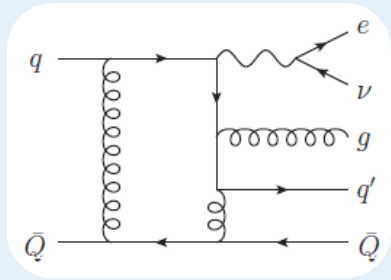
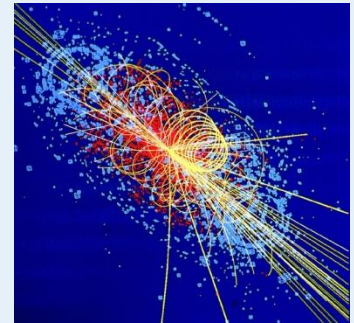


Cómputos de precisión y alta multiplicidad en teorías de campo



¡Señales en el LHC!



Fernando Febres Cordero

Universidad Simón Bolívar

En colaboración con: Carola Berger, Zvi Bern, Lance Dixon, Darren Forde, Tanju Gleisberg, Harald Ita, David Kosower y Daniel Maître

VII Congreso de la sociedad venezolana de física

UCV, Caracas, Noviembre 2009

La frontera de energía está en colisionadores hadrónicos

Tevatrón Run II:
2001 → 2011?

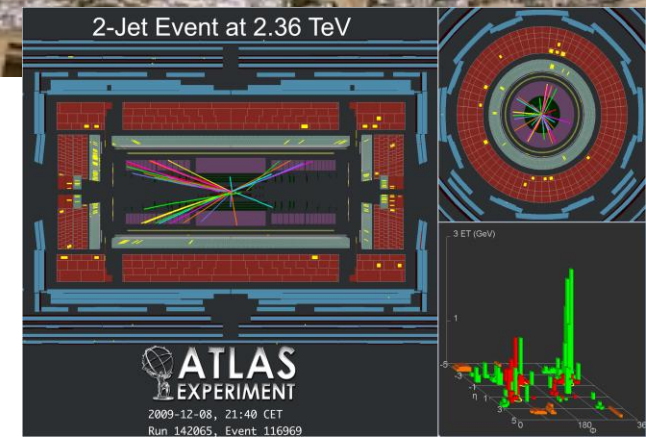


LHC:
2009 → ???

