Búsqueda de Leptones Excitados en colisiones e^+e^- a $\sqrt{s} = 189$ GeV con el detector L3 de LEP

XXVII Reunión Bienal de la R.S.E.F.
Valencia 20 de Septiembre de 1999

Miguel Angel Falagán
CIEMAT

- Introducción
- Selección
- Resultados
- Conclusiones

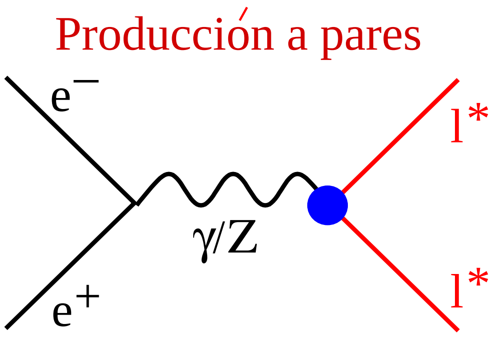
Introducción

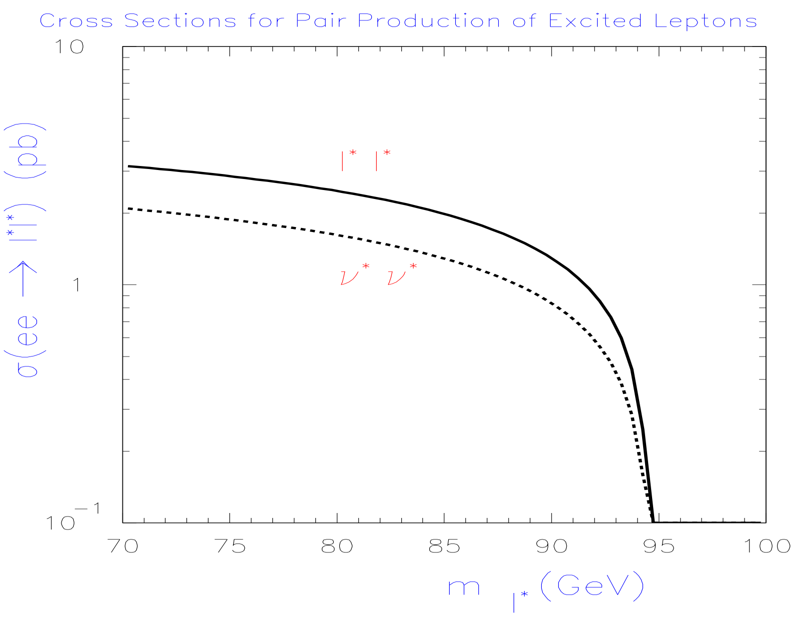
• **Motivación:** Los leptones excitados serían un claro signo de subestructura en el sector fermiónico. Los modelos compuestos podrían explicar el número de familias, y la jerarquía de masas.

• **Modelo Teórico:** Se asume que los leptones excitados tienen espín e isospín 1/2 y los mismos acoplos a los bosones de gauge que los leptones estándar, pero tanto su parte Left como su parte Right constituyen dobletes de isospín.

$$L^* = \begin{pmatrix} \nu^* \\ \ell^* \end{pmatrix}$$

En los aceleradores e^+e^- se puede tener producción a pares ($e^+e^- \longrightarrow \ell^*\ell^*, \longrightarrow \nu^*\nu^*$) o individual ($e^+e^- \longrightarrow \ell\ell^*, \longrightarrow \nu\nu^*$).





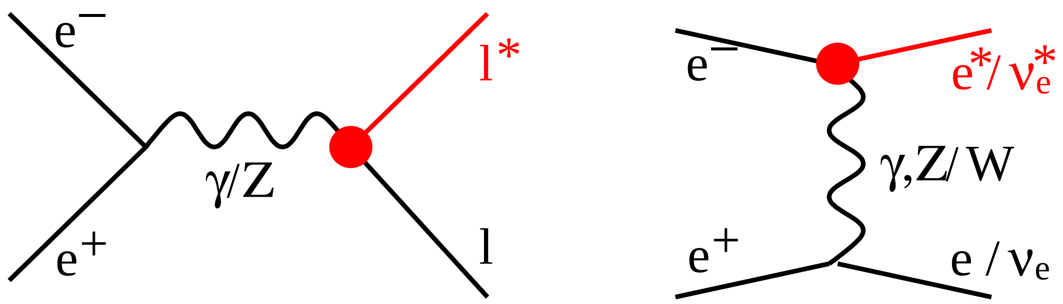
$$\mathcal{L}_{\ell^*\ell^*} = \bar{L}^*\gamma^\mu \left(g\frac{\vec{\tau}}{2}\vec{W}_\mu + g'\frac{Y}{2}B_\mu \right) L^*$$

