

## ¿Quiénes somos?

- Pablo Capuzzi (DF-IFIBA-CONICET)
- Horacio Cataldo (IFIBA-CONICET)
- Dora Jezek (IFIBA-CONICET)
- Mauro Nigro (DF-IFIBA-CONICET)

Se realizan estudios teóricos sobre sistemas finitos de gases confinados. Estudiamos varios aspectos de la condensación de Bose-Einstein de gases atómicos; como por ejemplo, las excitaciones colectivas, modelos multimodos precisos para tratar oscilaciones de Josephson y de auto-atrapado en redes ópticas; y gases fermiónicos confinados.

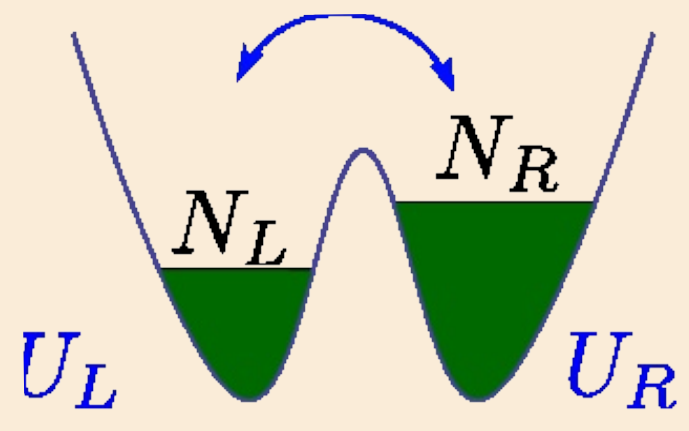
En colaboración con: Susana Hernández (DF), Leszek Szybisz (DF, CNEA)

## Interacción efectiva en un modelo de dos modos en una trampa doble

*Dora Jezek, Horacio Cataldo y Pablo Capuzzi*

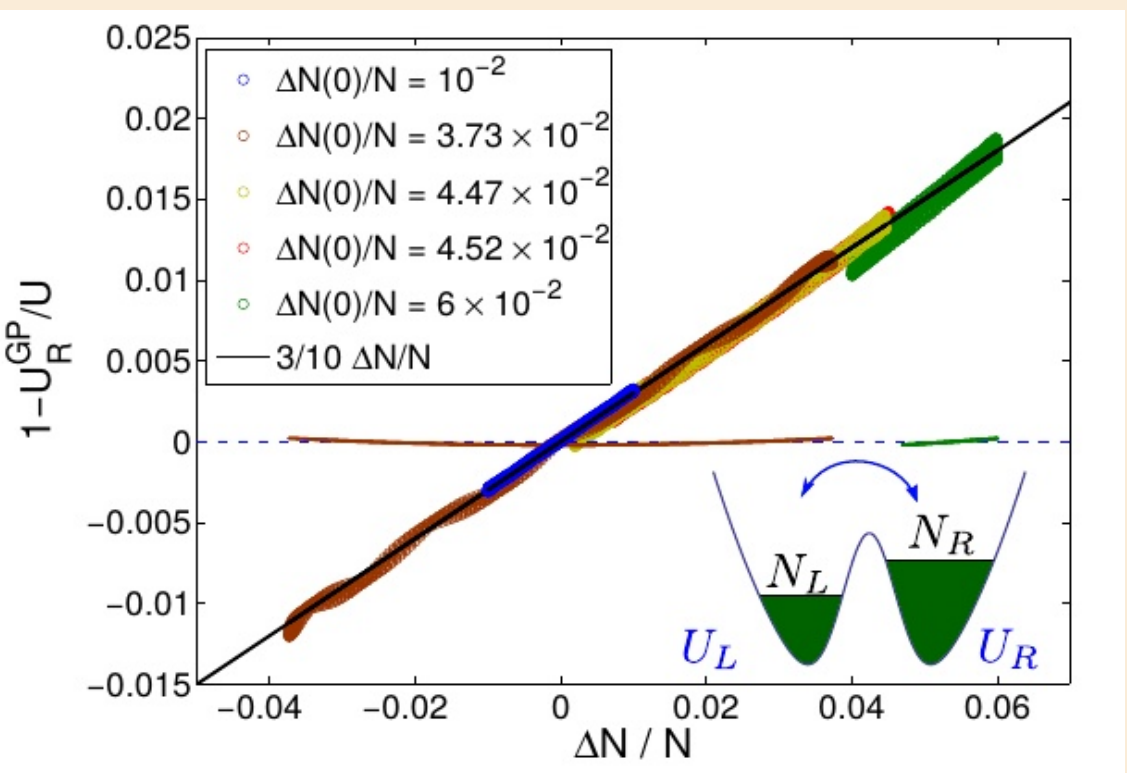
Estudiamos la validez de modelos de dos modos en condensados de Bose-Einstein a temperatura cero. Los efectos de las interacciones efectivas son importantes.

$$i\hbar \frac{\partial \psi_{TM}}{\partial t} = \left[ -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V_{trap}(\mathbf{r}) + g N \rho(\mathbf{r}, t) \right] \psi_{TM}$$