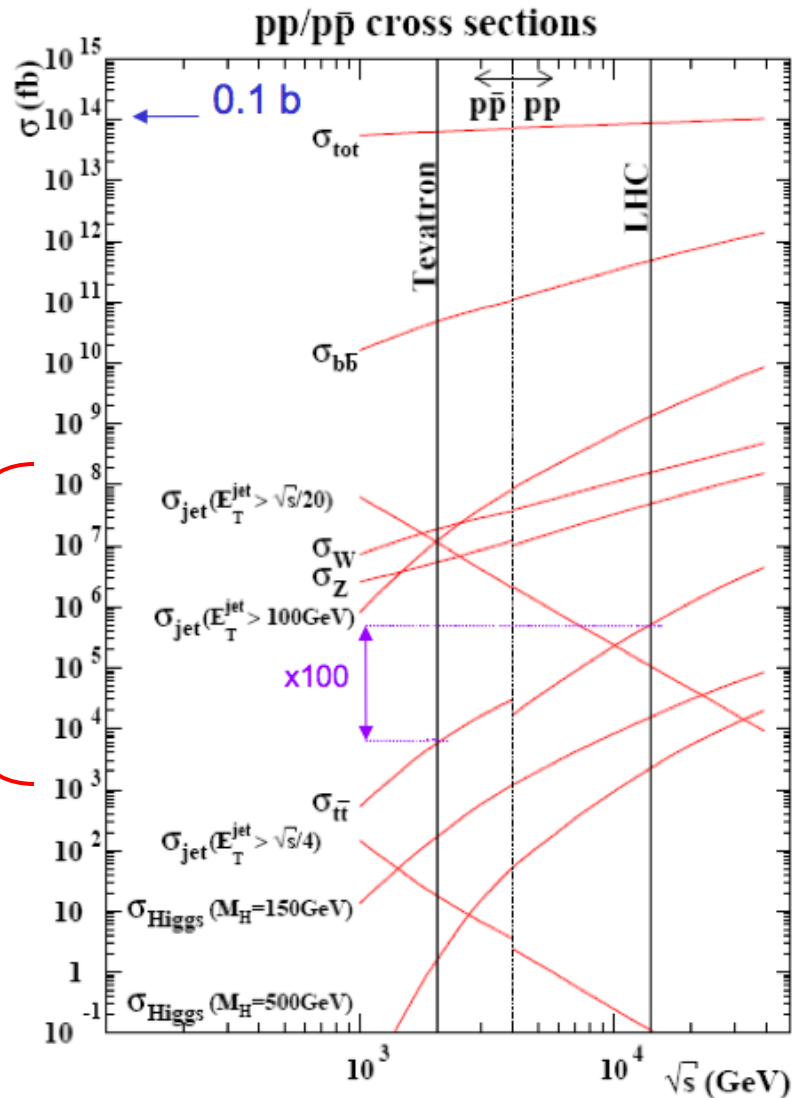


9/12/2009

Cómputos en QCD --- VII CSVF



El Tevatrón y LHC son máquinas de QCD



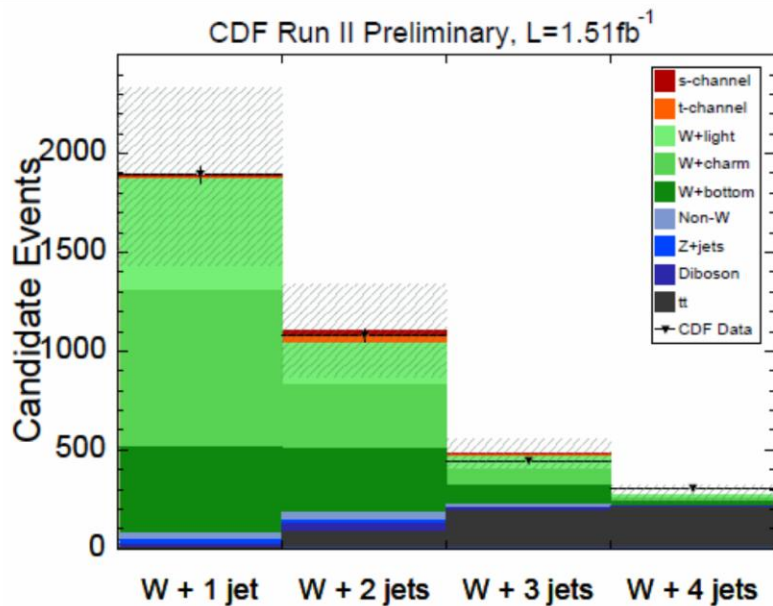
Es necesario buen entendimiento de "física vieja" para encontrar la nueva

El LHC será un ambiente de multi escalas y de alta multiplicidad de partículas

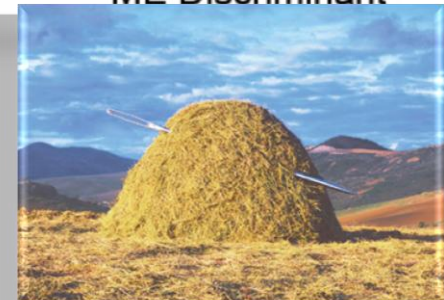
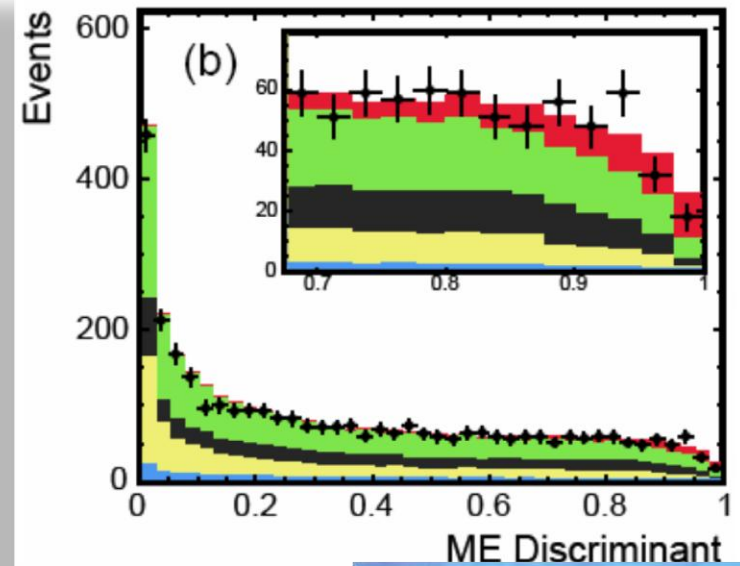
← nueva física?

