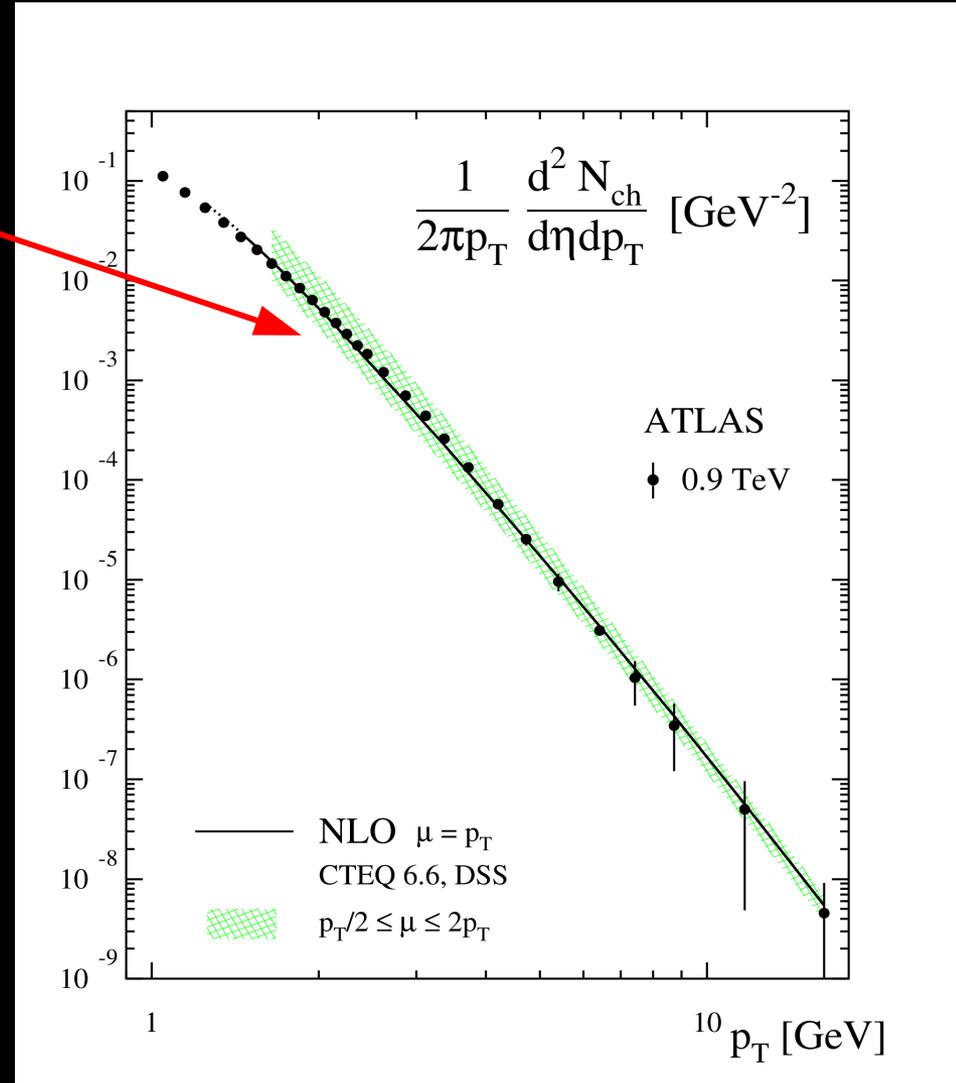
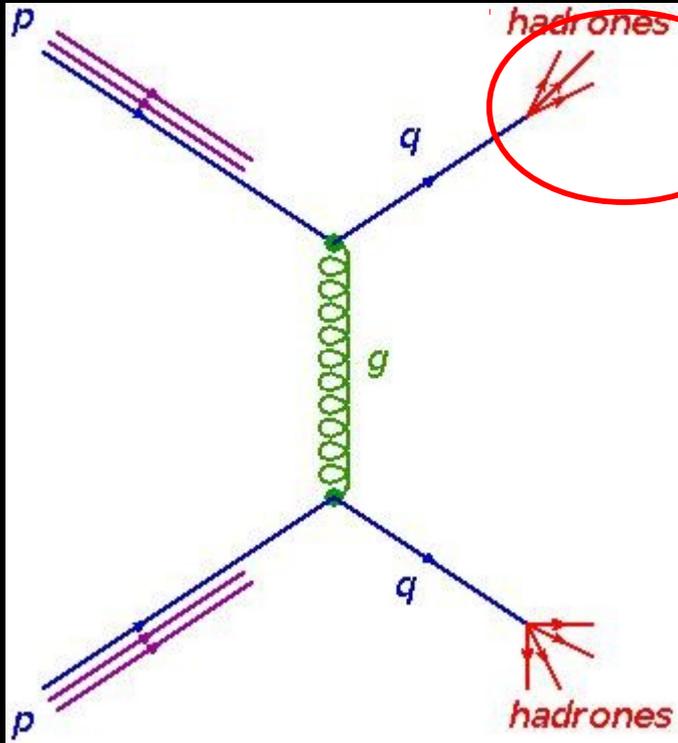
- Cálculo de secciones eficaces (señal y background) ←
- Correcciones radiativas de QCD a órdenes superiores
- LHC Higgs Cross Section Working group