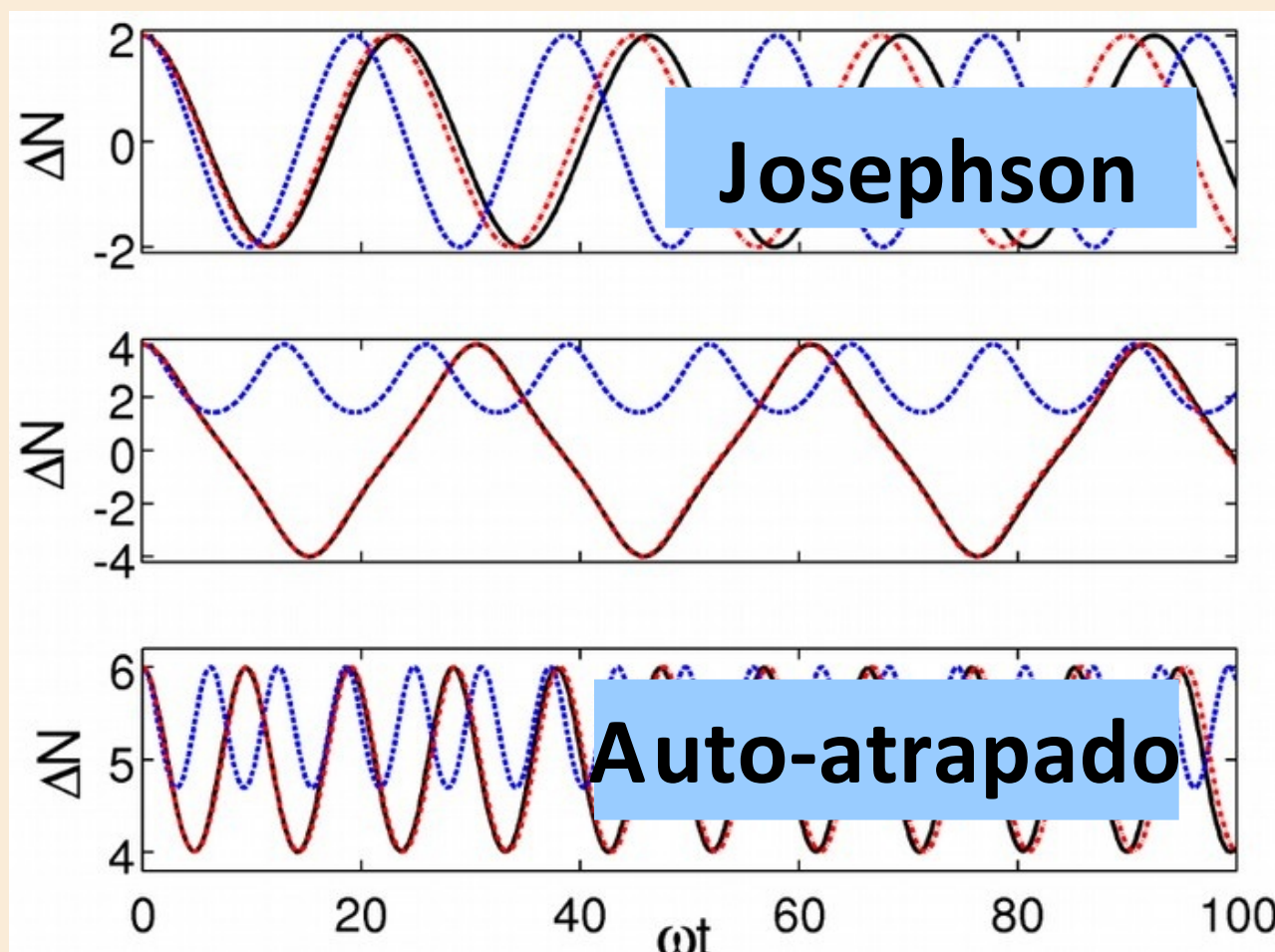


### Interacción efectiva

$$U_R^{GP}(t) = \frac{g}{n_R} \int d^D \mathbf{r} \rho_{GP}(\mathbf{r}, t) \rho_R(\mathbf{r})$$