La producción individual y la desintegración se describen con un Lagrangiano efectivo

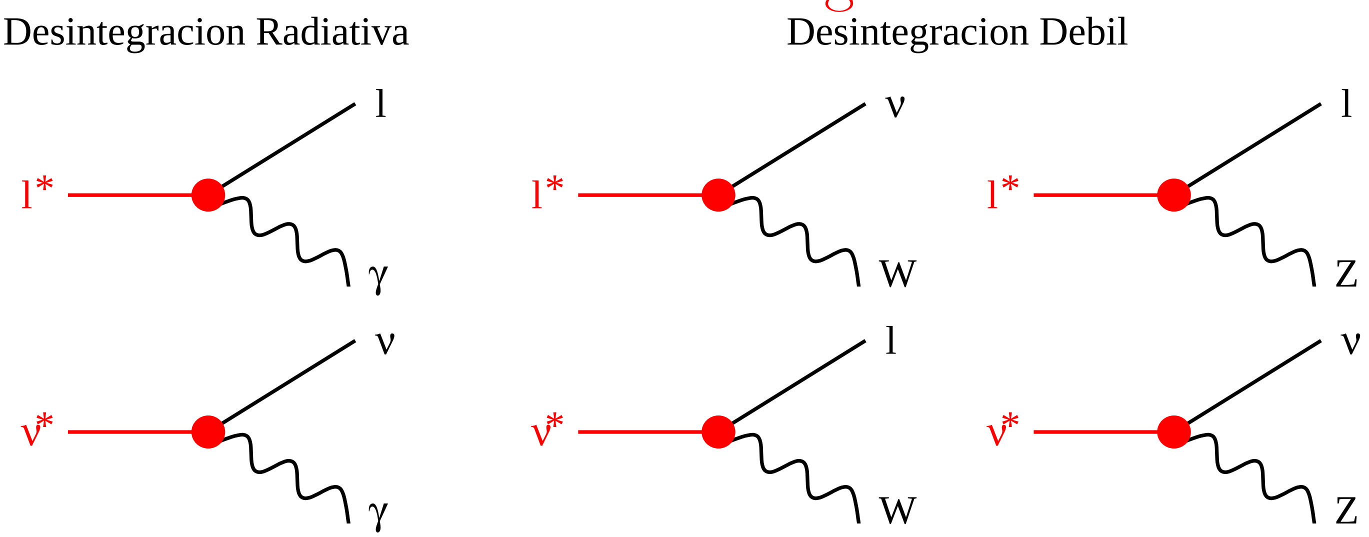
$$\mathcal{L}_{\ell^*\ell} = \frac{gf}{\Lambda}\bar{L}^*\sigma^{\mu\nu}\frac{\vec{\tau}}{2}l_L\partial_\mu\vec{W}_\nu + \frac{g'f'}{\Lambda}\bar{L}^*\sigma^{\mu\nu}Y l_L\partial_\mu B_\nu + h.c.$$

donde Λ es la escala de energía asociada a nueva física, y f y f' son los acoplos asociados a SU(2) y U(1) respectivamente. La sección eficaz de producción individual y el branching ratio dependen de f/Λ y f'/Λ.

Producción individual



Modos de Desintegración



Desintegración Radiativa $\ell^* \to \ell\gamma$

PRODUCCIÓN A PARES

$$e^+e^- \longrightarrow \ell^*\ell^* \longrightarrow \ell\ell\gamma\gamma$$

- Dos pares $\ell\gamma$ con igual masa invariante.

$$e^+e^- \longrightarrow \nu^*\nu^* \longrightarrow \nu\nu\gamma\gamma$$

- Dos fotones acoplanares con energía visible menor que $\sqrt{s}$.