¡Extrayendo señales!

Producción de top aislado en el Tevatrón...



DESCUBRIMIENTO CON 5σ !!!



Sección eficaz en teoría de perturbaciones

$$\hat{\sigma}(\alpha_s, \mu_F, \mu_R) = [\alpha_s(\mu_R)]^{n_\alpha} \left[\underset{\text{LO}}{\hat{\sigma}^{(0)}} + \frac{\alpha_s}{2\pi} \underset{\text{NLO}}{\hat{\sigma}^{(1)}(\mu_F, \mu_R)} + \left(\frac{\alpha_s}{2\pi}\right)^2 \underset{\text{NNLO}}{\hat{\sigma}^{(2)}(\mu_F, \mu_R)} + \dots \right]$$

Problema: predicciones de árbol solamente **cualitativas**

debido a **convergencia lenta**

de expansión en $\alpha_s(\mu)$

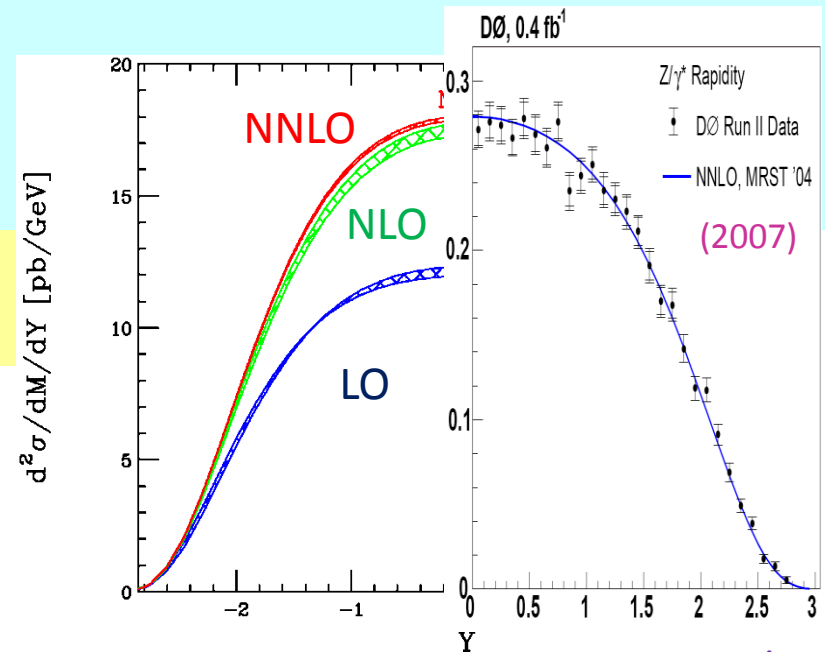
(con $\mu_R = \mu_F = \mu$)

Ejemplo: producción de Z en el Tevatron
Distribución de rapidez Y

$$Y = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{E + p_z}{E - p_z} \right)$$

$\frac{d\sigma}{dY}$ tiene $n_\alpha = 0$

correcciones $\sim 50\%$, LO \rightarrow NLO



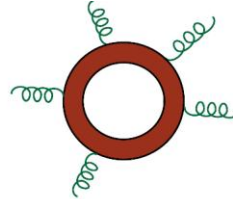
[Anastasiou, Dixon, Melnikov, Petriello hep-ph/0312266]

con NNLO, es observable de precisión

El problema con los diagramas de Feynman: crecimiento fuerte de complejidad con la multiplicidad