### Simulación numérica



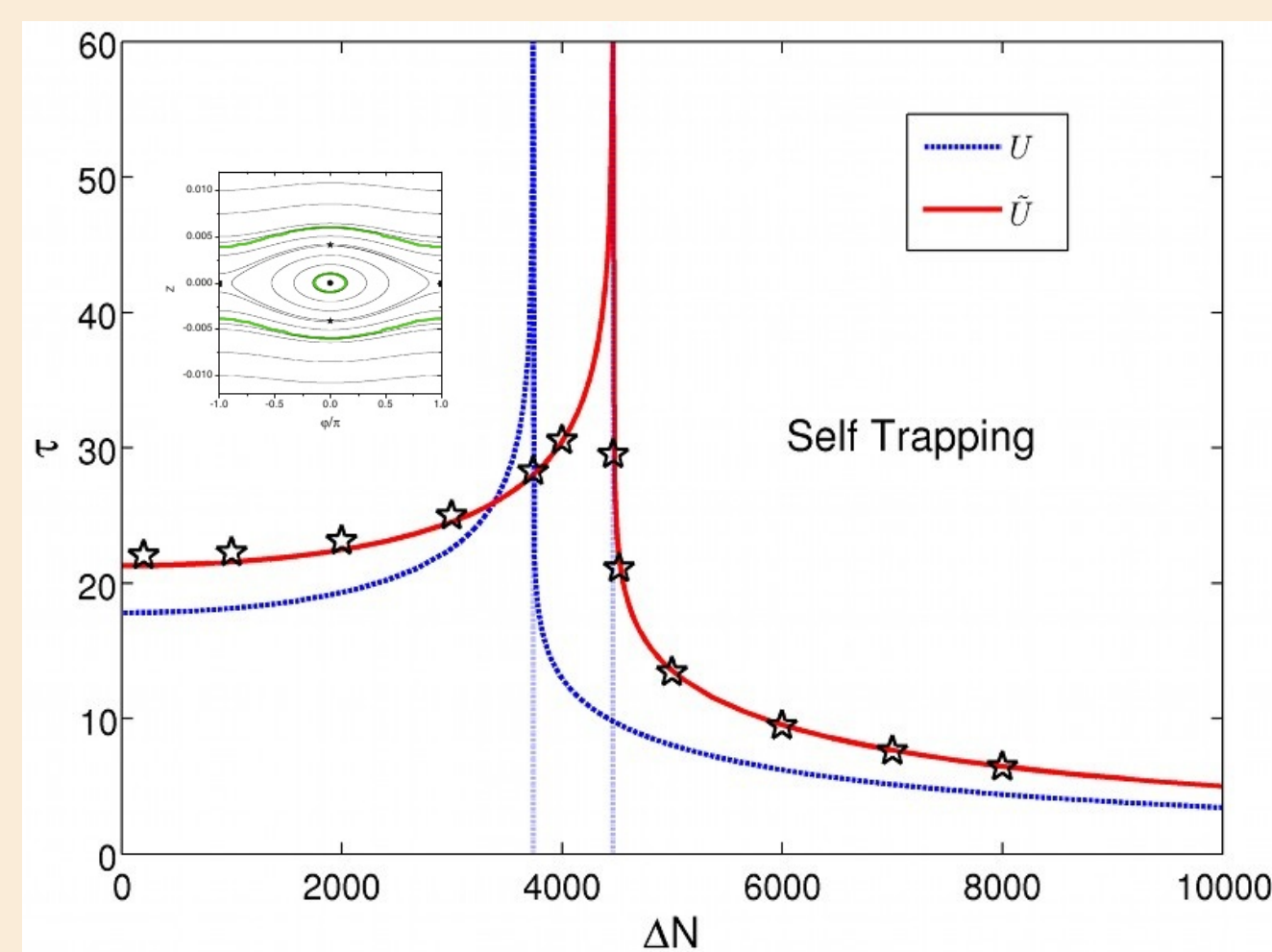
### Modelo de dos modos

$$\psi_{TM}(r, t) = b_R(t) \psi_R(r) + b_L(t) \psi_L(r)$$

$$\dot{Z} = -\sqrt{1-Z^2} \sin \phi + \gamma(1-Z^2) \sin 2\phi,$$

$$\dot{\phi} = \Delta Z + \left[ \frac{Z}{\sqrt{1-Z^2}} \right] \cos \phi - \gamma Z(2 + \cos 2\phi)$$