HXS WG

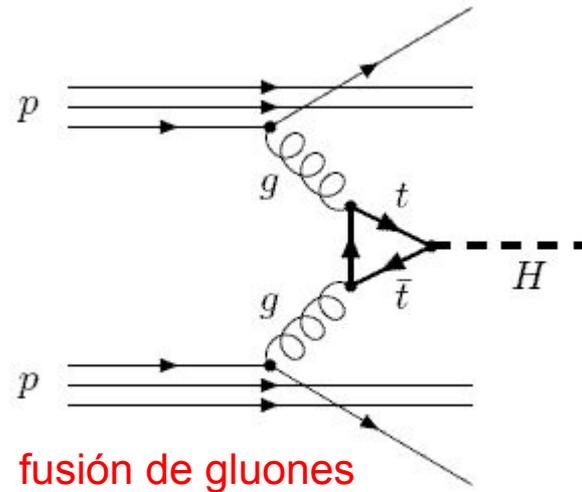
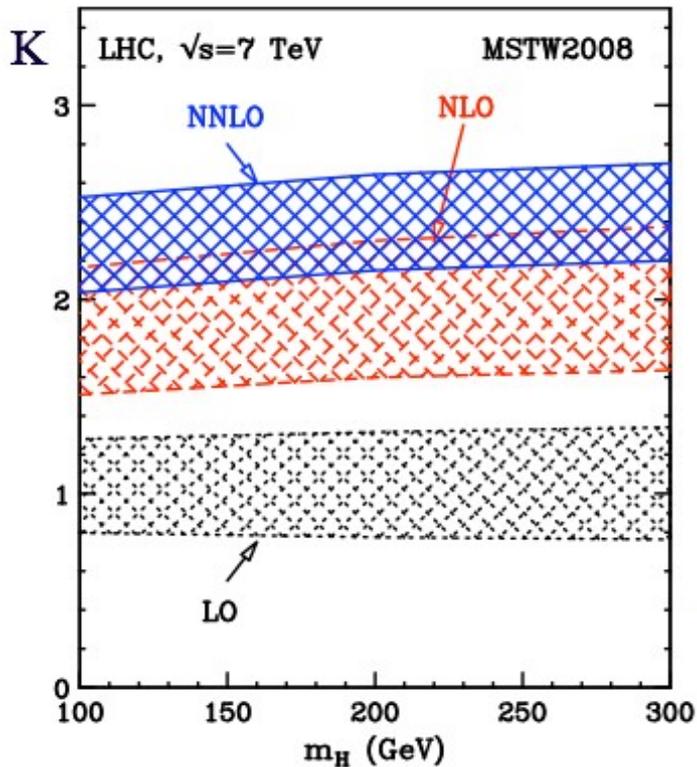
# Fenomenología del Modelo Estándar

## Hadronización y funciones de fragmentación



# Física del bosón de Higgs:

predicción del principal canal de producción en el LHC (90%)



Las correcciones de QCD son enormes

~100% a 1 loop

~ 30% a 2 loops

Inclusión de numerosos efectos permiten llegar a precisión del ~10%

scale pdf +  $\alpha_S$

$$\sigma(m_H = 125 \text{ GeV}) = 19.27^{+7.2\%}_{-7.8\%} \text{ } ^{+7.5\%}_{-6.9\%} \text{ pb}$$