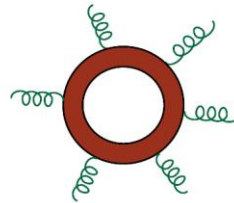
de jets # de diagrams de 1-lazo (sólo gluones)

3



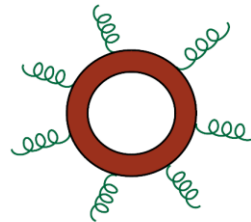
810

4



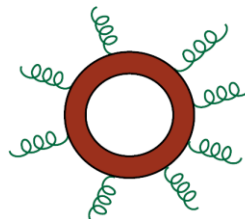
10,860

5



168,925

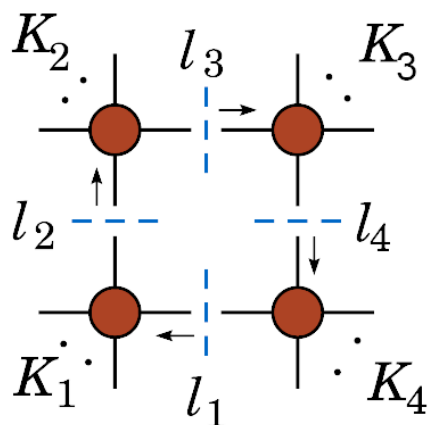
6



3,017,490

Una solución: Reescribir la teoría de campos!

Árboles on-shell



Corte cuádruple: (Britto, Cachazo, Feng '04)

$$d_i = \frac{1}{2} \sum_{\sigma=\pm} d_i^\sigma,$$

$$d_i^\sigma = A_{(1)}^{\text{tree}} A_{(2)}^{\text{tree}} A_{(3)}^{\text{tree}} A_{(4)}^{\text{tree}} \Big|_{l_i=l_i^{(\sigma)}}$$

Expectación: $d_i \sim \left(\frac{1}{\Delta_4}\right)^4$

Ayuda de los productos espinoriales:

$$(l_1^{(\pm)})^\mu = \frac{\langle 1^\mp | K_2 K_3 K_4 \gamma^\mu | 1^\pm \rangle}{2 \langle 1^\mp | K_2 K_4 | 1^\pm \rangle},$$

(Berger, Bern, Dixon, FFC, Forde, Ita, Kosower, Maitre '08; Risager '08)

$$\Delta_4 = -2 \langle 1^- | K_2 K_4 | 1^+ \rangle \langle 1^+ | K_2 K_4 | 1^- \rangle$$

Correcciones de lazo en QCD: Nuestro marco

[Berger, Bern, Dixon, Forde, FC, Gleisberg, Ita, Kosower, Maître arXiv:0902.2760; arXiv:0907.1984]

$$\sigma^{\text{NLO}} = \int_{m+1} \left[d^{(4)}\sigma^{\text{R}} - d^{(4)}\sigma^{\text{A}} \right] + \int_m \left[\int_{\text{loop}} d^{(d)}\sigma^{\text{V}} + \int_1 d^{(d)}\sigma^{\text{A}} \right]_{\epsilon=0}$$

[Catani, Seymour,1997]

[Gleisberg, Krauss arXiv:0709.2881]

Sherpa collaboration: [Gleisberg, Hoeche,
Krauss, Schoenherr, Schumann, Siegert, Winter]