### Periodos de Oscilación

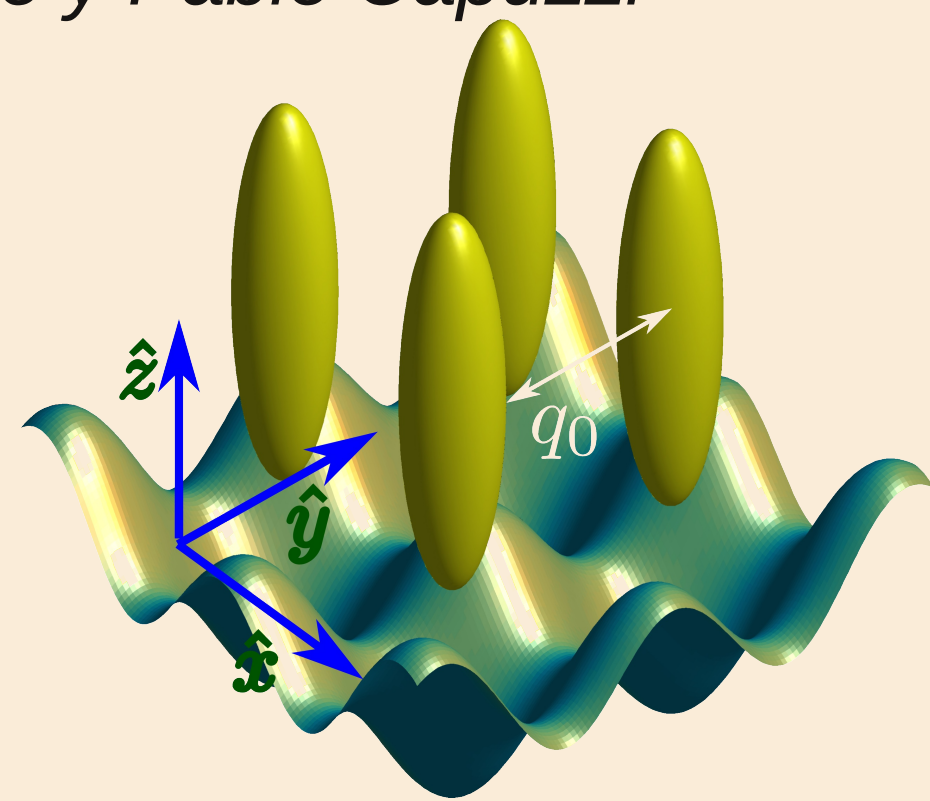


La comparación de los periodos de oscilación

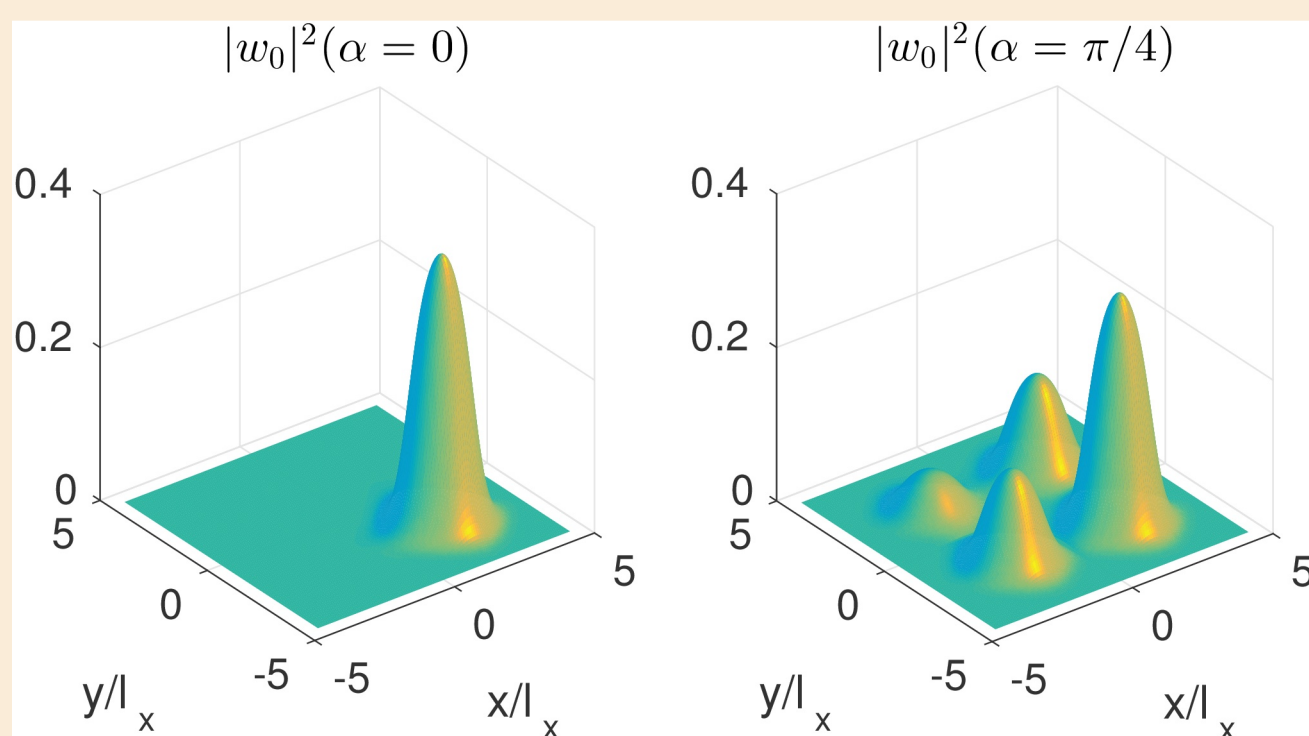
## Modelos efectivos en multimodos

*Mauro Nigro, Dora Jezek, Horacio Cataldo y Pablo Capuzzi*

La dinámica en 3D de condensados de Bose-Einstein en trampas de multiples pozos puede tratarse eficientemente utilizando de modelos multimodos con parámetros efectivos.



Para ello es fundamental definir los estados localizados de base minimizando la dispersión espacial que depende fuertemente de la fase relativa entre los estados estacionarios utilizados.



