



Flujo y reconexión de color en colisiones protón-protón

*Eleazar Cuautle Flores
Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM*

*Seminario del Cuerpo Académico de
Partículas Campos y Relatividad General*

24 de abril 2013



Contenido



- **Flujo (movimiento colectivo)**
En colisiones de iones
- **Flujo en colisiones pp!**
Multiple interacción partónica
Reconexión de color
- **Efectos de MPI y Reconexión de color**
Espectros de pt
Razon B/M, versus Multiplicidad y MPI
Pt promedio
- **Conclusiones**



Flujo ...de ideas?

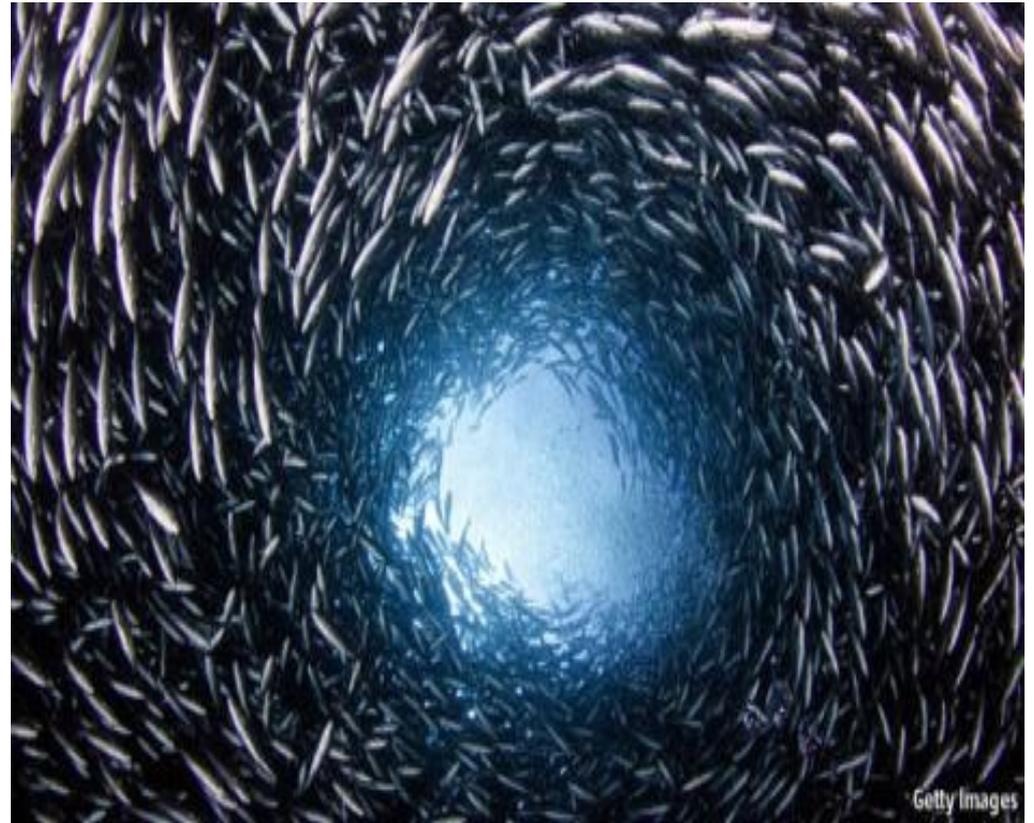


México, DF. 20 mayo 2012.- Militantes del Movimiento Regeneración Nacional (Morena), estudiantes de diversas instituciones educativas y simpatizantes de Andrés Manuel López Obrador participan en el Zócalo capitalino en una manifestación de apoyo al candidato a la Presidencia de la República postulado por el Movimiento Progresista.





Flujo colectivo, en seres no pensantes !!!



Pricenton university: Y parece que los animales saben cosas, o hacen mejor que los humanos en ciertas condiciones, y nos revelan que en ocasiones la inteligencia colectiva dependen de la ignorancia de algunos de sus miembros.



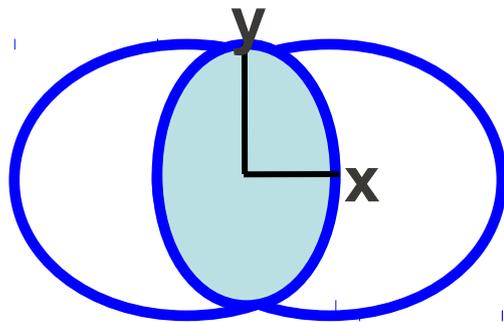
Flujo en colisiones de iones



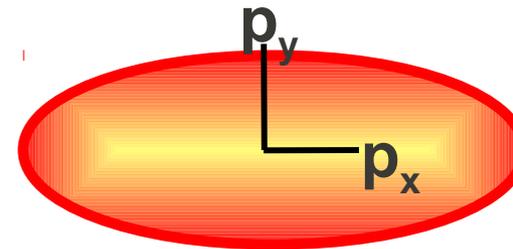
En colisiones centrales entre núcleos esféricos, el estado inicial es simétrico en ángulo acimutal, implicando una distribución acimutal de partículas en estado final, isotrópica. Cualquier gradiente de presión causará un flujo colectivo de partículas salientes, que es lo que se llama flujo radial

Las observables relevantes para el estudio del flujo, es el momento transverso de partículas. Para cada partícula, se le puede superponer un movimiento térmico con una velocidad colectiva, por lo que la distribución de p_t , depende de la temperatura de desacoplamiento y de la masa de la partícula.

Anisotropía espacial inicial



Anisotropía de momento final





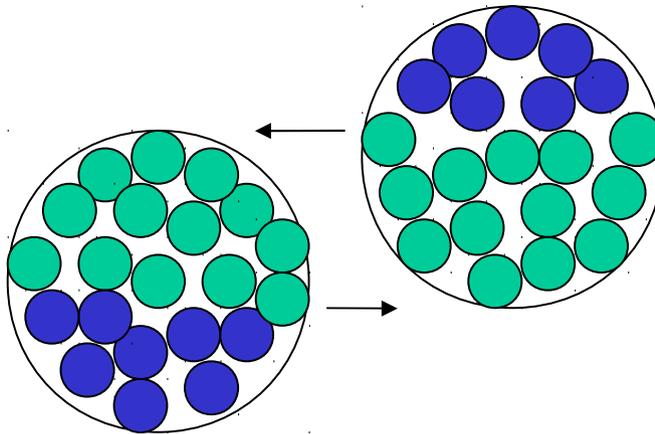
Teoría de Glauber



Suposición: Colisiones inelásticas de 2 nucleos (A-B) pueden ser descritas por superposición de colisiones de “un número equivalente de colisiones nucleón-nucleón”

Cuántas?

-  Nucleón espectador
-  Nucleón Participante



Para calcular N_{part} or N_{coll} , tomamos

= seccion inelastica n-n

N_{part} = numero de participantes

N_{coll} = Numero de colisiones de n con A o (A+B)



$$N_{part} = 7$$

$$N_{coll} = 10$$

$$N_{quarks + gluons} = ?$$

$$N_{inelastic} = 1$$



Expansión colectiva en colisiones de iones pesados

NA44: Phys. Rev.Lett. 78,2080 (1997)



$$\frac{1}{m_t} \frac{dN}{dm_t} = A \exp\left(\frac{-m_t}{T}\right)$$

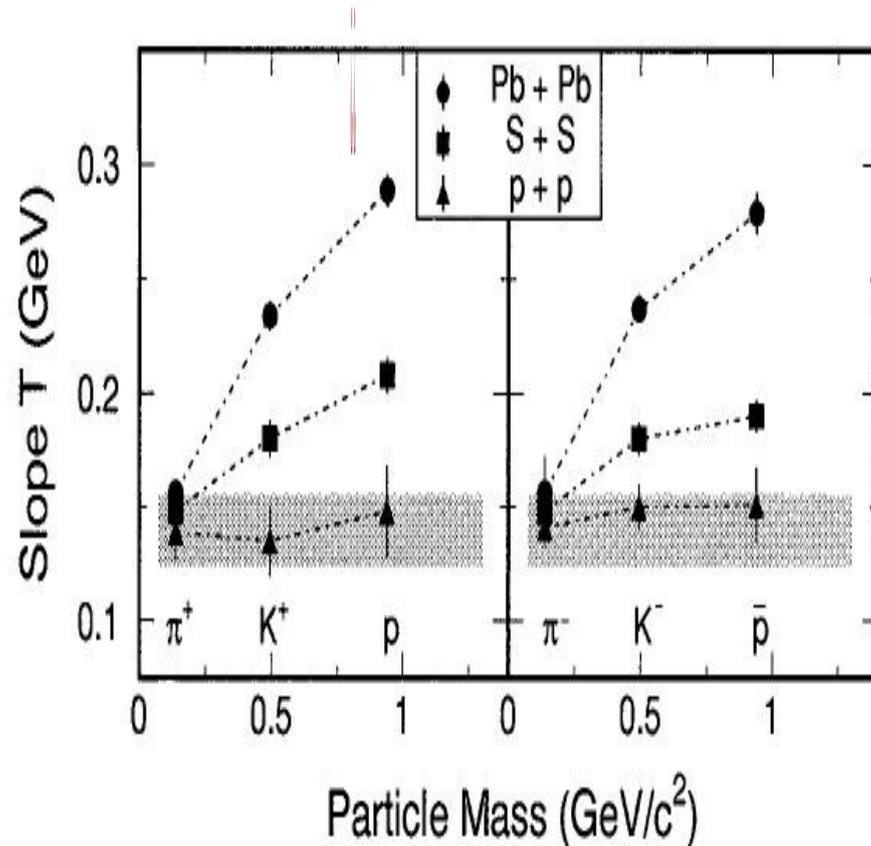
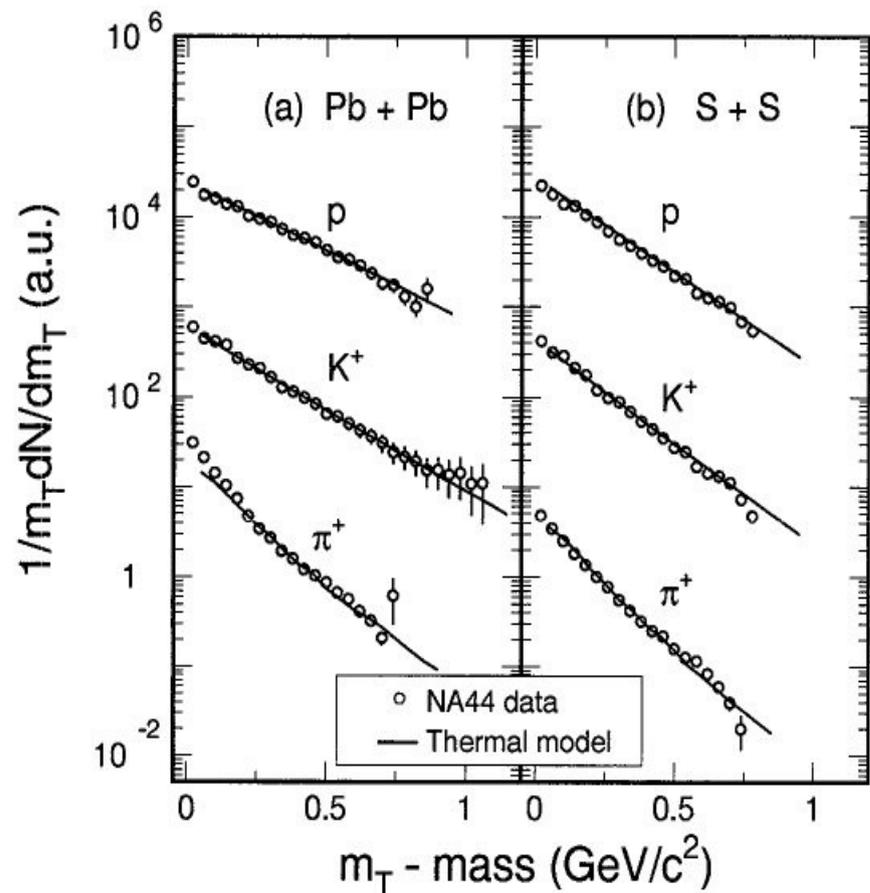


Figure 3: Transverse mass distributions for pions, kaons, and protons (open circles) compared with results of a thermal model calculation (lines). Resonance decays are included in the pion spectra and resonance effects on kaon and proton spectra are neglected.

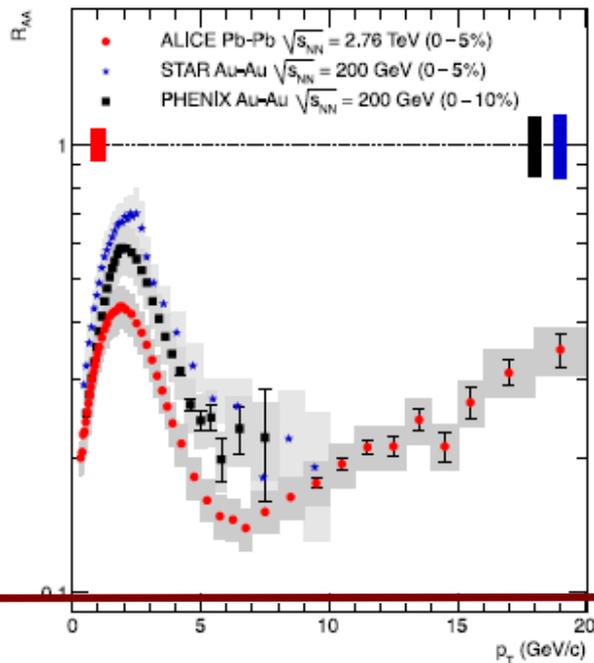
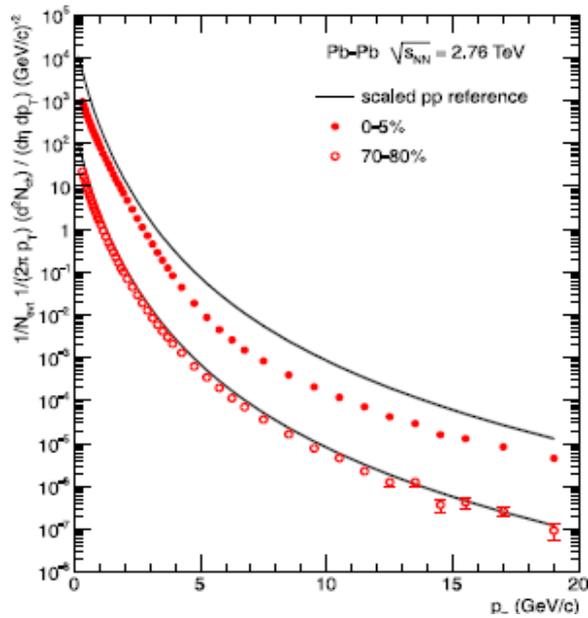
Figure 2: Slope parameter T as a function of particle mass. The p+p results are taken from Refs. [16,17]. The shaded band shows the range where the slopes converge at zero mass.