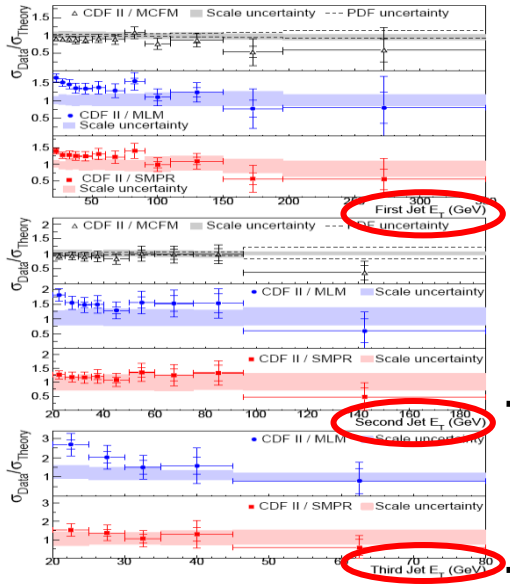
+



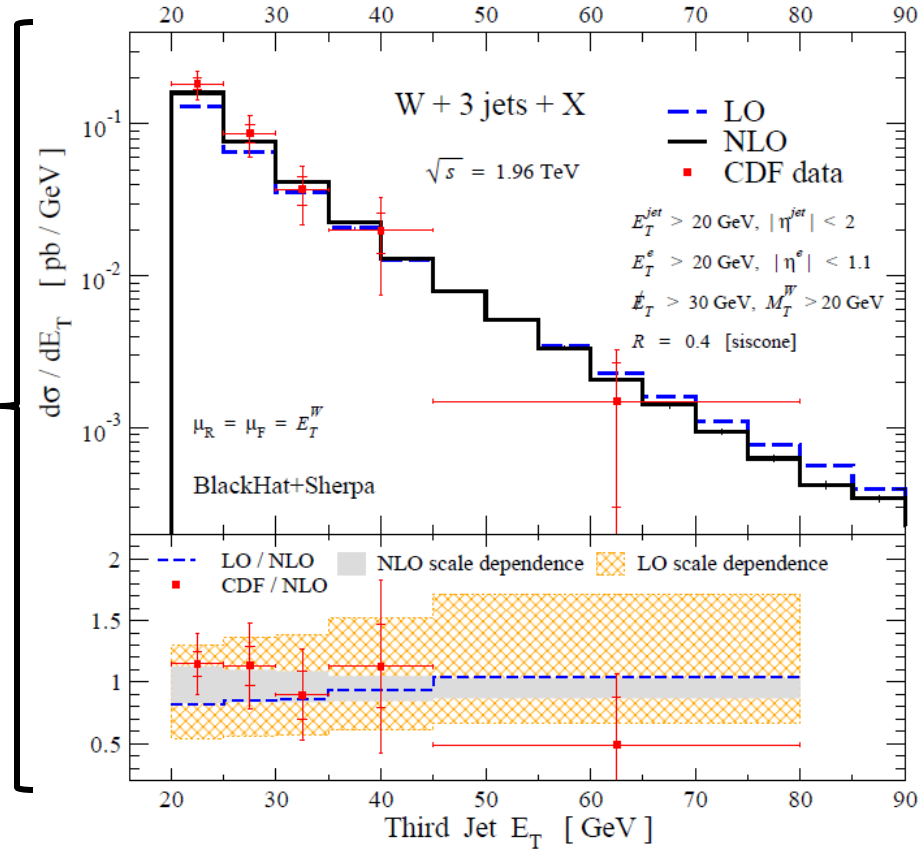
BlackHat + Sherpa

W+3 Jets en el Tevatrón!!!

[Berger, Bern, Dixon, Forde, FC, Gleisberg, Ita, Kosower, Maître arXiv:0902.2760; arXiv:0907.1984]



[CDF arXiv:0711.4044]



NLO agrees well with W+3 data!