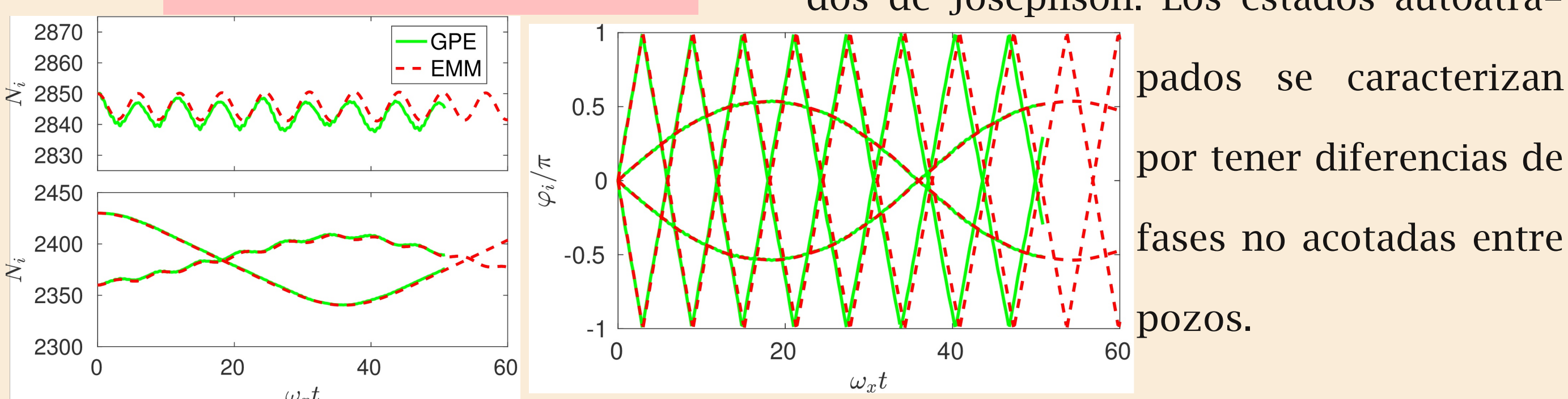
### Localización

Resulta muy útil definir un Hamiltoniano

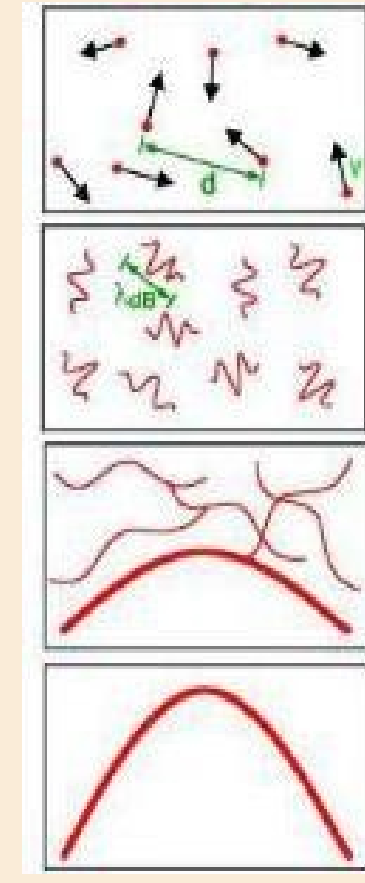
$$H^{red}(\vec{Z}, \varphi) = \frac{1}{2} \Lambda^{red} \vec{Z}^2 - \sqrt{1-\vec{Z}^2} \cos \varphi$$

reducido para un sistema con alta simetría Sin embargo, en sistemas de más de dos para clasificar distintos tipos de órbitas y pozos se pueden definir estados auto-atrapados que pueden convivir con estados de Josephson. Los estados autoatrapados se caracterizan por tener diferencias de fases no acotadas entre pozos.

### Estados Mixtos



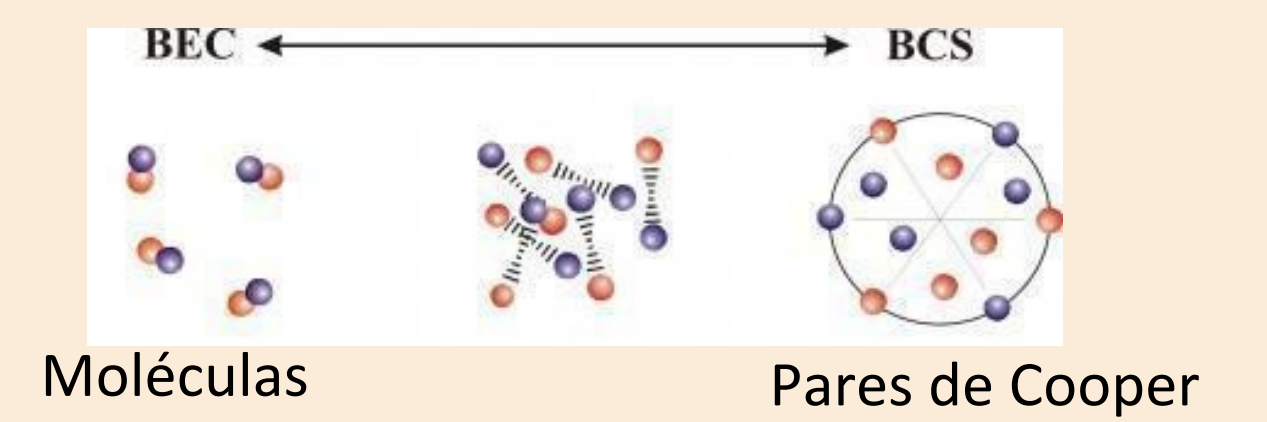
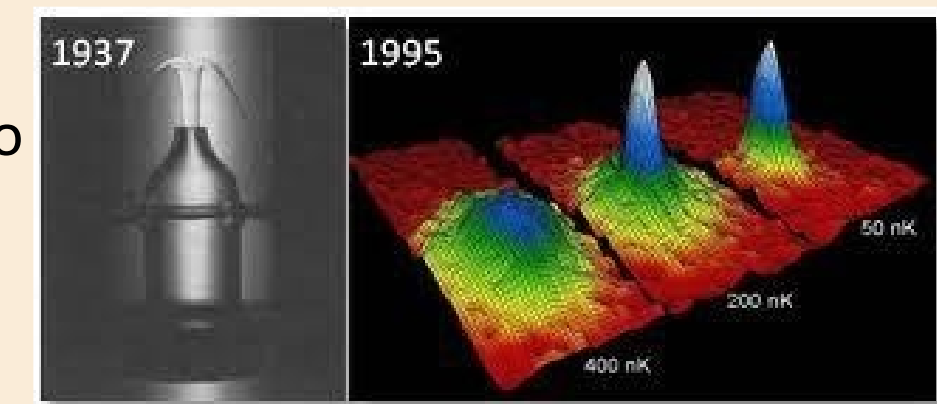
## Átomos ultrafríos



Alta T  
Baja T  
Paquetes de Onda  
Emerge el BEC  
T=0 BEC puro

## ¿Porqué son interesantes los átomos ultrafríos?

- ▶ Coherencia macroscópica, superfluides y fases exóticas.
- ▶ Simuladores de Hamiltonianos: Redes ópticas, modelos de Hubbard, superconductividad de alta temperatura crítica.
- ▶ Sistemas experimentalmente controlables y muy limpios.