# Física del bosón de Higgs:

predicción del principal canal de producción en el LHC (90%)

$$\begin{aligned}
 G_{gg}^{(3)SV-N}(M_H^2/\mu_R^2, M_H^2/\mu_F^2) &= \frac{4(A^{(1)})}{3} \ln^6 N \\
 &+ \ln^5 N \left[ \frac{8(A^{(1)})^2 b_0 \pi}{3} + 8\gamma_E (A^{(1)})^2 - 4(A^{(1)})^3 \ln \frac{M_H^2}{\mu_F^2} \right] \\
 &+ \ln^4 N \left[ 4A^{(1)}A^{(2)} + \frac{4A^{(1)}b_0^2\pi^2}{3} + 2(A^{(1)})^2 C_{gg}^{(1)} + \frac{40(A^{(1)})^2 b_0 \pi \gamma_E}{3} + 16(A^{(1)})^3 \gamma_E^2 \right. \\
 &\quad \left. - 4(A^{(1)})^2 b_0 \pi \ln \frac{M_H^2}{\mu_R^2} + 4(A^{(1)})^3 \ln^2 \frac{M_H^2}{\mu_F^2} - \ln \frac{M_H^2}{\mu_F^2} \left( \frac{8(A^{(1)})^2 b_0 \pi}{3} + 16(A^{(1)})^3 \gamma_E \right) \right] \\
 &+ \ln^3 N \left[ \frac{8A^{(2)}b_0\pi}{3} + \frac{4A^{(1)}b_1\pi^2}{3} + \frac{4A^{(1)}b_0\pi C_{gg}^{(1)}}{3} - 2A^{(1)}D^{(2)} + 8(A^{(1)})^2 b_0\pi \zeta(2) \right. \\
 &\quad + \frac{32(A^{(1)})^3 \gamma_E^3}{3} + 24(A^{(1)})^2 b_0\pi \gamma_E^2 + \gamma_E \left( 16A^{(1)}A^{(2)} + \frac{16A^{(1)}b_0^2\pi^2}{3} + 8(A^{(1)})^2 C_{gg}^{(1)} \right) \\
 &\quad - \frac{4(A^{(1)})^3}{3} \ln^3 \frac{M_H^2}{\mu_F^2} + \ln^2 \frac{M_H^2}{\mu_F^2} \left( 8(A^{(1)})^3 \gamma_E - 2(A^{(1)})^2 b_0\pi \right) - \ln \frac{M_H^2}{\mu_R^2} \left( \frac{8A^{(1)}b_0^2\pi^2}{3} \right. \\
 &\quad \left. + 16(A^{(1)})^2 b_0\pi \gamma_E \right) - \ln \frac{M_H^2}{\mu_F^2} \left( 8A^{(1)}A^{(2)} + 4(A^{(1)})^2 C_{gg}^{(1)} + 8(A^{(1)})^2 b_0\pi \gamma_E \right. \\
 &\quad \left. + 16(A^{(1)})^3 \gamma_E^2 \right) + 8(A^{(1)})^2 b_0\pi \ln \frac{M_H^2}{\mu_F^2} \ln \frac{M_H^2}{\mu_R^2} \left. \right] \\
 &+ \ln^2 N \left[ 2A^{(3)} + 2A^{(2)}C_{gg}^{(1)} + 2A^{(1)}C_{gg}^{(2)} - 2b_0\pi D^{(2)} + 8A^{(1)}b_0^2\pi^2 \zeta(2) + 16(A^{(1)})^2 b_0\pi \gamma_E^3 \right. \\
 &\quad + \gamma_E^2 \left( 8(A^{(1)})^2 C_{gg}^{(1)} + 16A^{(1)}A^{(2)} + 8A^{(1)}b_0^2\pi^2 \right) + \gamma_E \left( 8A^{(2)}b_0\pi + 4A^{(1)}b_1\pi^2 \right. \\
 &\quad \left. + 4A^{(1)}b_0\pi C_{gg}^{(1)} - 4A^{(1)}D^{(2)} + 16(A^{(1)})^2 b_0\pi \zeta(2) \right) + 2A^{(1)}b_0^2\pi^2 \ln^2 \frac{M_H^2}{\mu_R^2} \\
 &\quad - 4(A^{(1)})^2 b_0\pi \ln^2 \frac{M_H^2}{\mu_F^2} \ln \frac{M_H^2}{\mu_R^2} + 16(A^{(1)})^2 b_0\pi \gamma_E \ln \frac{M_H^2}{\mu_F^2} \ln \frac{M_H^2}{\mu_R^2} + 2(A^{(1)})^2 b_0\pi \ln^3 \frac{M_H^2}{\mu_F^2} \\
 &\quad + \ln^2 \frac{M_H^2}{\mu_F^2} \left( 4A^{(1)}A^{(2)} + 2(A^{(1)})^2 C_{gg}^{(1)} - 4(A^{(1)})^2 b_0\pi \gamma_E \right) + \ln \frac{M_H^2}{\mu_F^2} \left( 2A^{(1)}D^{(2)} \right. \\
 &\quad \left. - 16A^{(1)}A^{(2)}\gamma_E - 8(A^{(1)})^2 C_{gg}^{(1)}\gamma_E - 8(A^{(1)})^2 b_0\pi \gamma_E^2 - 8(A^{(1)})^2 b_0\pi \zeta(2) \right) \\
 &\quad \left. - \ln \frac{M_H^2}{\mu_R^2} \left( 4A^{(2)}b_0\pi + 2A^{(1)}b_1\pi^2 + 2A^{(1)}b_0\pi C_{gg}^{(1)} + 8A^{(1)}b_0^2\pi^2 \gamma_E + 16(A^{(1)})^2 b_0\pi \right) \right]
 \end{aligned}$$