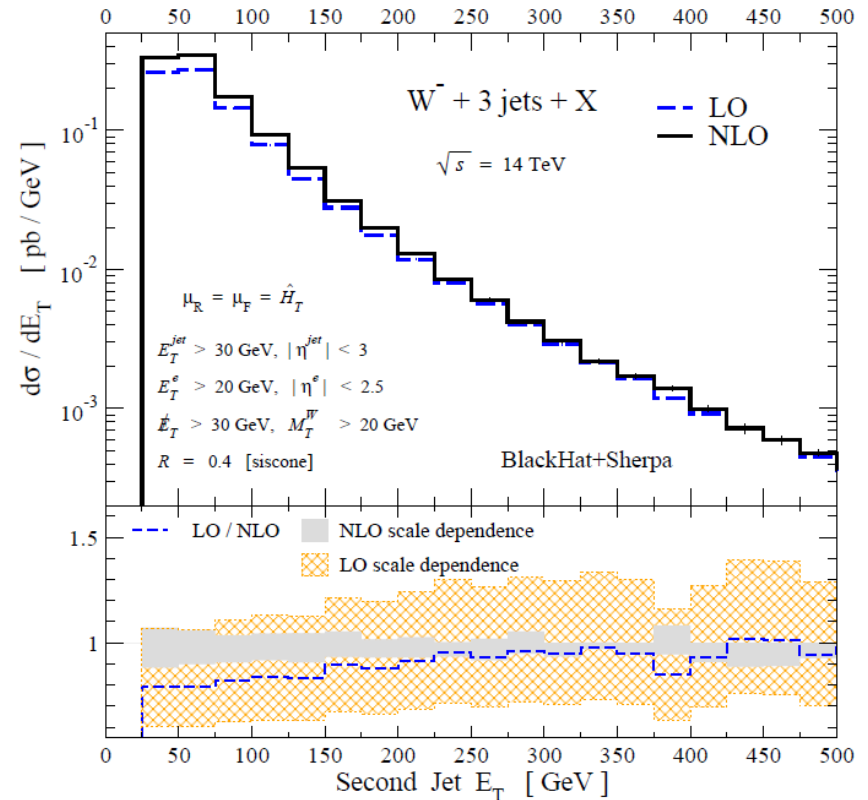
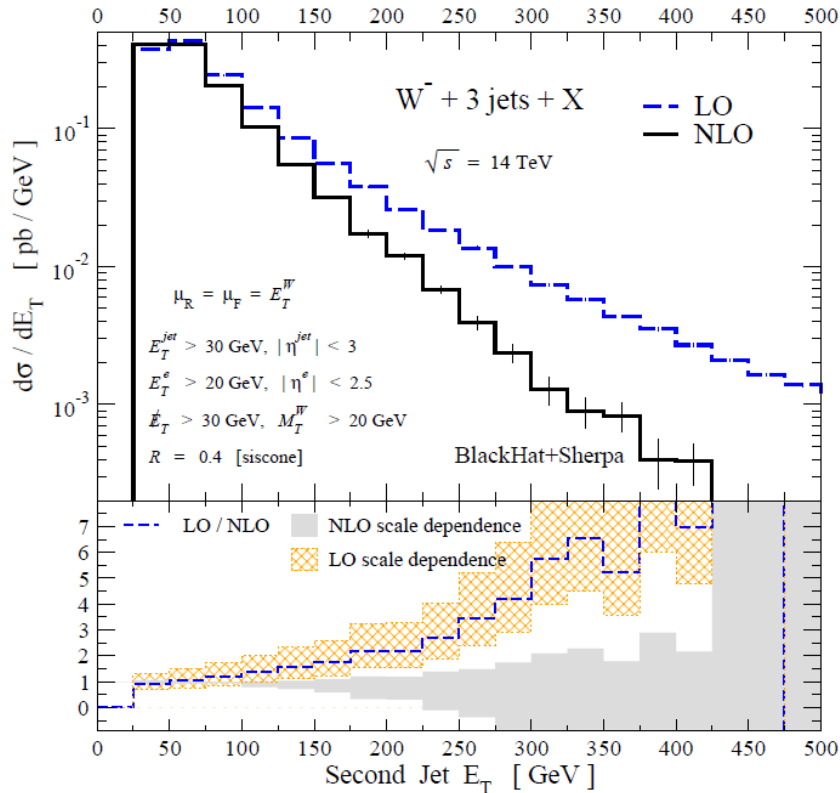
number of jets	CDF	LO	NLO
1	53.5 ± 5.6	$41.40(0.02)^{+7.59}_{-5.94}$	$57.83(0.12)^{+4.36}_{-4.00}$
2	6.8 ± 1.1	$6.159(0.004)^{+2.41}_{-1.58}$	$7.62(0.04)^{+0.62}_{-0.86}$
3	0.84 ± 0.24	$0.796(0.001)^{+0.488}_{-0.276}$	$0.882(0.005)^{+0.057}_{-0.138}$