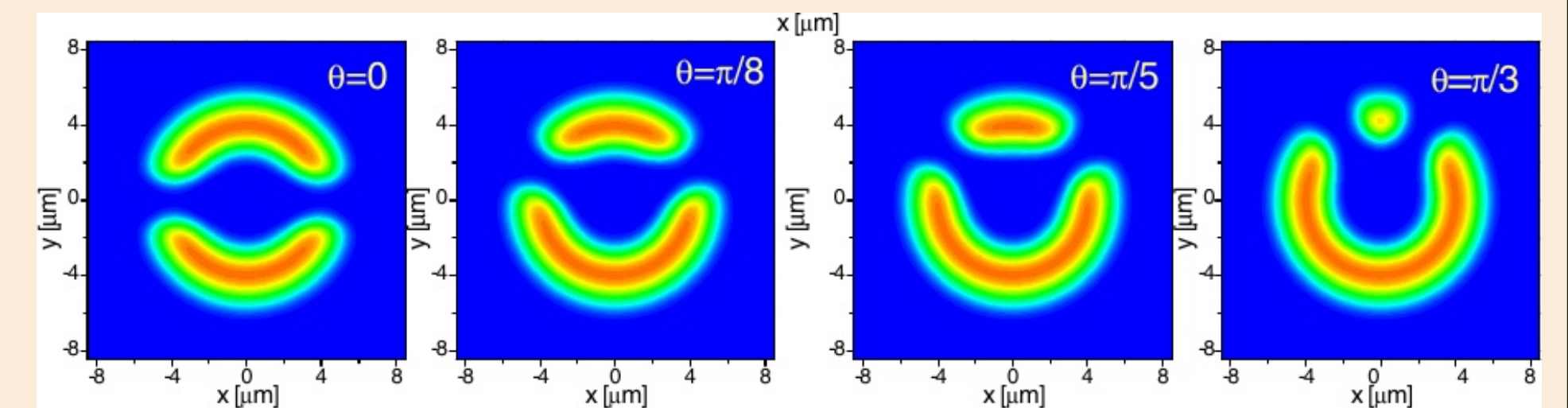
### Descripciones Teóricas

- ▶ Ecuaciones de Schrodinger no lineales (interacción) para la función de onda del condensado.
- ▶ Ecuaciones hidrodinámicas para los fermiones ( masa, momento, gap, momentos del gap)
- ▶ Ambas son tratables analíticamente y numéricamente con relativa sencillez.

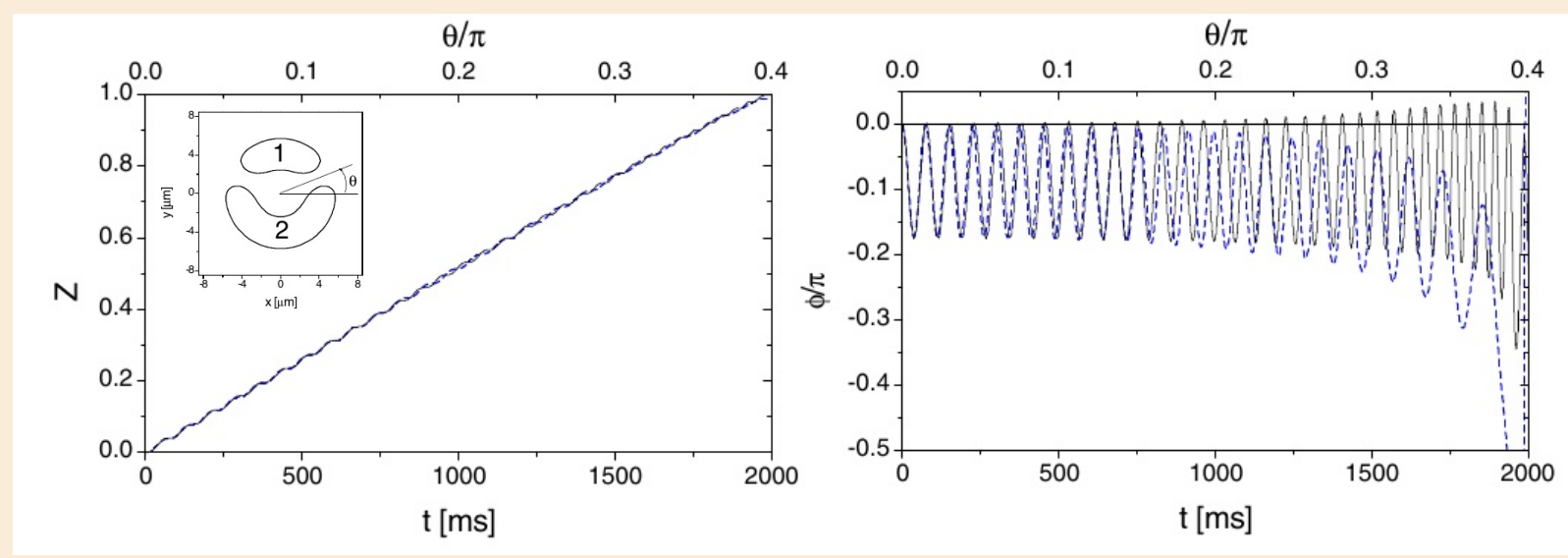
## Dinámica en condensados doble asimétricos