# El Modelo Estándar y búsqueda de nueva física

Investigadores: Ezequiel Alvarez

Estudiantes: E. Coluccio-Leskow & J.I. Sánchez-Vietto

Colaboradores: Alejandro Szynekman (UNLP), Leandro da Rold (Balseiro)

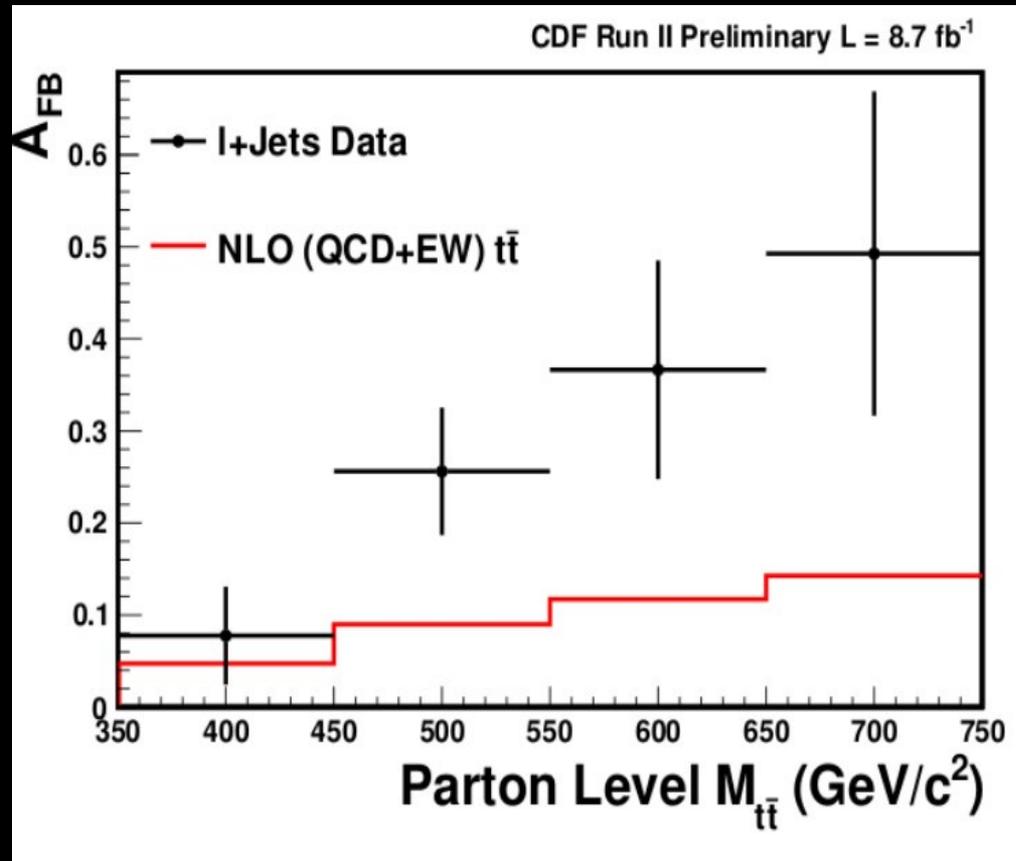
Diversos modos de buscar nueva física (compatible con el ME !):

- Extensiones fundamentadas en conceptos teóricos, como simetrías o propiedades matemáticas.
- A partir de observables que se aparten de lo esperado (pocos!): proponer un modelo, generalmente fenomenológico, para explicarlo.
- Crear un modelo compatible con la observaciones presentes y proponer observables donde la predicción difiera de la del ME.