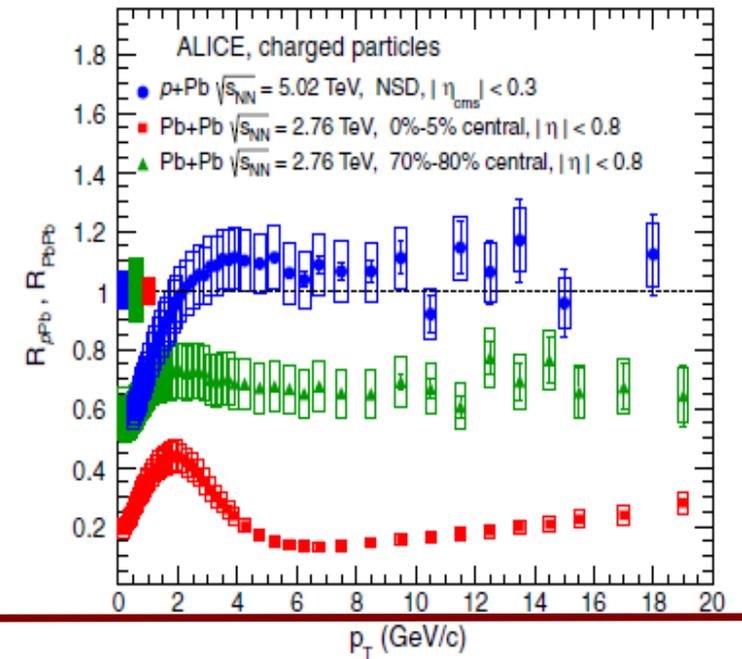
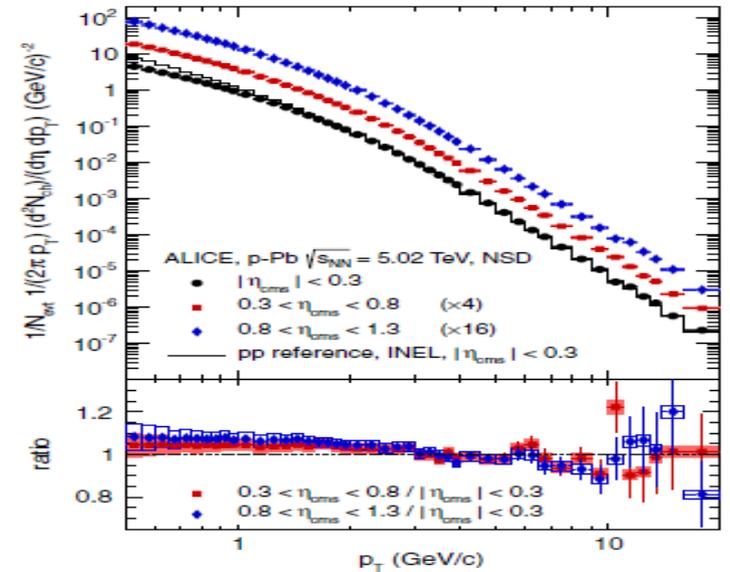
Supresion de partículas cargadas a momento transverso grande, en PbPb a 2.76 TeV y pPb a 5.02 TeV.



ALICE: Phys. Lett. B696,30 (2011),



Phys. Rev. Lett. 082302 2013



E. Cuautle



$$\left(\frac{\partial^2}{\partial t^2} - \nabla^2 + m^2 \right) \phi(\mathbf{r}, t) = 0 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \phi_{nlm'}(\mathbf{r}, t) &= \frac{e^{-iE_{nl}t}}{R J_{l+3/2}(k_{nl}R)} \\ &\times \frac{Y_{lm'}(\hat{\mathbf{r}}) J_{l+1/2}(k_{nl}r)}{\sqrt{r} E_{nl}}. \end{aligned} \quad (2)$$

$$(i\gamma^\mu \partial_\mu - m) \psi(\mathbf{r}, t) = 0 \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \psi_{nlm'}(\mathbf{r}, t) &= \frac{e^{-iE_{nl}t}}{2mR J_{l+3/2}(k_{nl}R)} \\ &\times \left\{ \begin{array}{l} E_{nl} + m + i\boldsymbol{\sigma} \cdot \boldsymbol{\nabla} \\ -E_{nl} + m - i\boldsymbol{\sigma} \cdot \boldsymbol{\nabla} \end{array} \right\} \\ &\times \frac{Y_{lm'}(\hat{\mathbf{r}}) J_{l+1/2}(k_{nl}r)}{\sqrt{r}}. \end{aligned} \quad (4)$$

Phys. Rev. C74, 064903 (2006)
Phys. Lett. B634, 200 (2006)

★ Fermiones y bosones están en equilibrio térmico y confinados a una esfera de radio= \mathcal{R} .

★ Piones y protones tienen la condición de frontera de ser finito en el origen y $\phi(|\mathbf{r}|=\mathcal{R}, t)=0$

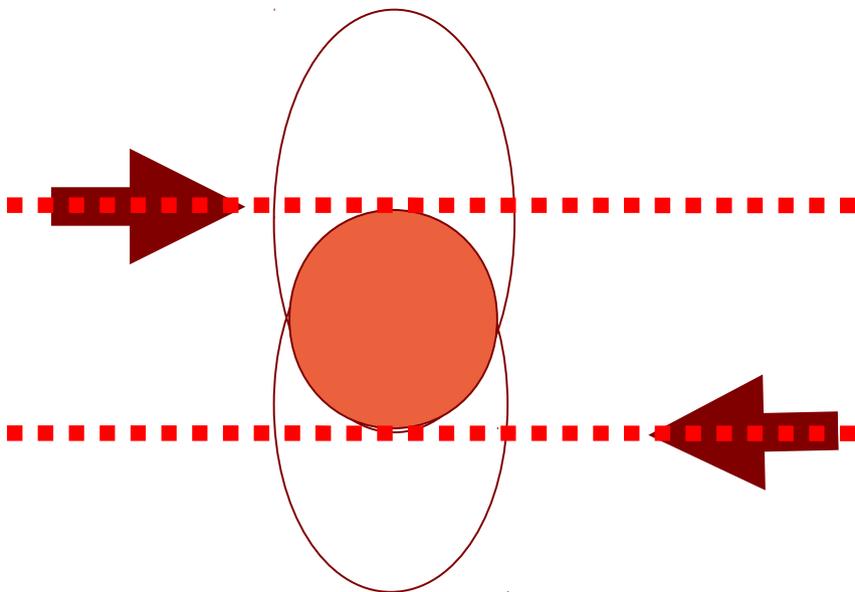
★ Raíces de $J_{l+3/2}(K_{nl}R)=0$, permiten hallar los niveles de energía E_{nl}

★ Piones, descritos por \mathcal{K} - \mathcal{G}

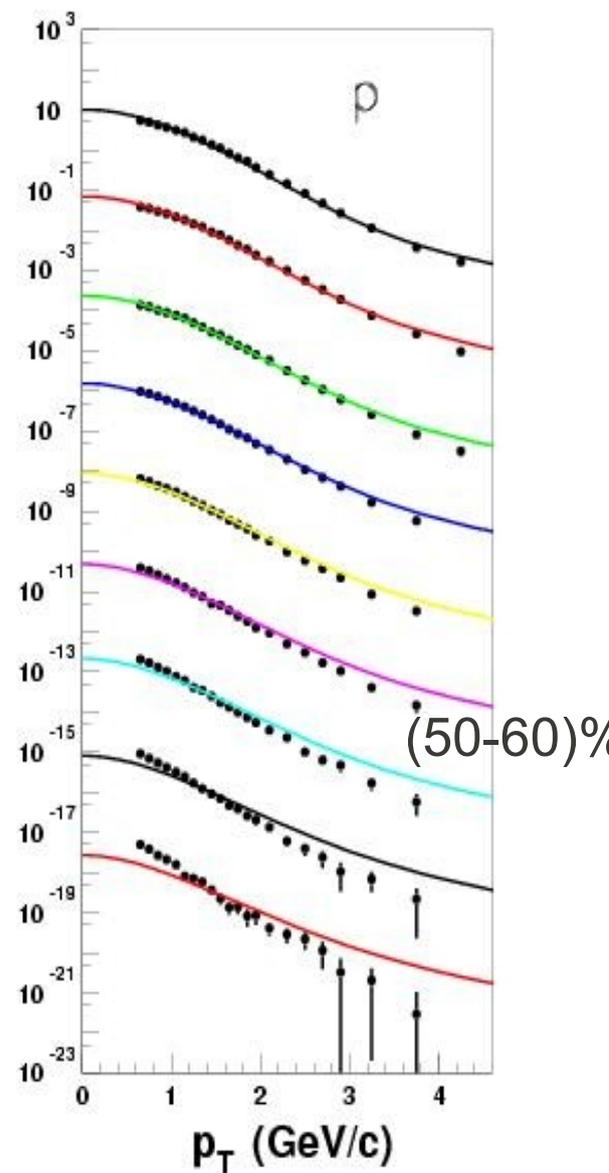
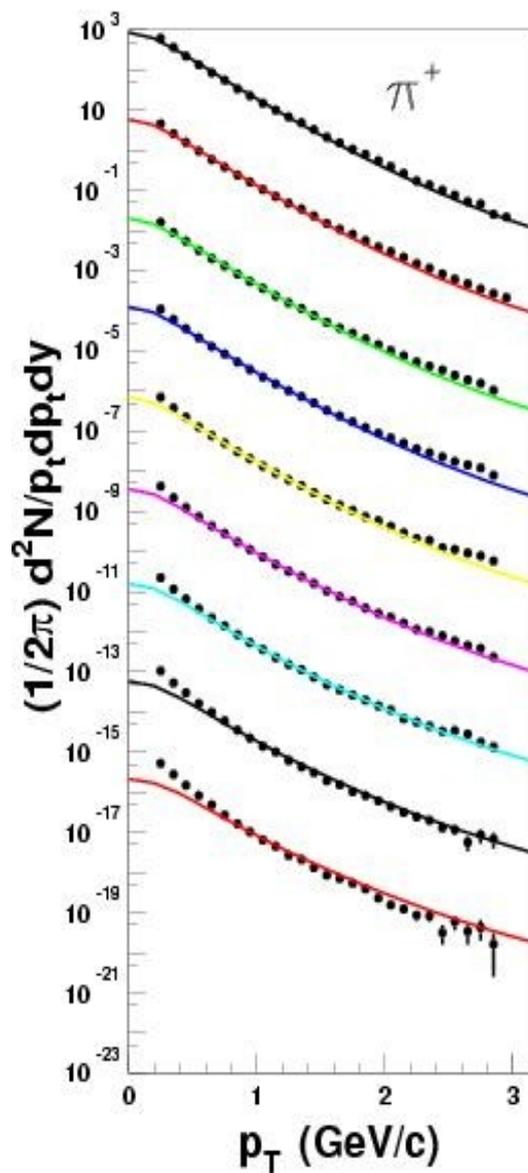
★ Protones descritos por Dirac



Espectros de $P_{t, \{p, \pi\}}$, varias centralidades



centralidad	N_{part}	R (fm)
0 – 10%	325.2	8.0
10 – 20%	234.6	7.1
20 – 30%	166.6	6.4
30 – 40%	114.2	5.6
40 – 50%	74.4	4.9
50 – 60%	45.5	4.1
60 – 70%	25.7	3.4
70 – 80%	13.4	2.7
80 – 92%	6.3	2.1