*Dora Jezek y Horacio Cataldo*

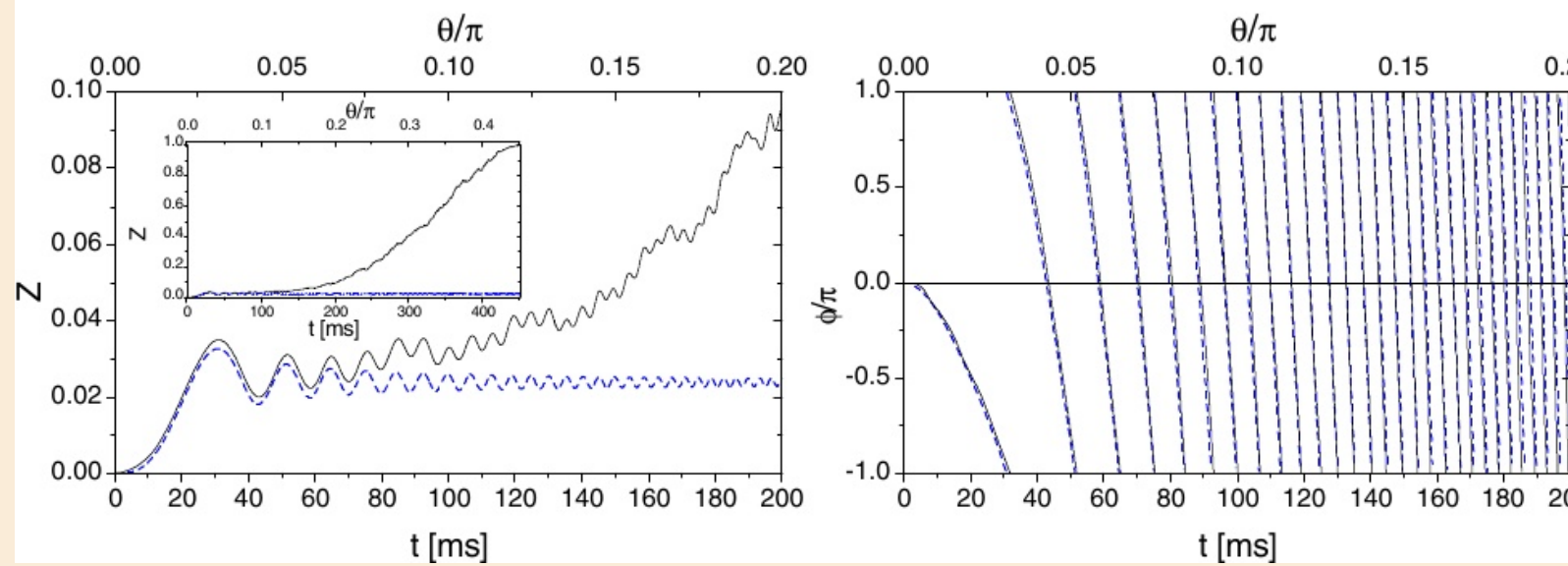
Condensado de Bose-Einstein a T=0 en trampa toroidal con dos barreras formando un ángulo



### Barrera móvil



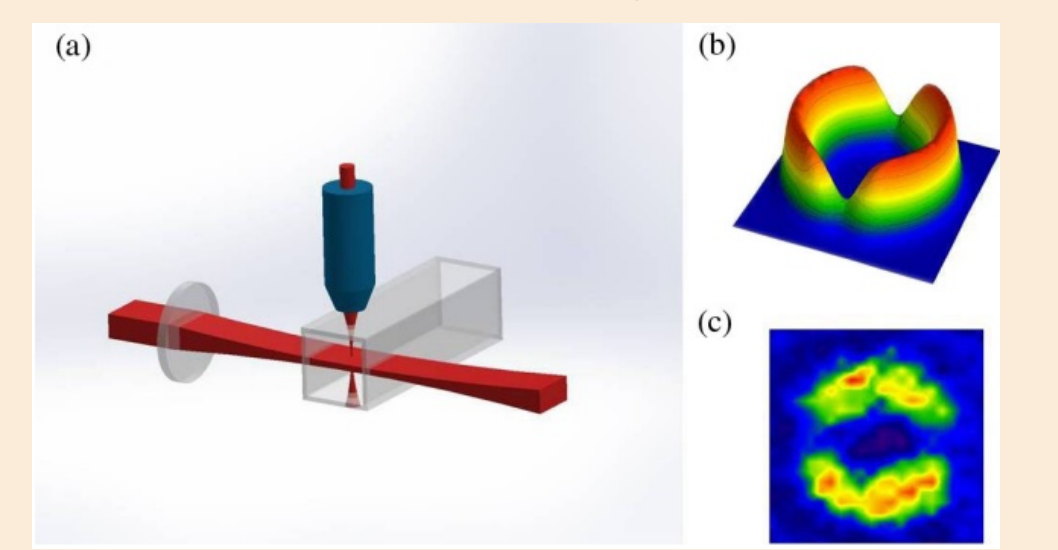
Baja frecuencia angular de la barrera



Frecuencia angular mayor que la crítica

$$\hbar \dot{Z} = -J \sqrt{1-Z^2} \sin \phi,$$

$$\hbar \dot{\phi} = \tilde{U} N [Z - Z_0[\theta(t)]] + J \frac{Z}{\sqrt{1-Z^2}} \cos \phi$$