**Siempre: interacción estrecha entre experimentos y teoría**

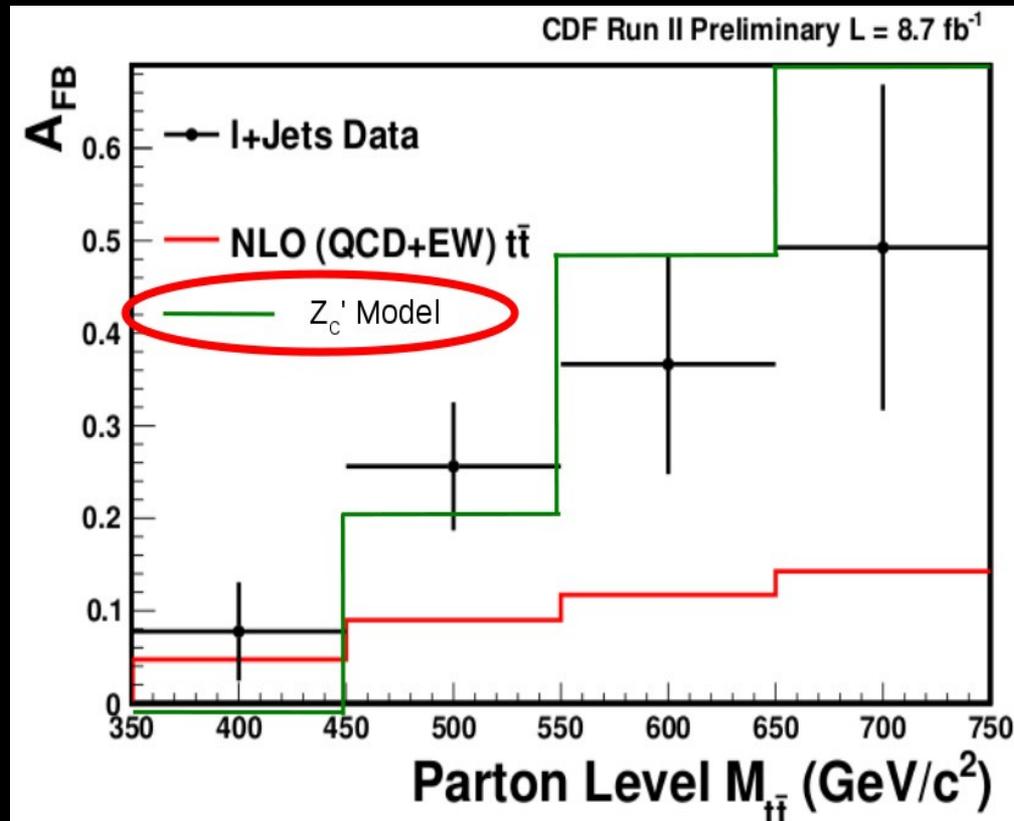
# El Modelo Estándar y búsqueda de nueva física

Ejemplo: la asimetría adelante/atrás en la producción de pares de quarks top-antitop da 2 - 3 sigmas mayor que la predicción del Modelo Estándar



# El Modelo Estándar y búsqueda de nueva física

Solución de nueva física: propuesta de una nueva partícula con interacciones anómalas,  $Z'$



# Supersimetría

Investigadores: Daniel Lopez, Carlos Schat, Gastón Giribet

Estudiantes: Cintia Wyllemyns

En el Modelo Estándar las masas de los neutrinos son cero, no existe un candidato a materia oscura, no está incluida la gravedad...

- ▶ La materia oscura constituye más del 80% de la materia.
- ▶ Los neutrinos tienen masa.
- ▶ La gravedad existe ...

**Modelos supersimétricos:**

- cada partícula tiene un supercompañero
- elegancia teórica
- solucionan problemas teóricos del ME
- incorporan la materia oscura

# Supersimetría

El más famoso es el MSSM (Minimal Supersymmetric Standard Model)

→ Provee un candidato natural para la materia oscura: LSP

→ NO es capaz de explicar las masas de los neutrinos.

→ Sufre del  **$\mu$ -problem**

Modelo propuesto por Daniel et al:  $\mu\nu$ SSM ( $\mu$ -from- $\nu$  Supersymmetric)

→ Las masas y propiedades de los neutrinos surgen naturalmente

→ El  $\mu$ -problem del MSSM queda solucionado

→ No hay LSP: el gravitino (supercompañero del gravitón) es un buen candidato de materia oscura (vida media superior a la del Universo)

▶ El grupo estudia la fenomenología del MSSM, del  $\mu\nu$ SSM, y de sus extensiones.