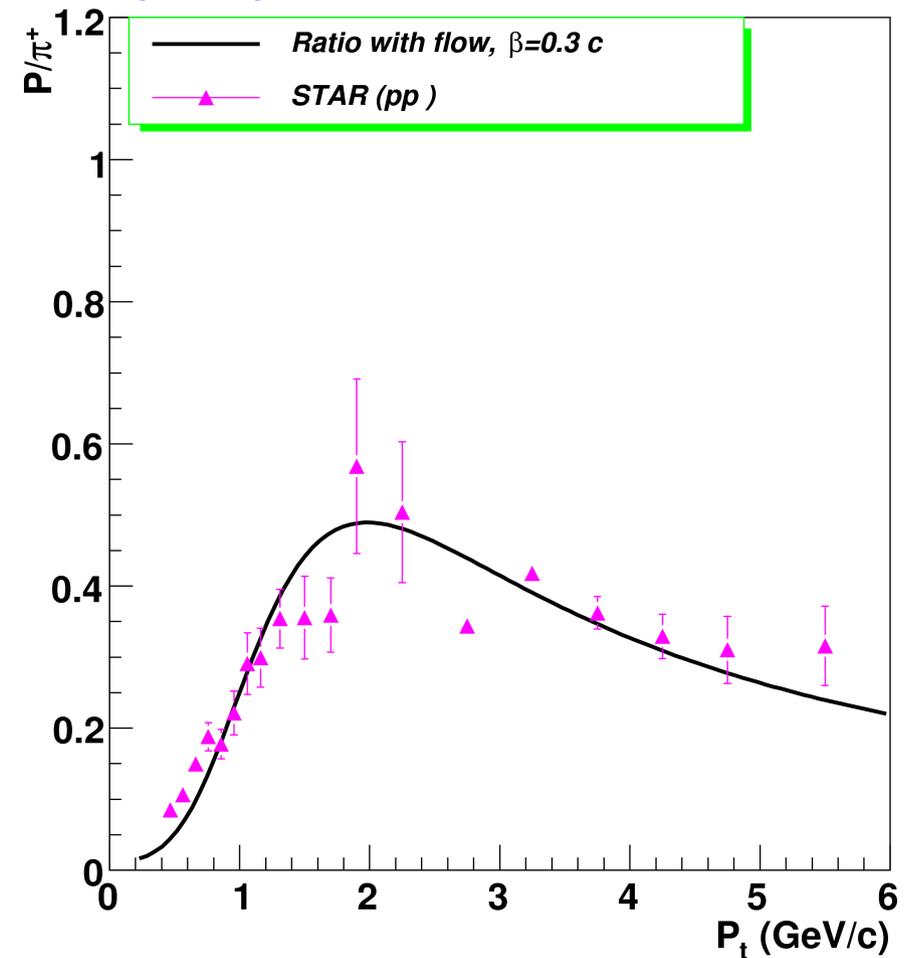
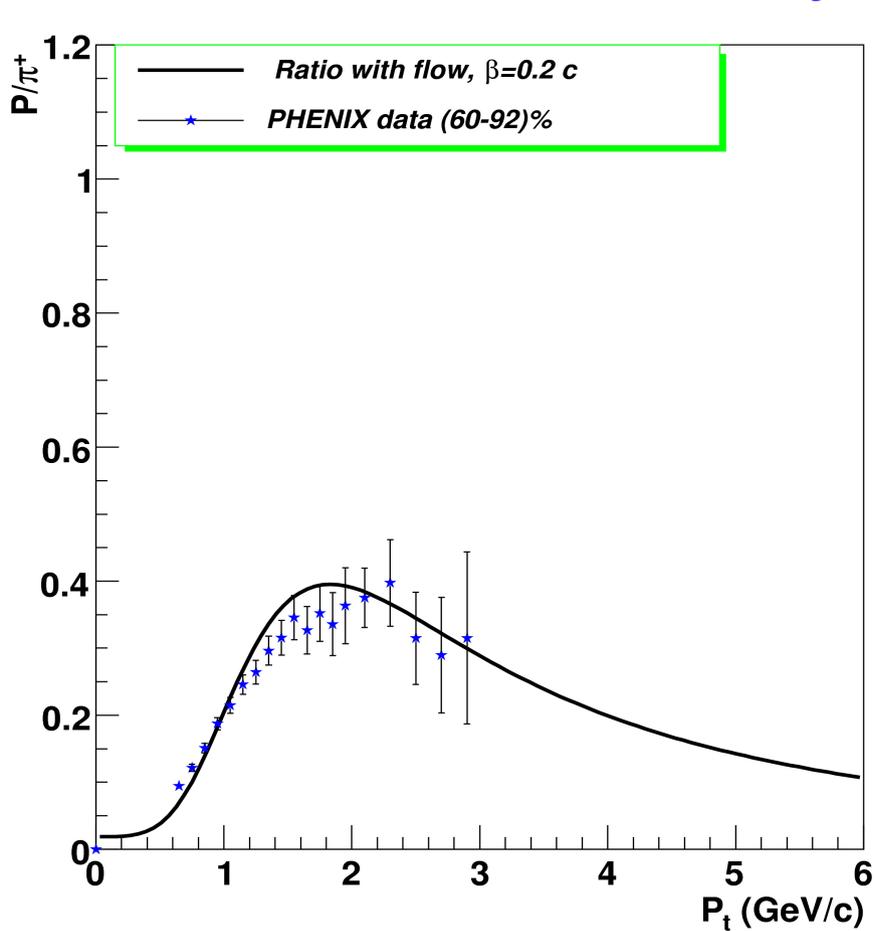




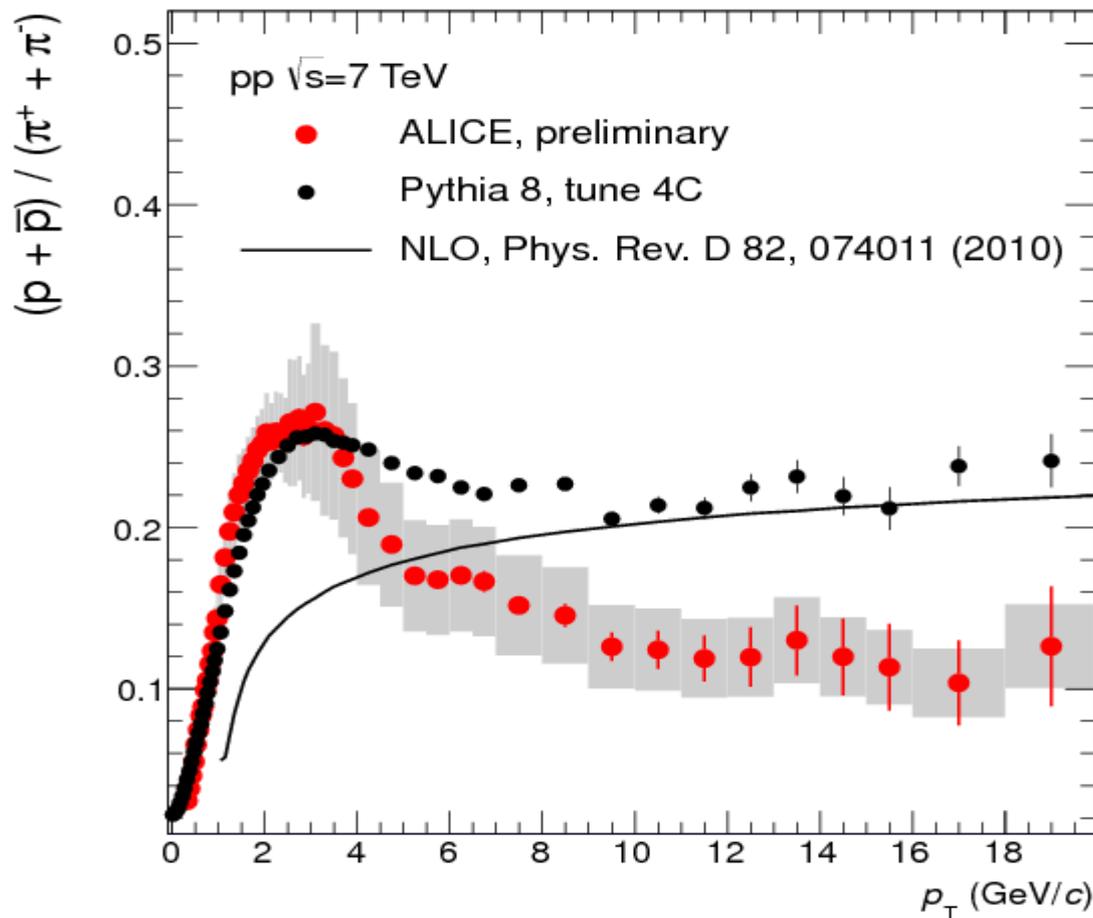
Flujo radial en pp y $Au+Au$



J. Phys. G35, 075103 (2008)



Los resultados indican que el flujo radial es necesario en cualquier intento por explicar la razón p/π (“Baryon-puzzle”)

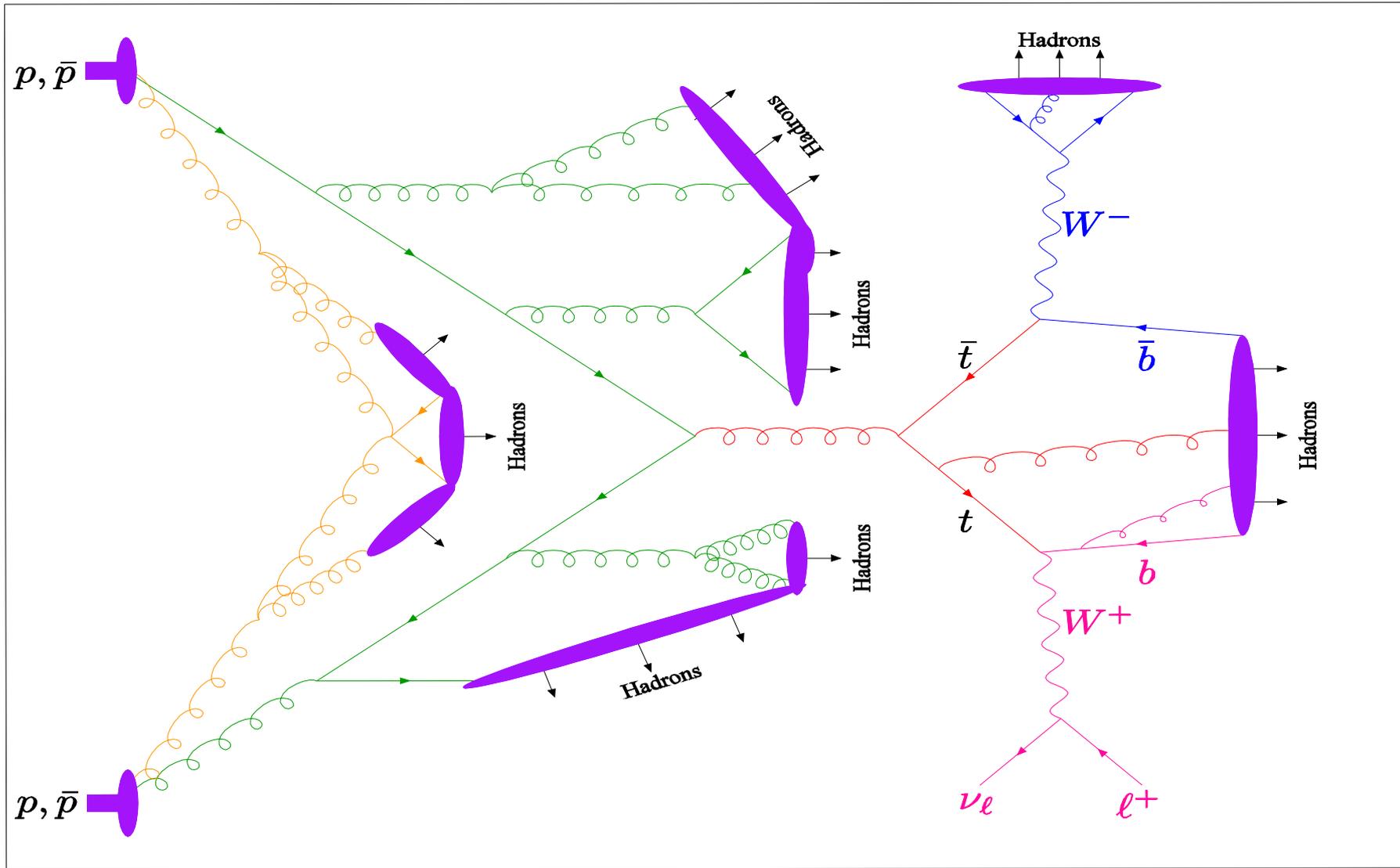


Los datos pp de ALICE, recientes han mostrado un máximo en la razón p/pi, de manera similar a resultados PbPb.

Los resultados muestran un desacuerdo con las predicciones teóricas, para $p_T > 4$ GeV.



Multiple interacción partónica

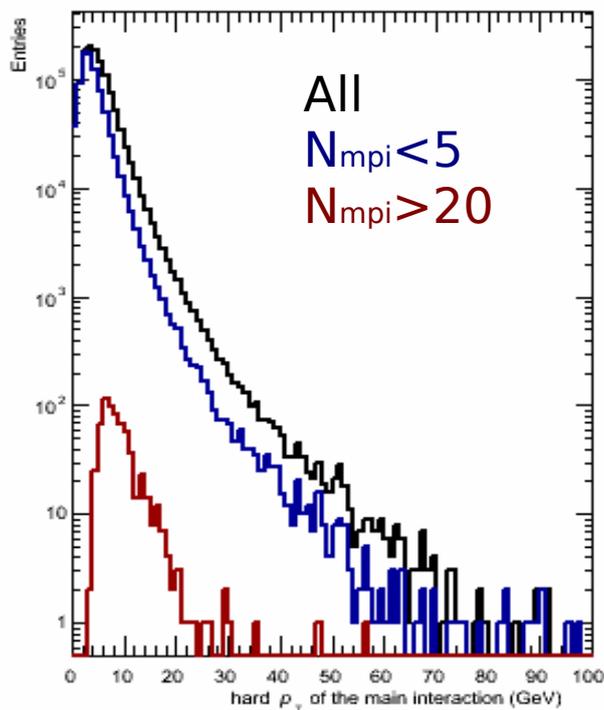
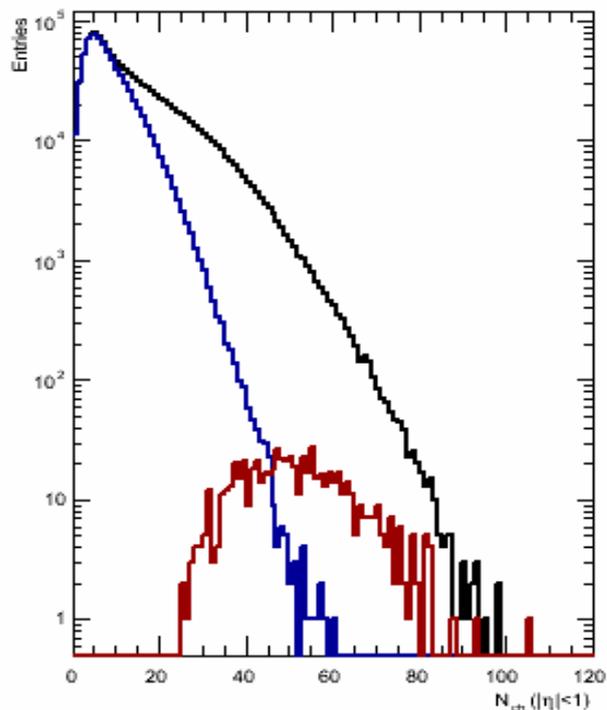




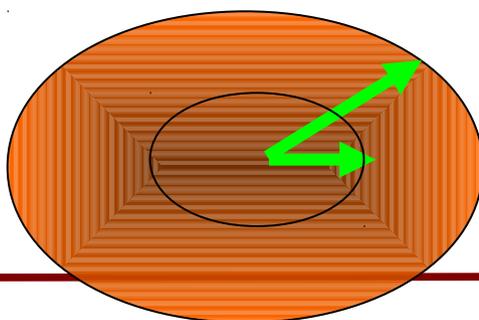
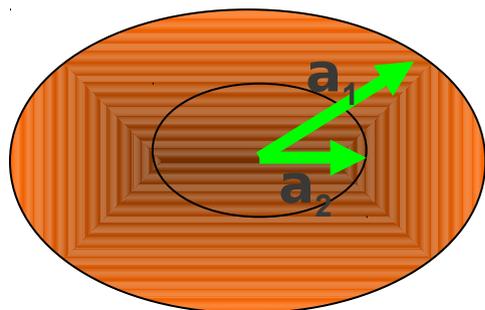
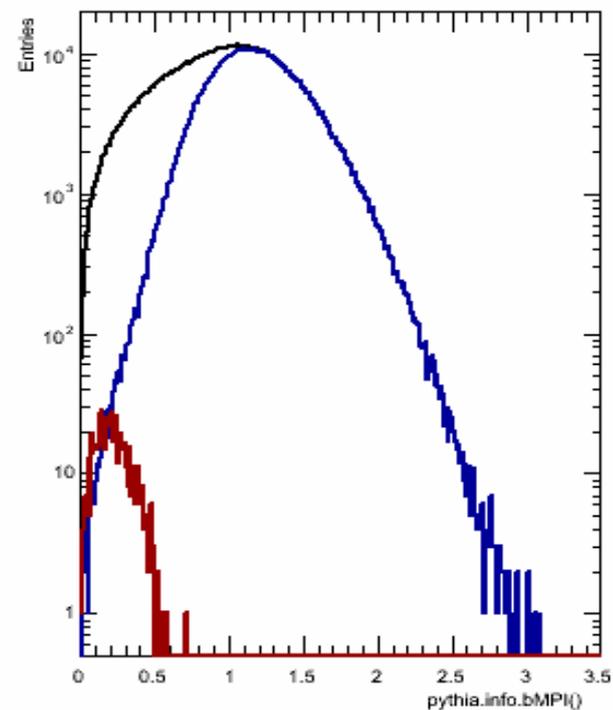
MPI, Multiplicidad, momento y parámetro de impacto



Multiplicidad



Parámetro de impacto



β es la fracción de materia dentro la esfera pequeña de radio a_2 . La razón a_2/a_1 regula el tamaño ...