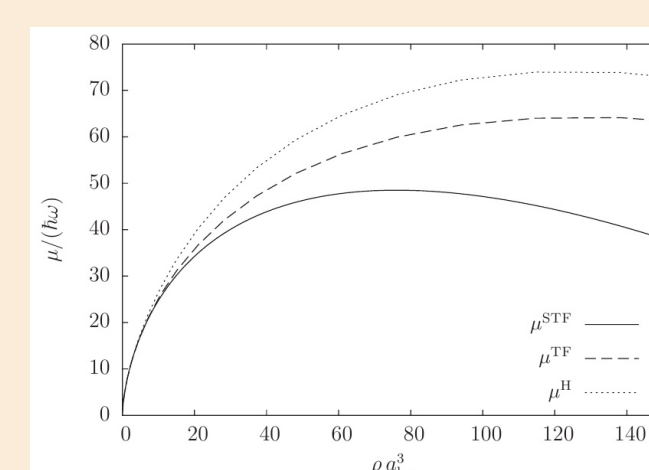
Experimento de Ryu et al. PRL 111, 205301 (2013).

Comparación de la simulación numérica con el modelo.

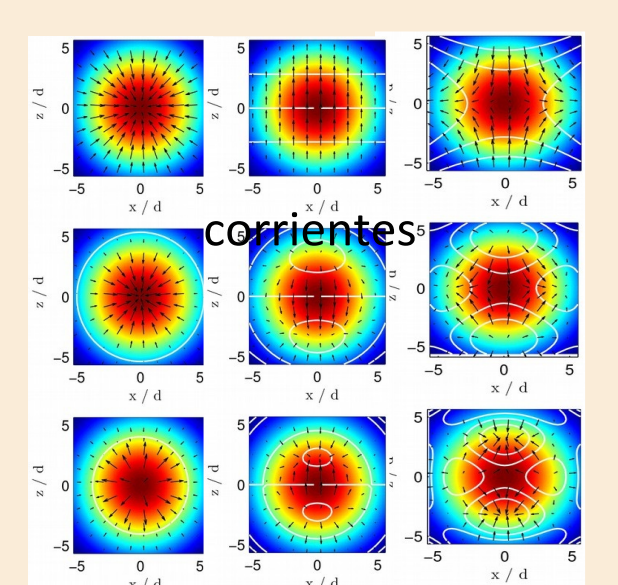
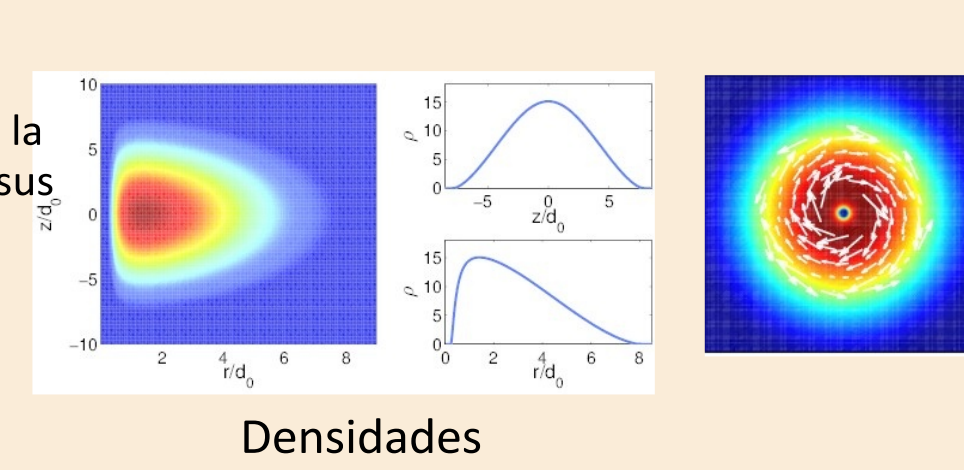
## Gases fermiónicos atrapados - Superfluides BCS extendida

*Susana Hernández, Leszek Szybisz y Pablo Capuzzi*

En los últimos años los estudios de superfluides se han extendido a mezclas atómicas confinadas y altamente diluidas donde la teoría de campo medio reproducen con alta precisión las mediciones experimentales y donde es posible modificar experimentalmente los parámetros de interacción y confinamiento externo.



Inclusión explícita de la densidad anómala y sus momentos.



### Excitaciones

- A partir de un formalismo de leyes de conservación adoptamos una generalización de la teoría de Thomas-Fermi que incluye la energía de apareamiento (que es más importante para interacciones más fuertes).