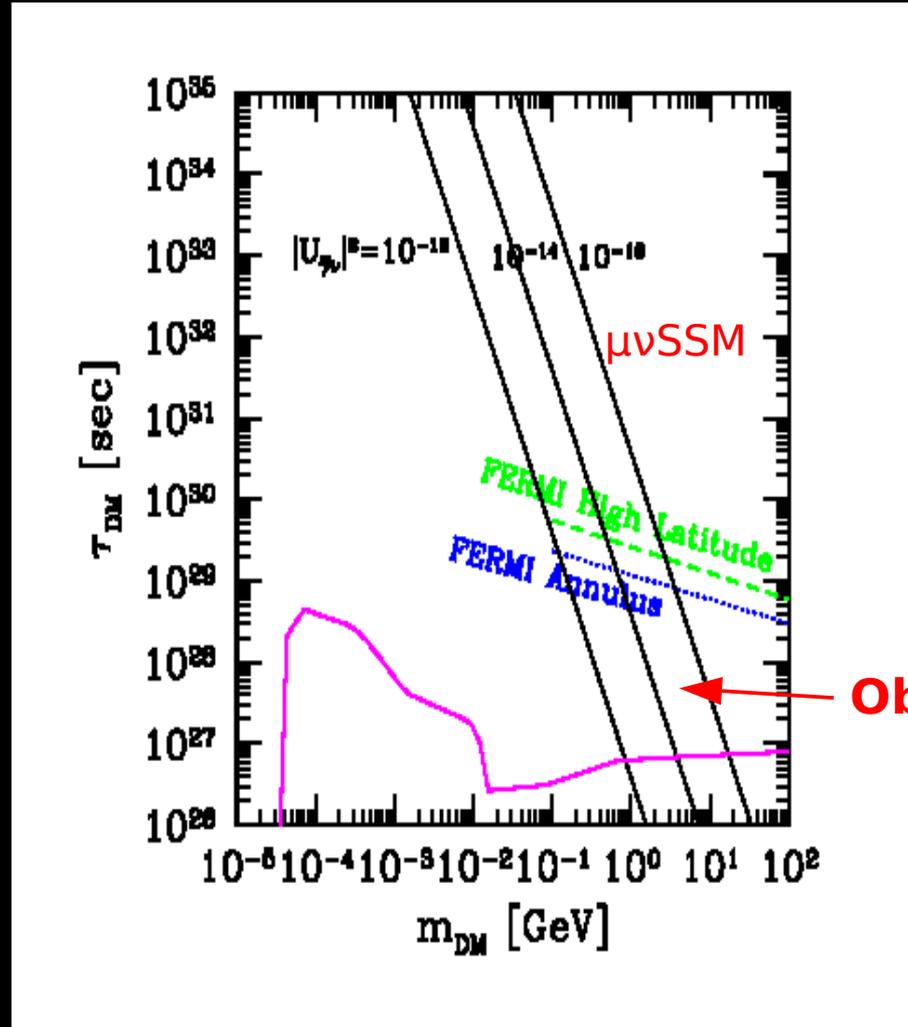
▶ Analizan señales de nueva física en el LHC, en experimentos de detección directa o indirecta de materia oscura, como el satélite FERMI, y en experimentos de neutrinos.

# Supersimetría

Búsqueda del gravitino  
como candidato de  
materia oscura  
con el satélite FERMI

gravitino  $\rightarrow$  neutrino+fotón

fotones: rayos  $\gamma$  y cósmicos



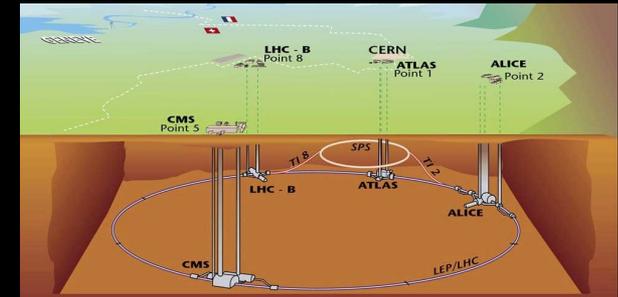
► Propuestas de búsquedas de partículas supersimétricas en el LHC

# Física experimental de altas energías

Investigadores: Ricardo Piegaia, Gustavo Otero y Garzon

Estudiantes: Hernan Reisin, Sabrina Sacerdoti, Yann Guardincerri,  
Pablo Pieroni, Gino Marceca, Martin Rodriguez

- Experimento ATLAS en el LHC
- Experimento AUGER (Mendoza)



¿Qué quiere decir hacer física experimental desde BsAs  
en un experimento que está en Mendoza o Ginebra?