PARP(83) = 0.5 = β
 PARP(84) = 0.2 = a_2/a_1

E. Cuautle



Reconexión de color

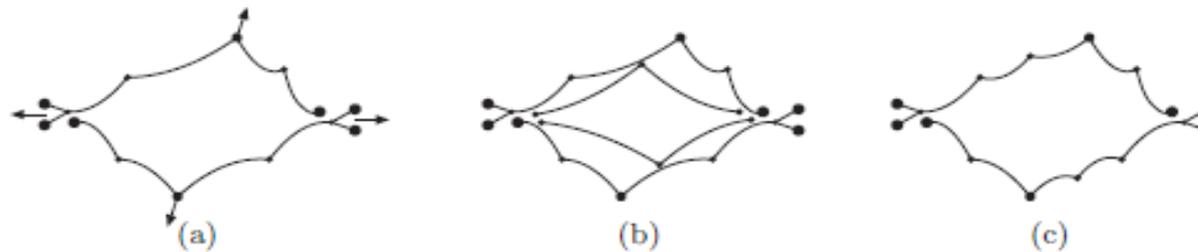
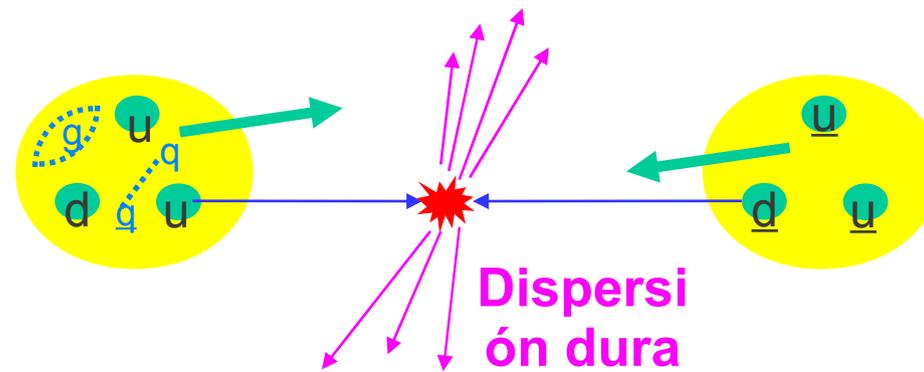
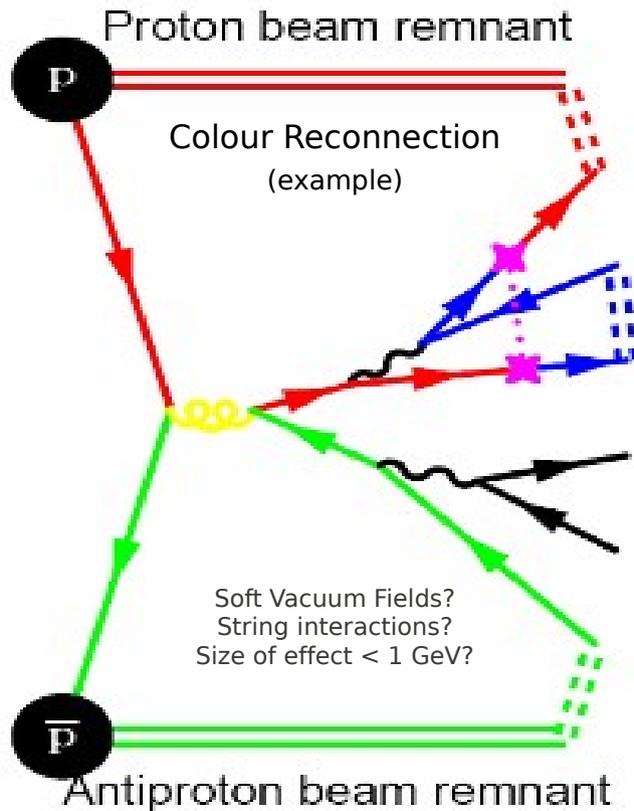


Fig. 2. (a) In a hard gluon-gluon subcollision the outgoing gluons will be colour-connected to the projectile and target remnants. Initial state radiation may give extra gluon kinks, which are ordered in rapidity. (b) A second hard scattering would naively be expected to give two new strings connected to the remnants. (c) In the fits to data the gluons are colour reconnected, so that the total string length becomes as short as possible.

Acta Physica Polonica B40, 1981,



Ejemplo de diagrama de reconexion de color



Consecuencias:

Mas flujo de color?

Interaccion entre cuerdas?

Coalescencia de cuerdas?

Efectos de hadronizacion colectivos?

Implicaciones en LHC: masa del Top?



Sobre la reconexion de color



- **A nivel partónico, antes de hadronizar**, existe una reconexión por color.
- Esta idea es motivada por el hecho de que MPI conduce a muchas cuerdas de color que translanan en espacio físico

Alternativamente, moviéndose del límite $N_c \rightarrow \infty$ a $N_c \rightarrow 3$, permite que esas cuerdas se conecten diferencialmente debido a coincidencia de color.

- Adaptando esas aproximaciones, la dinámica es similar a la **reconexión de color que reduce el total de la longitud de la cuerda y por tanto de la energía potencial.**
- En el marco viejo de MPI, **buen acuerdo a los datos de CDF es obtenido si 90 % de interacciones adicionales producen reconexión de color con 2 gluones vecinos más próximos.**
- Recientemente un algoritmo reconocido ha sido usado, requiriendo una **significante cantidad de reconexión de color para describir los datos.**

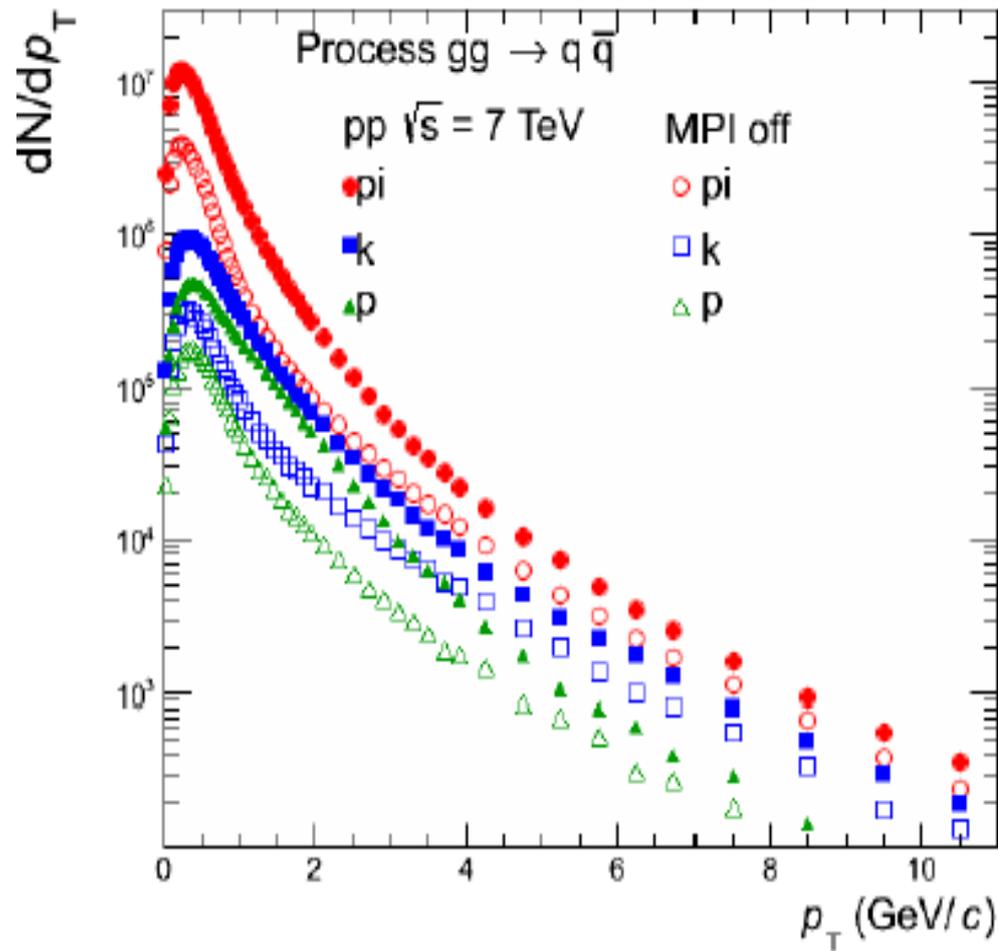
En Pythia 8 la reconexión de color es realizado dando a cada sistema una probabilidad para reconectar con un sistema duro.



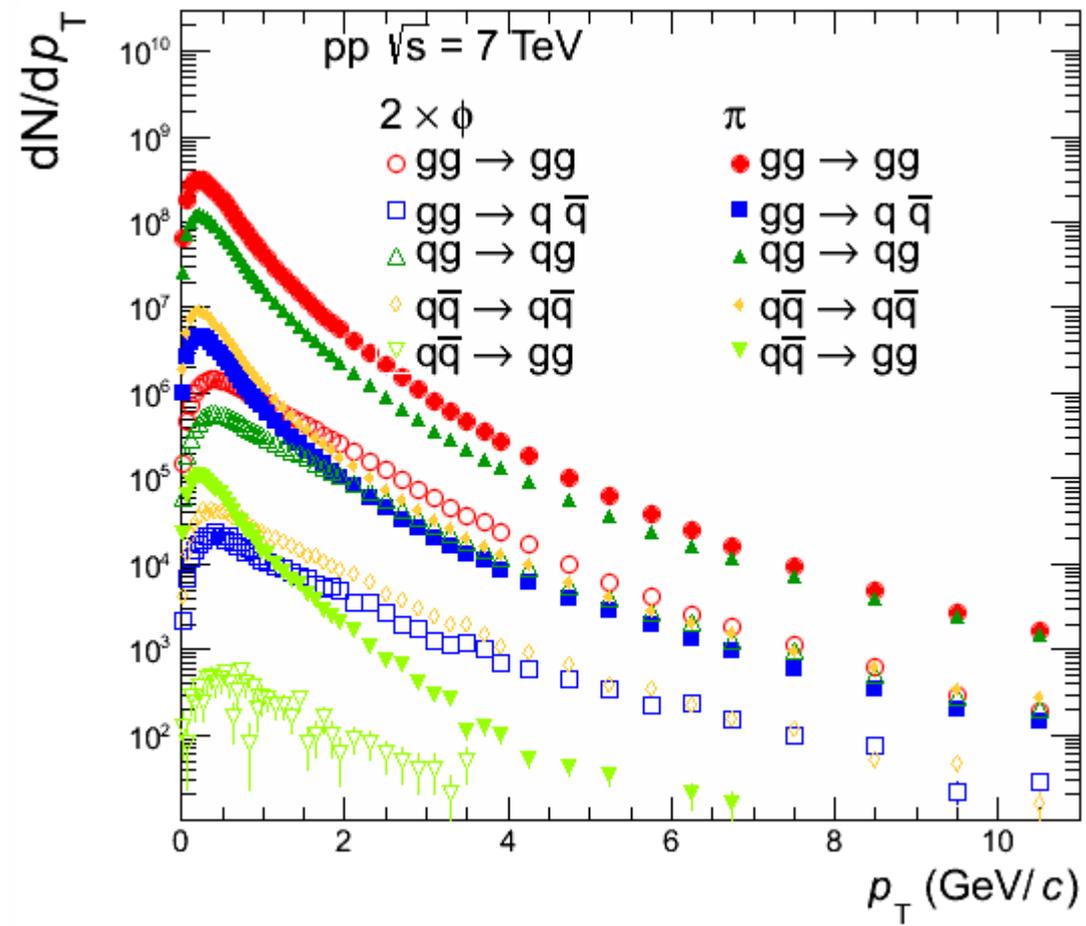
Consecuencias de la MPI y reconexion de color