# of Jets	LO	NLO
1	16%	7%
2	30%	10%
3	42%	12%

Predicciones para el LHC: Distribuciones

$$\mu = E_T^W$$

$$\mu = \hat{H}_T$$

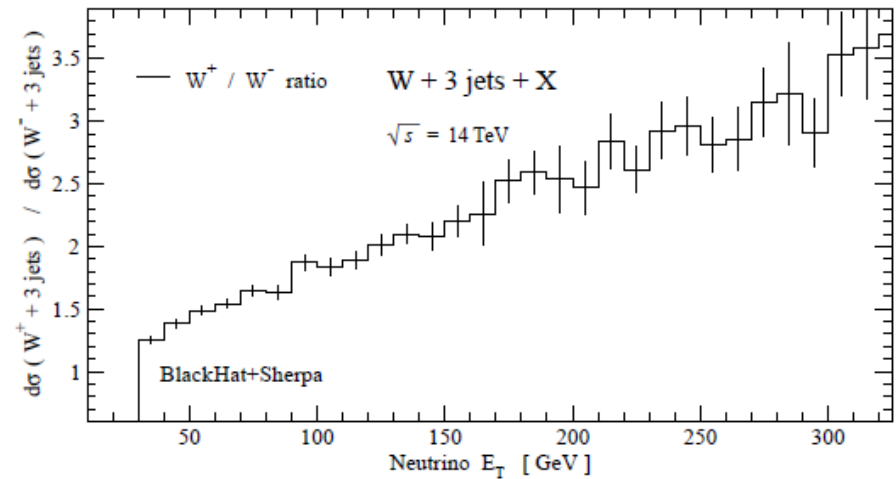
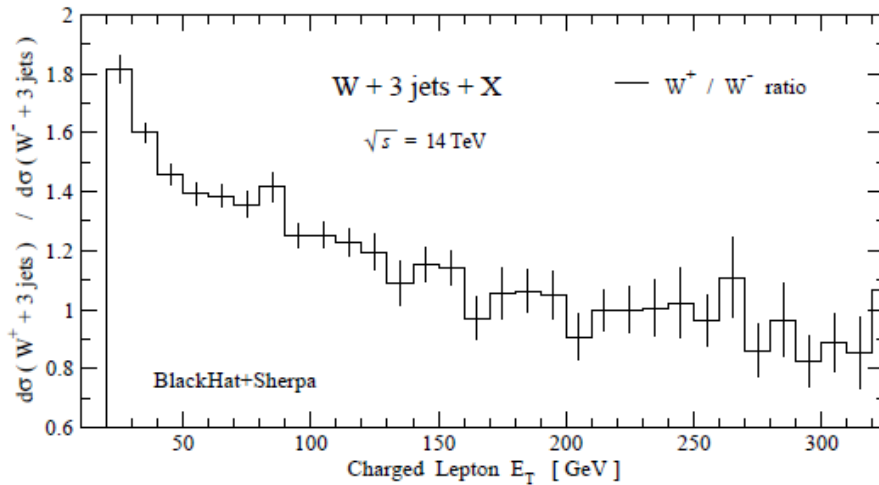


Mensaje: Cuidado con $\mu = E_T^W$

- fracción LO/NLO sensible
- reducción al nivel NLO de dependencia de escalas

Más predicciones: polarización del W en el LHC

[Berger, et al arXiv:0907.1984]



Los cocientes leptonicos W^+/W^- transversos muestran una gran polarización izquierda de los W 's cuando $p_T(W)$ es grande

- efecto es independiente del número de jets
- útil para separar $W + n$ jets de top, así como también para nueva física

Conclusiones

- El **LHC** será un reto científico tanto experimental como teórico
- **Técnicas poderosas de computo** en teorías perturbativas de campo se han desarrollado recientemente basadas en **unitariedad**
- Con **BlackHat** hemos calculado por primera vez a 1-lazo en QCD procesos de relevancia con más de cuatro partículas en el estado final (**W+3 & Z+3**)
- *¡Descubrimientos nos esperan a la vuelta de la esquina!*