El 95% del trabajo experimental en nuestra área es vía software:

- Simulación y diseño del experimento.
- Manejo de los detectores y la toma de datos.
- Reconstrucción de los datos: voltajes ( $10^8$  canales/25ns) → objetos físicos.
- Tratamiento de datos y análisis físicos.

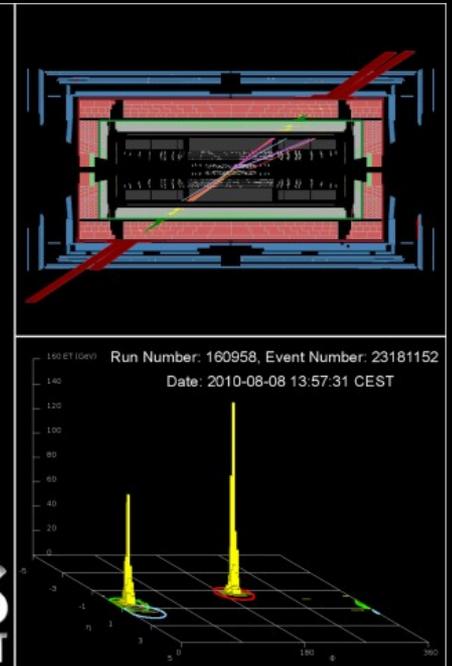
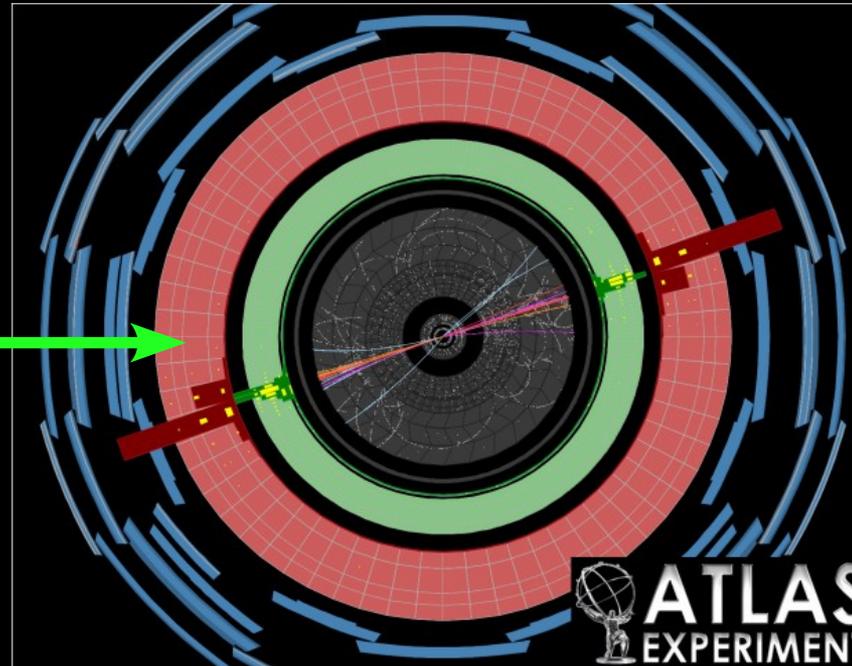
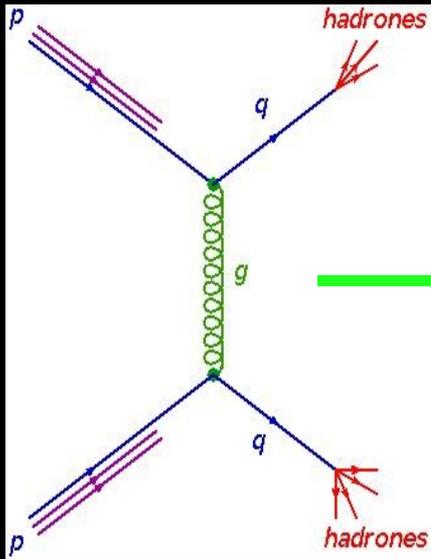
# Física experimental de altas energías: experimento ATLAS

Las tareas van desde el funcionamiento del detector ...