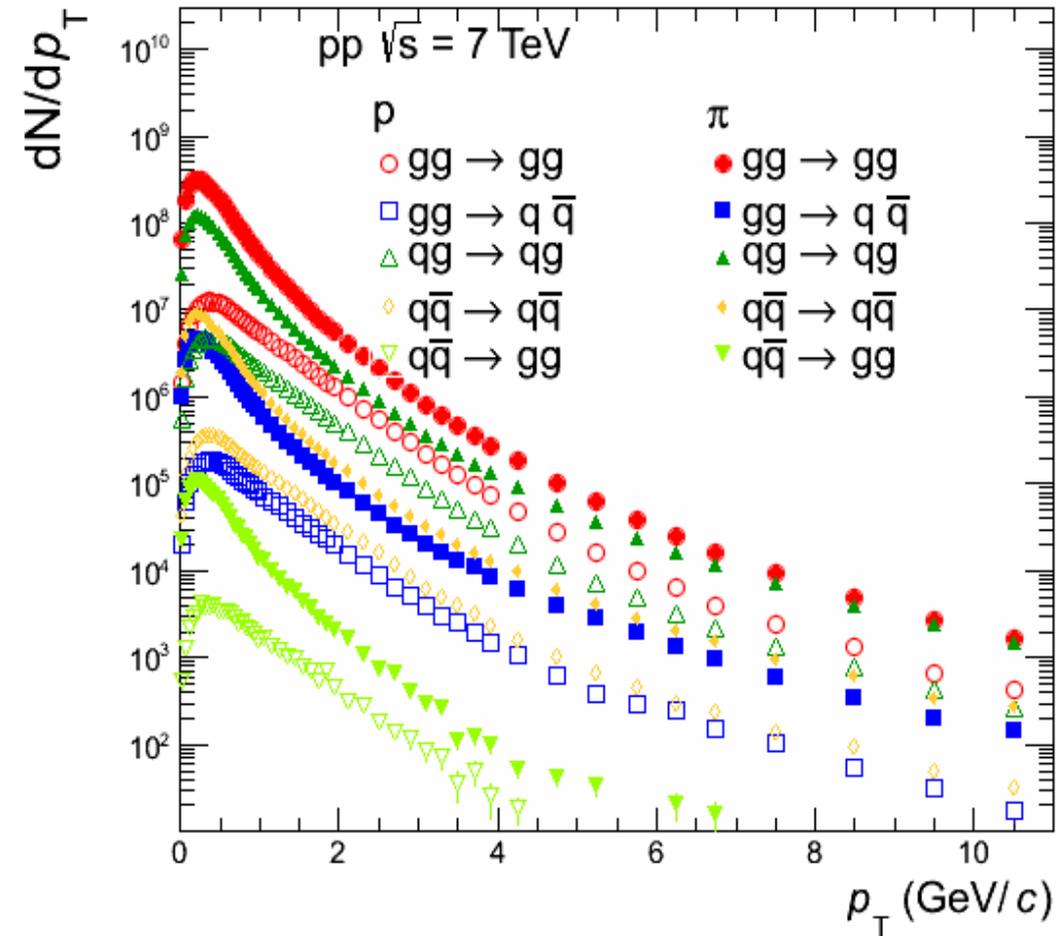
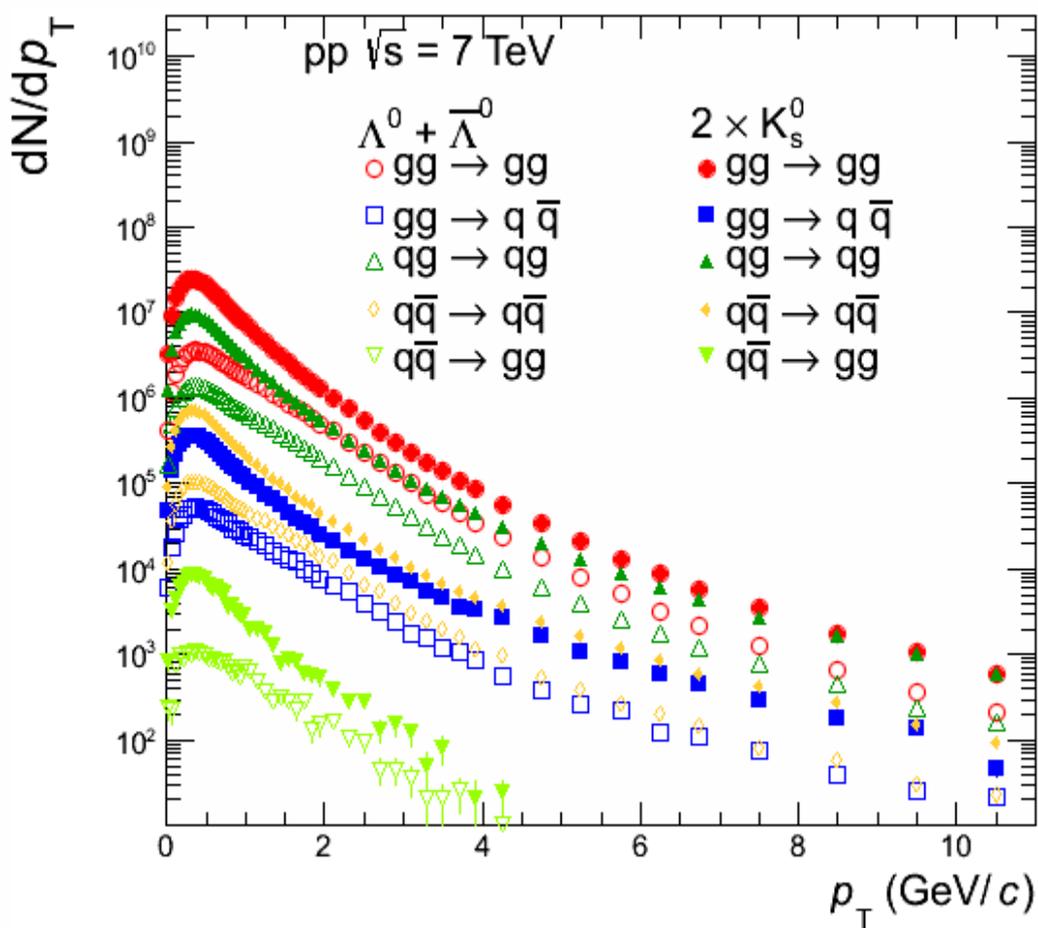


MPI en pt



MPI produce un pt mas duro, respecto a distribuciones sin MPI. El efecto es mayor a mas bajo pt.







Color reconnection and flow like patterns in pp collisions

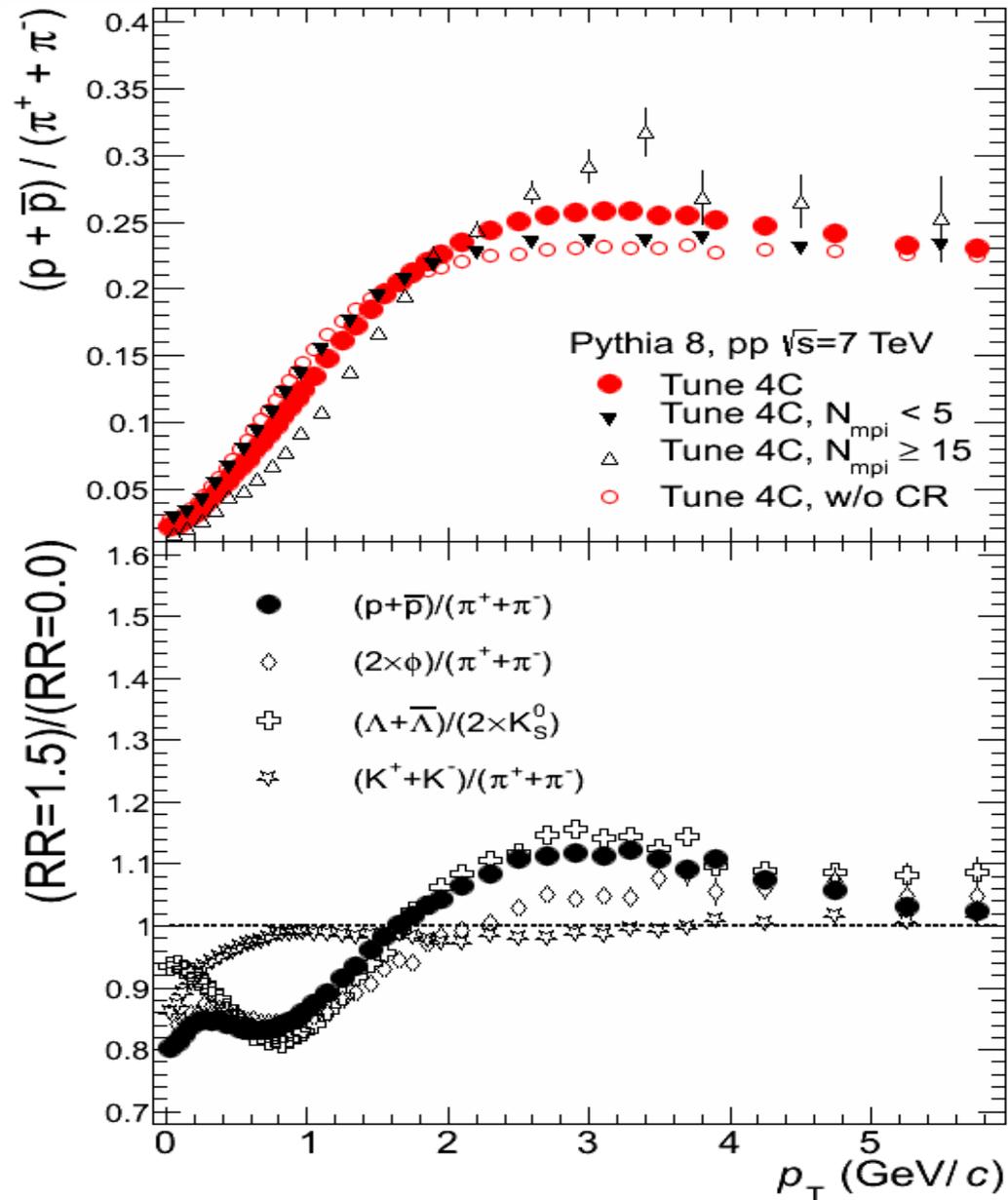


arXiv:1303.6326v1 [hep-ph] 25 Mar 2013

Ratio p/pi como función de p_T y número de MPI

Doble razón con y sin reconexión de color. Claro efecto es observado alrededor de 3 GeV.

El efecto es completamente observado en p/pi y no en k/pi.

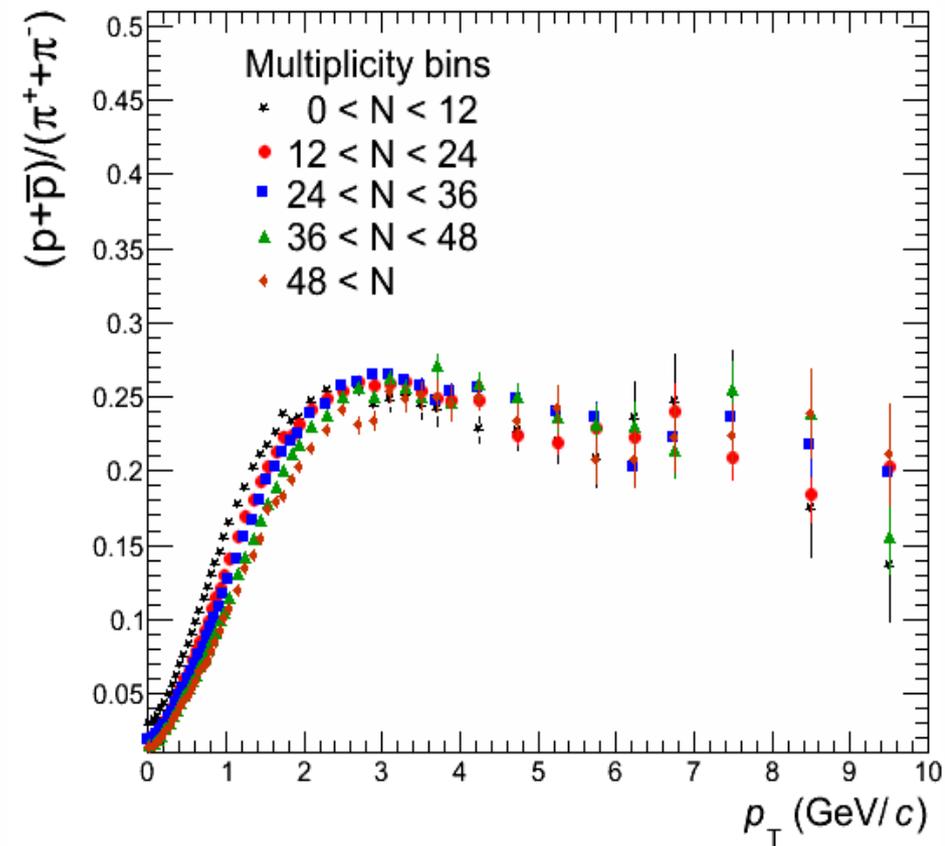
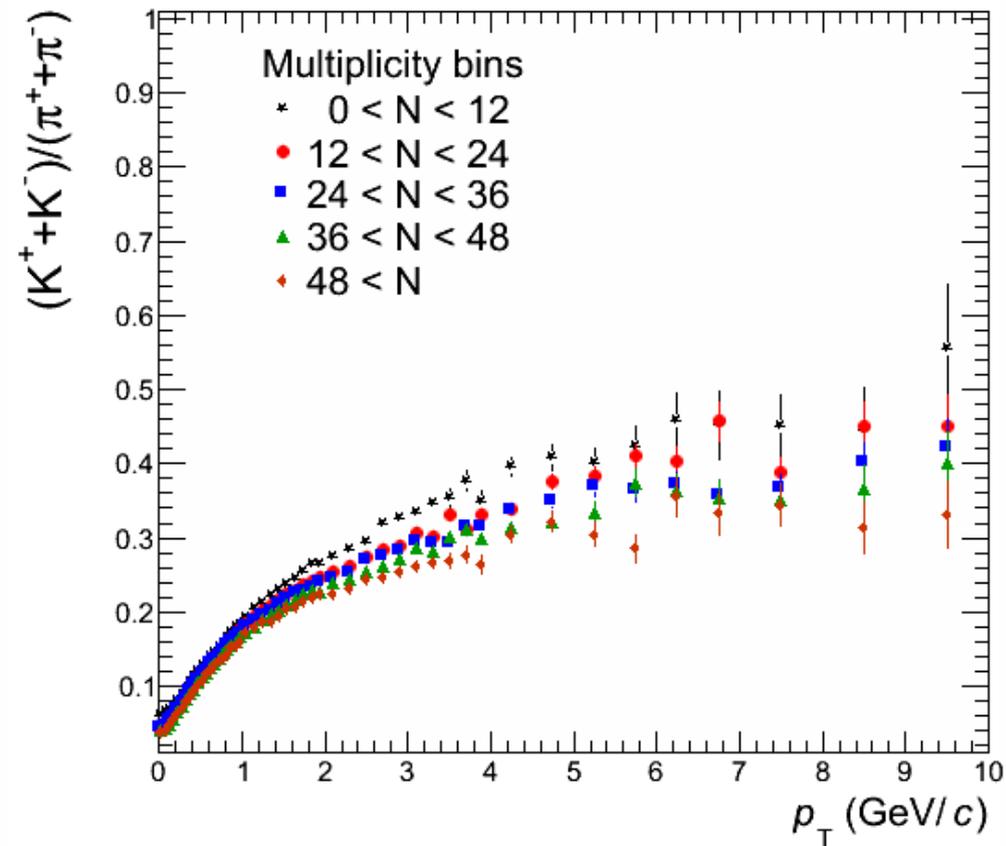




Razón B/M versus multiplicidad



La multiplicidad es una variable que permite caracterizar propiedades...

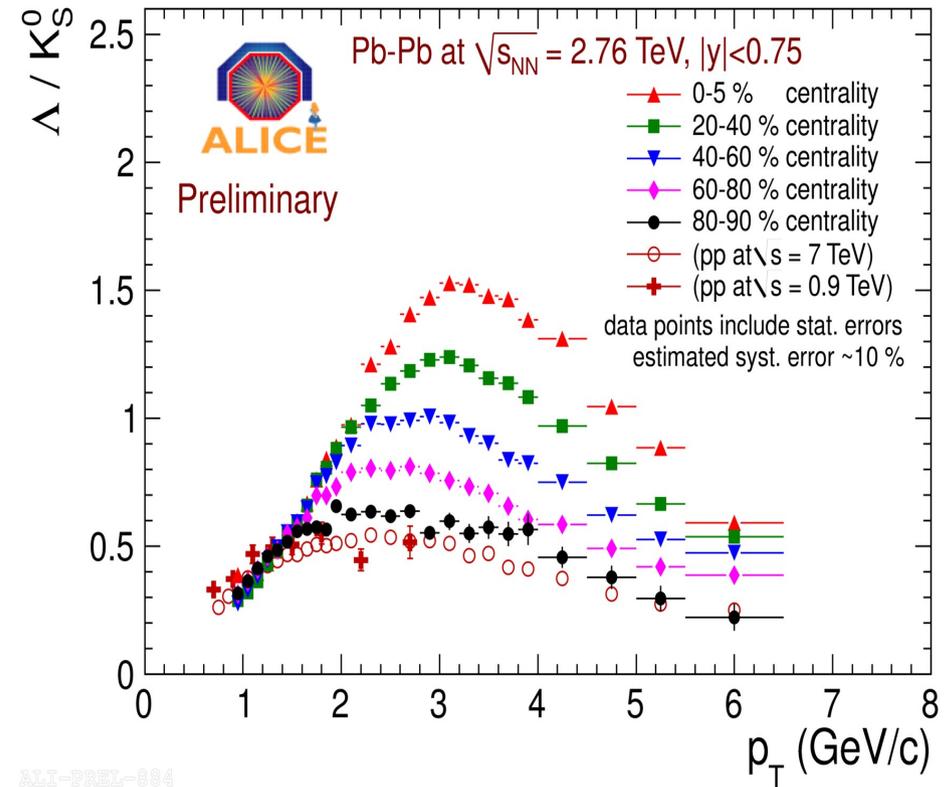
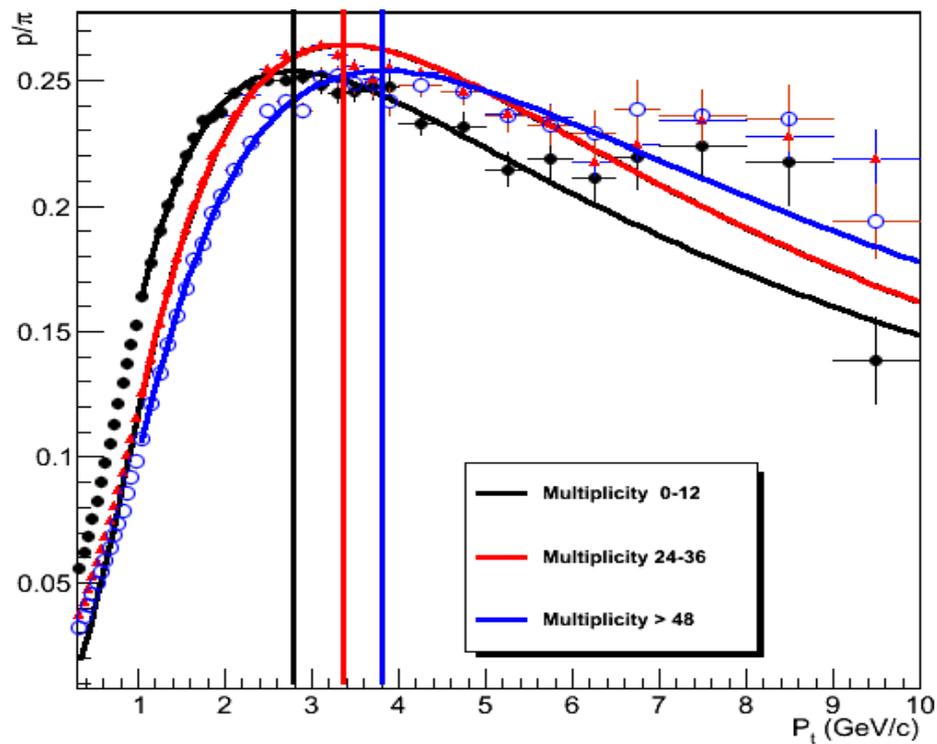




Desplazamiento del maximo de la razon p/π a mayor p_T

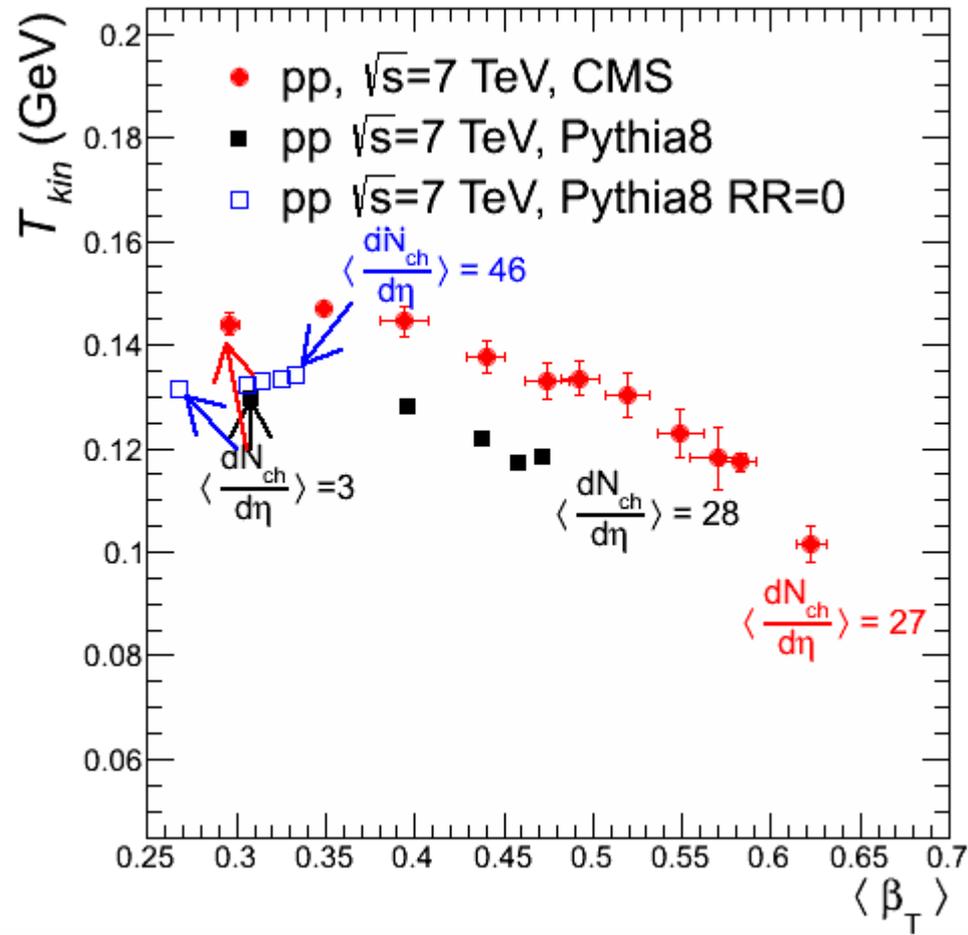


La razon p/π en funcion de multiplicidad, muestra que el maximo sufre un ocrimiento a mas alto p_T conforme la multiplicidad aumenta.





Blast Wave Fit en colisiones pp !

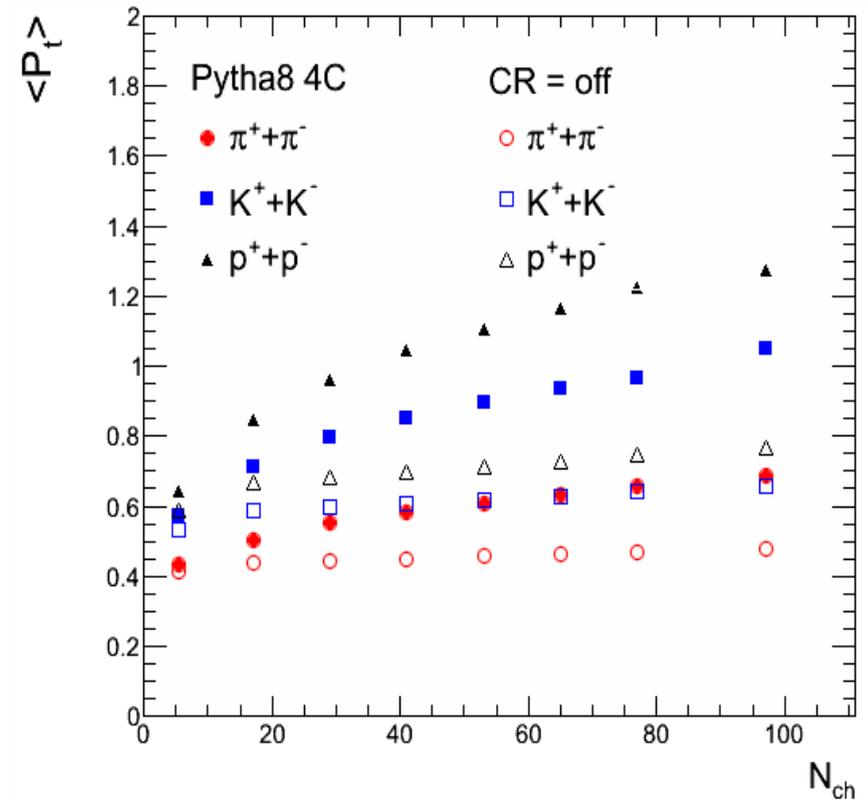
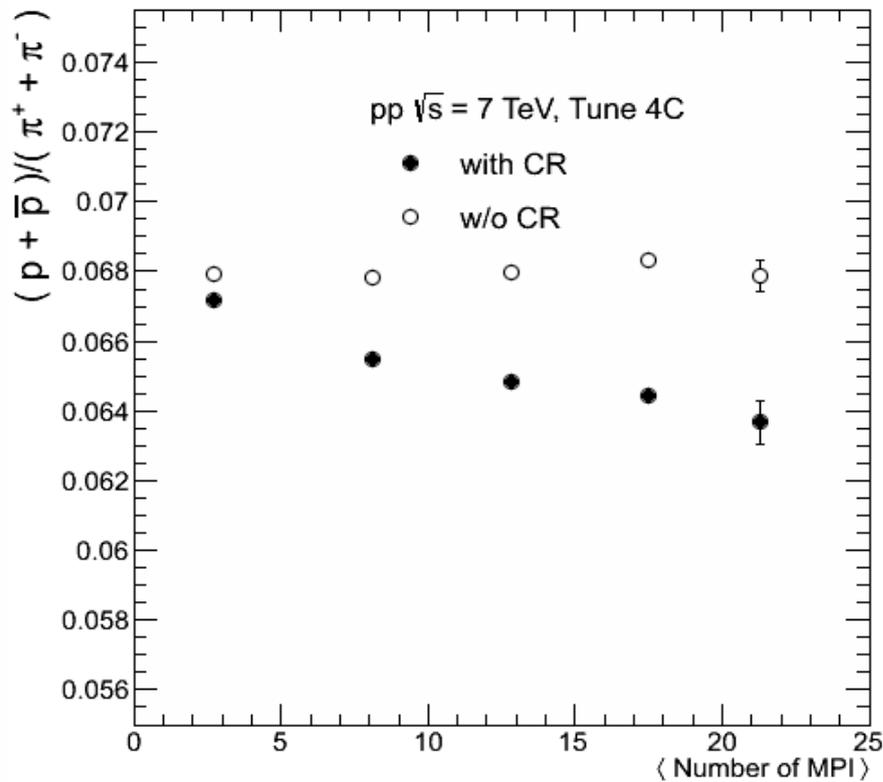


En colisiones de iones, la variable que ayuda a caracterizar el medio, es medir la temperatura de “freez out” versus la velocidad de expansión.

La Fig. Muestra un análisis de BWF



Razon p/pi funcion de la MPI





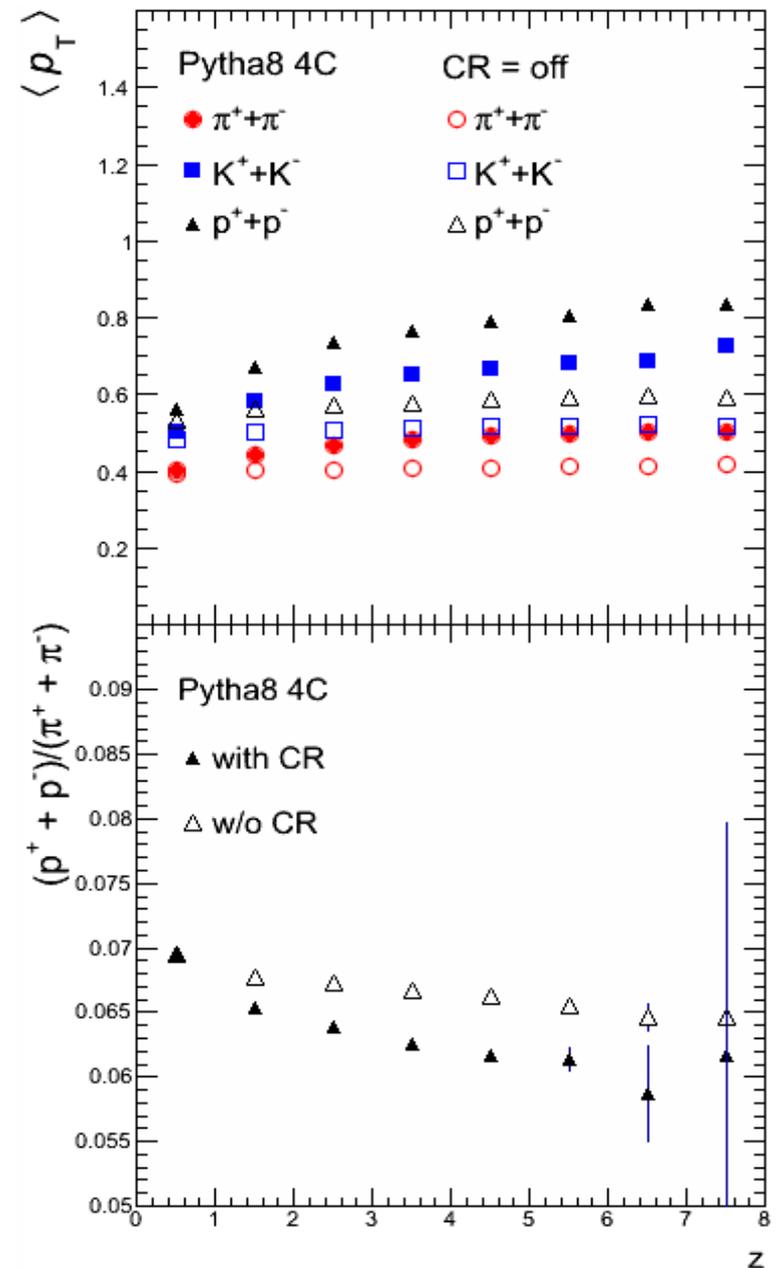
Efectos de reconexión de color



EL momento transverso promedio se incrementa con la multiplicidad, lo que se ha observado en los datos del Tevatron, RHIC, LHC (ALICE, CMS).