- Calibración del calorímetro
- Medición de la resolución de jets

... hasta la realización y publicación de análisis físicos

- Producción de quarks  $b$  via la fuerza fuerte
- Búsqueda de supersimetría en eventos de multijets

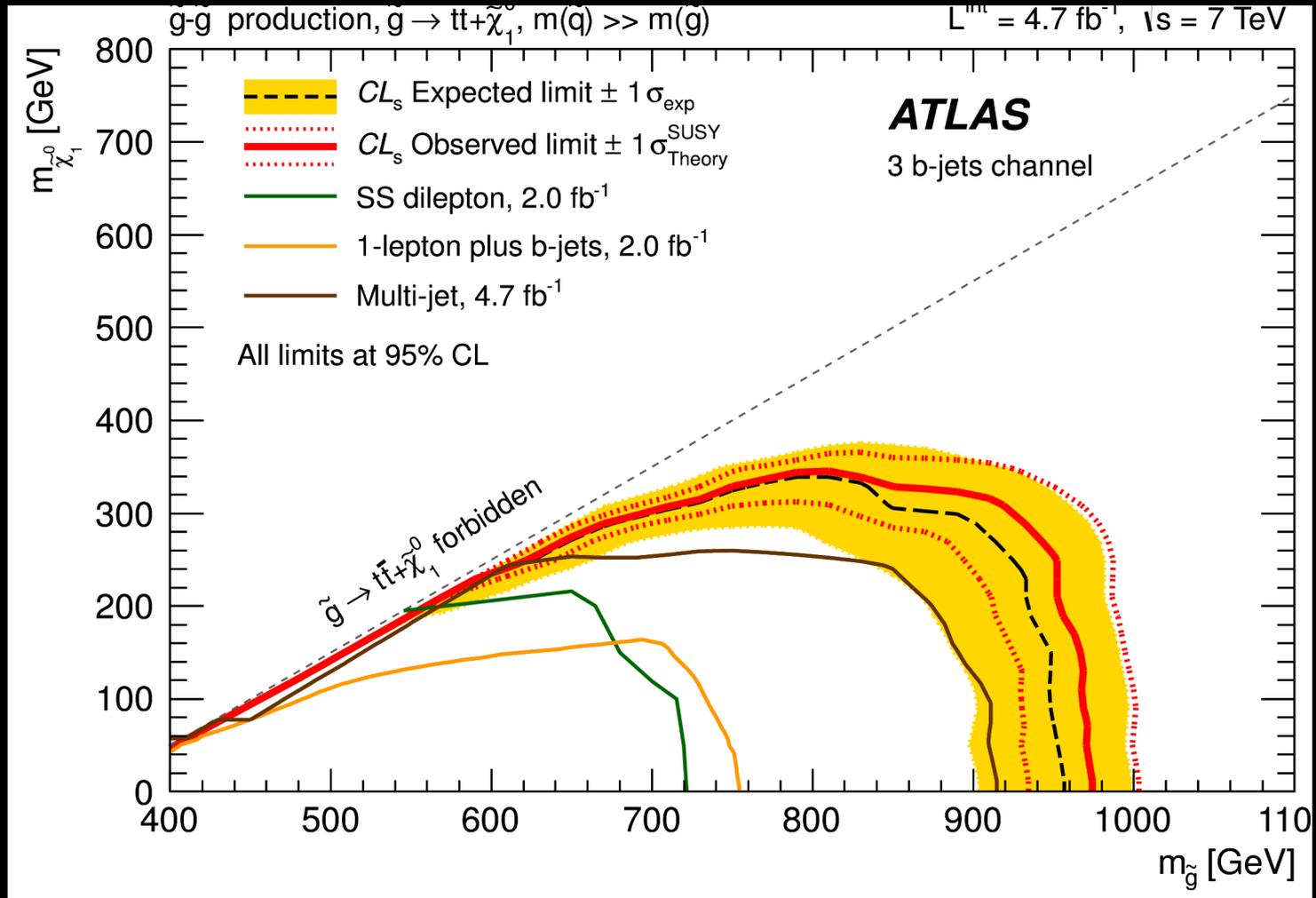


ATLAS  
EXPERIMENT

# Física experimental de altas energías

Ejemplo de búsqueda de supersimetría: zona de exclusión

masa del neutralino



masa del gluino

# Conclusiones

Un área de intensa actividad en el Departamento.

Estrechas colaboraciones con el exterior

La actividad actual centrada principalmente en el LHC.

Grandes novedades recientes ...

... y más novedades esperadas en el futuro cercano.