El incremento en $\langle p_T \rangle$ con CR respecto a no CR, es un fenómeno observado en colisiones de iones y asociado a múltiple dispersión partónica, conduciendo a un fenómeno colectivo.

La razón p/π con y sin CR es afectado por un fenómeno tipo colectivo, este efecto se incrementa al incrementar z , es decir, al incrementar la velocidad la razón parece disminuir.





Conclusiones



- Los fenómenos colectivos son bien aceptados en colisiones de iones.
- En número de interacciones múltiples, es un parámetro que se relaciona con alta multiplicidad, además de la posibilidad de incrementar la probabilidad de formar partones a través de su color.
- Esta probabilidad, se traduce en un incremento en la producción de hadrones a con características y tendencia a las observadas en colisiones de iones. **El exceso de hadrones se elimina con la reconexión de color!**
- El resultado de este proceso es, la reconexión de color de manera indirecta introduce un flujo!!
- La razón M/B ; el incremento en $\langle p_T \rangle$ con la multiplicidad, Los efectos de MPI, corrimiento del máximo en M/B , todo un patrón de flujo observado en iones.
- Por estudiar: ridge, etc.



- Lo sorprendente es que este comportamiento colectivo ocurre a pesar de que las interacciones entre las partículas son (presumiblemente) de corto alcance.
- En sistemas que se encuentran fuera y lejos del equilibrio, la emergencia de estados de orden colectivo no puede explicarse en términos de los conocidos teoremas de la mecánica estadística, que explican la existencia de transiciones de fase de estados ordenados a estados desordenados en sistemas en equilibrio (como el modelo de Ising para los ferromagnetos).



Acrobacias, flujo, inteligencia, ...



Para protegerse, atenuar turbulencia,...



300 mil aves vuelan en Dinamarca (Sort Sol)



Como si se tratara de un tributo a la elegancia sincronizada de la madre naturaleza, dos veces al año en Dinamarca miles de estorninos (*sturnus vulgaris*) se congregan para volar juntos como si fueran una sola ave de geometría en movimiento. Un inolvidable performance que raya entre la pirotecnia orgánica y alquimia animal.





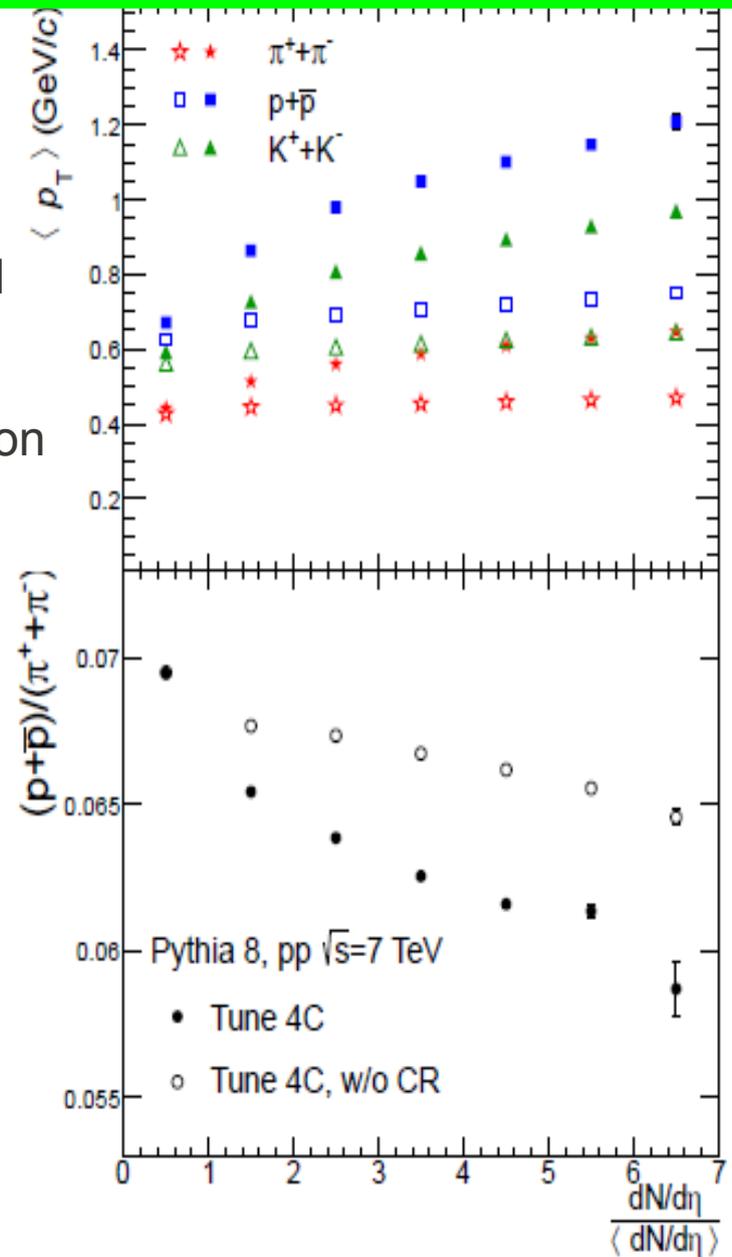
En Venezuela: El llamamiento por parte del Presidente Chávez a los movimientos sociales y colectivos revolucionarios de base a conformar el Gran Polo Patriótico ha movilizado a miles de activistas revolucionarios conscientes de la importancia de una victoria aplastante en las elecciones presidenciales del 7 de Octubre de 2012.

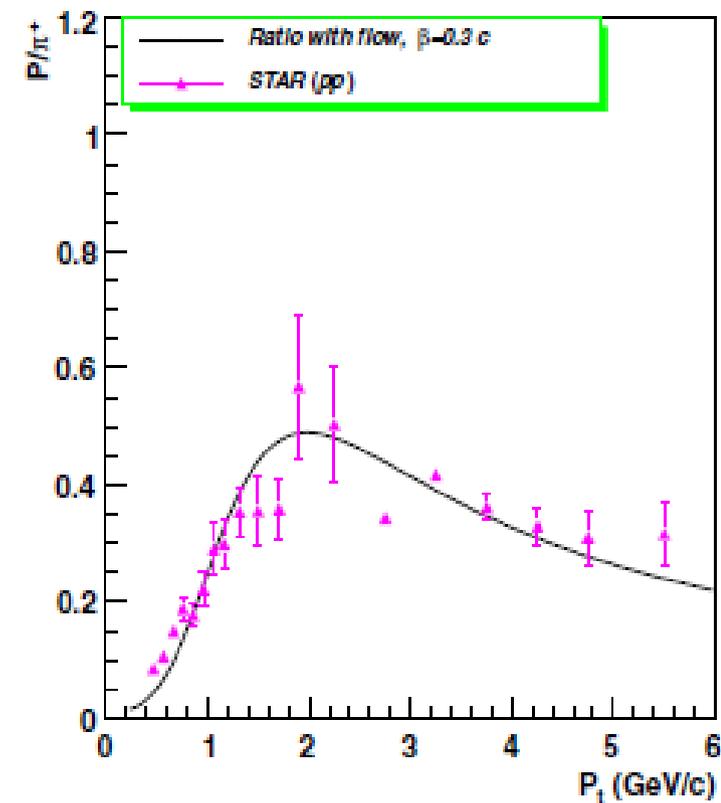
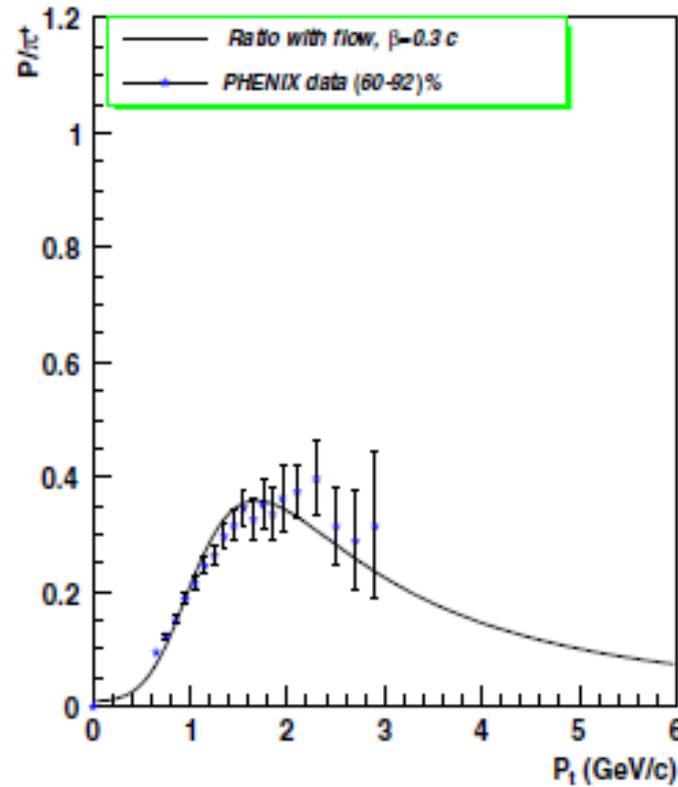
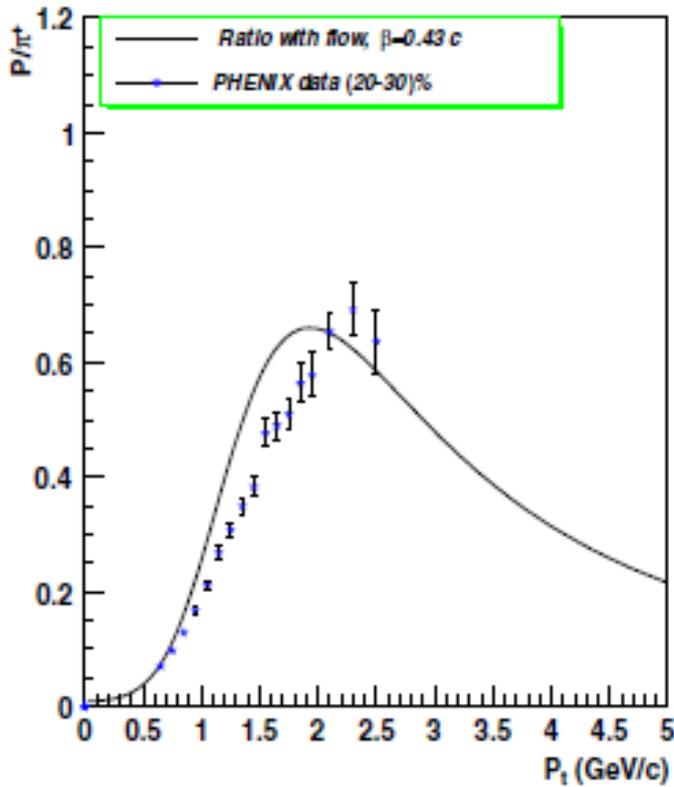




La reconexión por color, introduce un incremento en el momento promedio transversal.

El incremento en $\langle p_T \rangle$ es mayor a medida que el hadrón es más pesado





Razon proton a pion, modelo de PYTHIA+ radial flow versus datos de PHENIX

Datos de STAR y su comparación con pp en HIJING +flujo radial

Los resultados indican que el flujo radial es necesario en cualquier intento por explicar la razon p/pi (“Baryon-puzzle”)



Phase Transitions in Systems of Self-Propelled Agents and Related Network Models

M. Aldana,^{1,2,*} V. Dossetti,² C. Huepe,³ V. M. Kenkre,² and H. Larralde¹

¹*Instituto de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Autónoma de México,
Apartado Postal 48-3, Cuernavaca, Morelos 62251, México*

²*Consortium of the Americas for Interdisciplinary Science, University of New Mexico,
800 Yale Boulevard NE, Albuquerque, New Mexico 87131, USA*

³*614 N. Paulina Street, Chicago, Illinois 60622-6062, USA*

(Received 5 June 2006; revised manuscript received 19 December 2006; published 2 March 2007)

An important characteristic of flocks of birds, schools of fish, and many similar assemblies of self-propelled particles is the emergence of states of collective order in which the particles move in the same direction. When noise is added into the system, the onset of such collective order occurs through a dynamical phase transition controlled by the noise intensity. While originally thought to be continuous, the phase transition has been claimed to be discontinuous on the basis of recently reported numerical evidence. We address this issue by analyzing two representative network models closely related to systems of self-propelled particles. We present analytical as well as numerical results showing that the nature of the phase transition depends crucially on the way in which noise is introduced into the system.

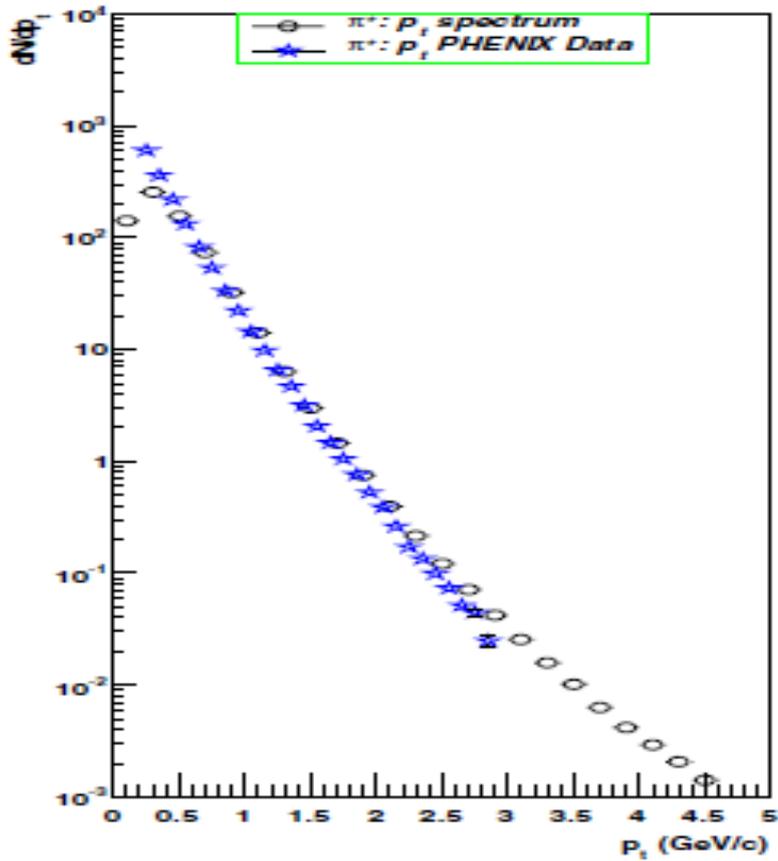
Una de las características más sobresalientes de sistemas tales como bancos de peces o enjambres de langostas es la emergencia de estados de orden colectivo en los cuales todas las partículas se mueven juntas en la misma dirección. Lo sorprendente es que este comportamiento colectivo ocurre a pesar de que las interacciones entre las partículas son (presumiblemente) de corto alcance. Estos sistemas generalmente se encuentran fuera y lejos del equilibrio. Por lo tanto, la emergencia de estados de orden colectivo no puede explicarse en términos de los conocidos teoremas de la mecánica estadística que explican la existencia de transiciones de fase de estados ordenados a estados desordenados en sistemas en equilibrio (como el modelo de Ising para los ferromagnetos).

Los resultados que hemos obtenido hasta la fecha utilizando el formalismo de las redes complejas para analizar la emergencia de fenómenos colectivos en el movimiento de muchas partículas y en la formación de opiniones en sociedades de votantes, sugiere que los ingredientes principales para la existencia de estados de orden colectivo son:

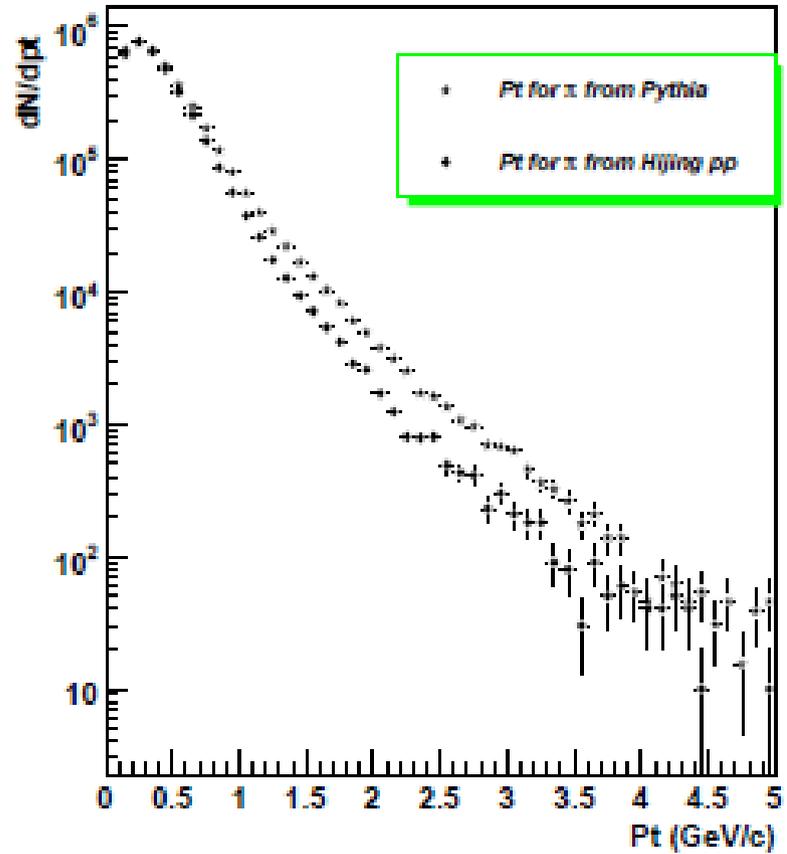
Una regla de la mayoría (cada partícula tiende a seguir a la mayoría de sus vecinos o amigos).

Ruido (con una determinada probabilidad cada partícula viola la regla de la mayoría).

Interacciones de largo alcance (partículas muy separadas pueden interactuar).



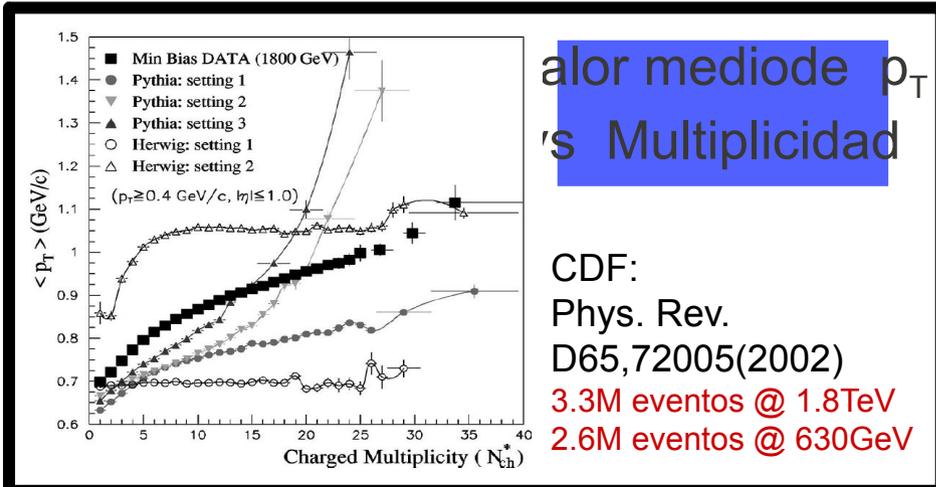
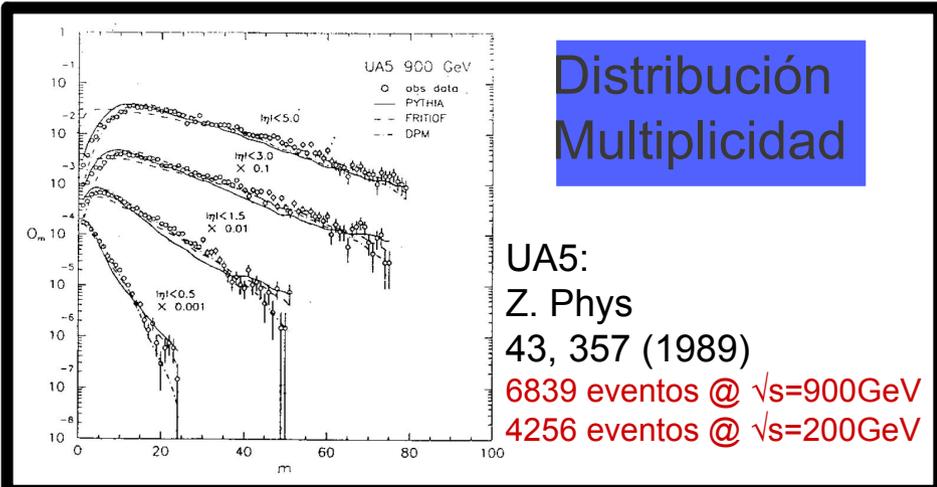
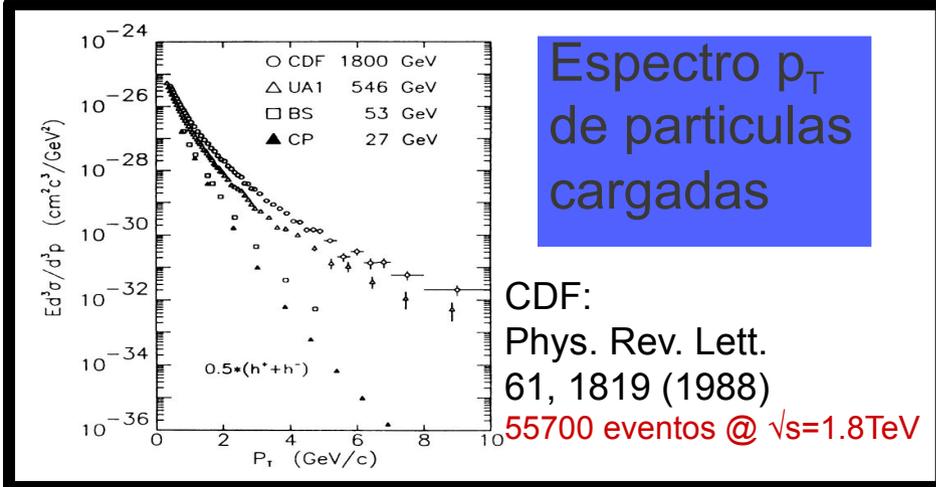
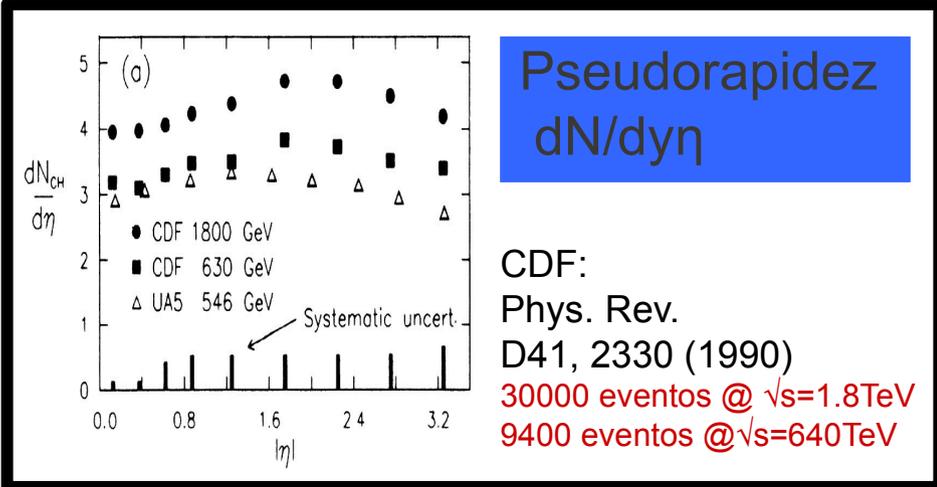
Especto de p_T the piones:
data versus HIJING modificado!



Especto de piones: comparacion entre 2
modelos MC, PYTHIA y HIJING en
colisiones pp.



Los eventos serán para medir propiedades globales de eventos ($dN/d\eta$, $d\sigma/dp_T$, etc)





Flujo anisotropico

v_2 escalado por ε para remover efectos geometría inicial

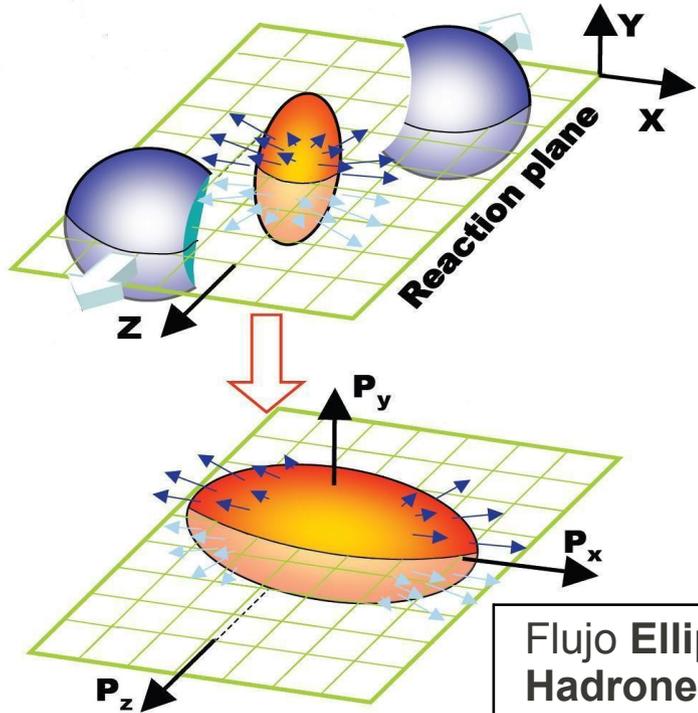
$$\varepsilon = \frac{\langle y^2 - x^2 \rangle}{\langle y^2 + x^2 \rangle}$$

Anisotropía del espacio de coordenadas

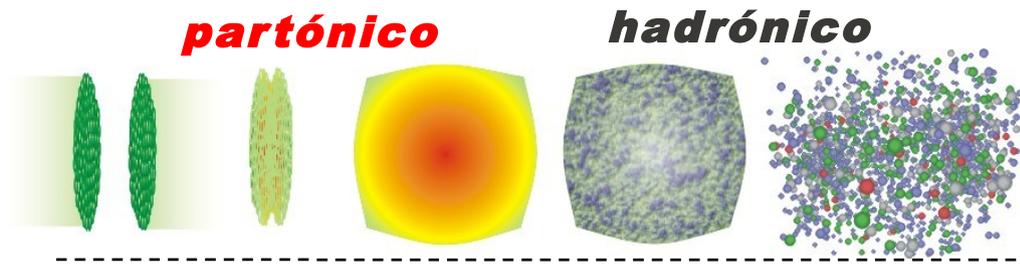


Anisotropía del espacio de momento

$$v_2 = \langle \cos 2\varphi \rangle, \quad \varphi = \tan^{-1}\left(\frac{p_y}{p_x}\right)$$



Flujo Elíptico: revela la dinámica de las colisiones en etapas tempranas
Hadrones Extraños: Son menos sensibles a redispersión hadrónica.
Pruebas buenas de un medio en etapas tempranas



D $\phi, \Omega, \Xi, \Lambda, K_S^0, \pi, \mathbf{K}, \mathbf{p}$