PRODUCCIÓN INDIVIDUAL

$$e^+e^- \longrightarrow \ell\ell^* \longrightarrow \ell\ell\gamma$$

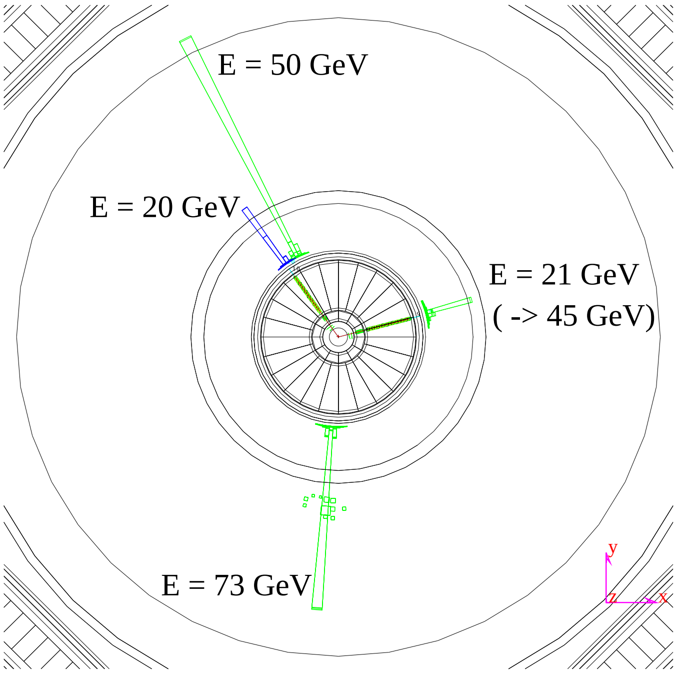
- Dos leptones y un fotón. Un par $\ell\gamma$ con alta masa invariante.

$$e^+e^- \longrightarrow \nu\nu^* \longrightarrow \nu\nu\gamma$$

- Un solo fotón visible en el detector.

Candidatos en Datos

Run # **726808** **Event #** **3270** Total Energy : 178.75 GeV

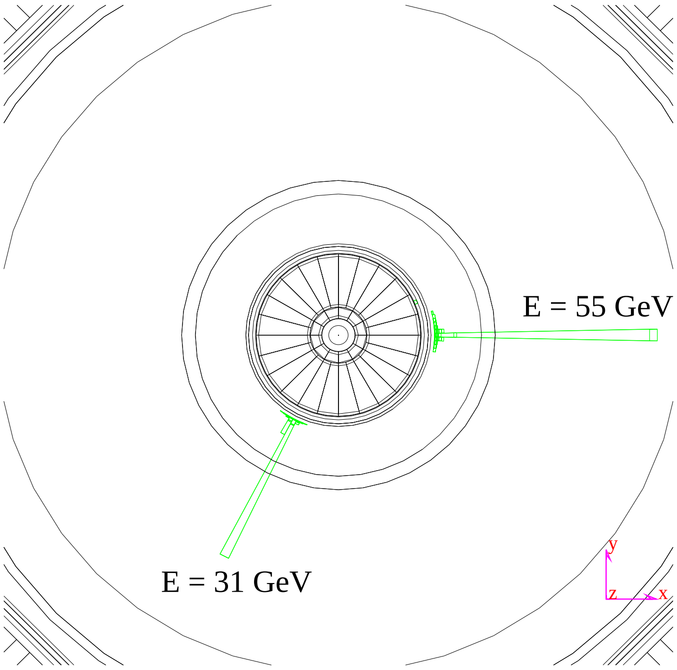


Transverse Imbalance :	.1267	**Longitudinal Imbalance :**	-.0666

Thrust :	.8418	**Major :**	.3955	**Minor :**	.0339
Event DAQ Time :	*981001 82601*				

$$e^+ \; e^- \longrightarrow \tau^*\tau^* \longrightarrow \tau\,\tau\,\gamma\,\gamma$$

Run # **712608** **Event #** **2857** Total Energy : 87.25 GeV



Transverse Imbalance :	.4497	**Longitudinal Imbalance :**	.4209

Thrust :	.8340	**Major :**	.5195	**Minor :**	.0022
Event DAQ Time :	*980805 15642*				

$$e^+ \; e^- \longrightarrow \nu^*\nu^* \longrightarrow \nu\,\nu\,\gamma\,\gamma$$

Desintegración Débil: $\ell^* \rightarrow \nu \mathrm{W}$ y $\nu^* \rightarrow \ell \mathrm{W}$

PRODUCCIÓN A PARES

$\mathrm{e}^+\mathrm{e}^- \rightarrow \ell^*\ell^* \rightarrow \nu\nu\mathrm{WW}$ Y $\mathrm{e}^+\mathrm{e}^- \rightarrow \nu^*\nu^* \rightarrow \ell\ell\mathrm{WW}$

• Los sucesos contienen dos W's y dos leptones de baja energía.

Selección Básica

Con una combinación de dos selecciones (qqqq y qqℓ) se identifican sucesos que contienen dos W's.

• La selección qqqq requiere al menos tres jets hadrónicos. Al menos un par de jets debe tener masas invariante y de retroceso compatibles con la masa del W.

• La selección qqℓ requiere dos jets hadrónicos con masa invariante cercana a 80 GeV y un leptón aislado.

Selecciones Complementarias

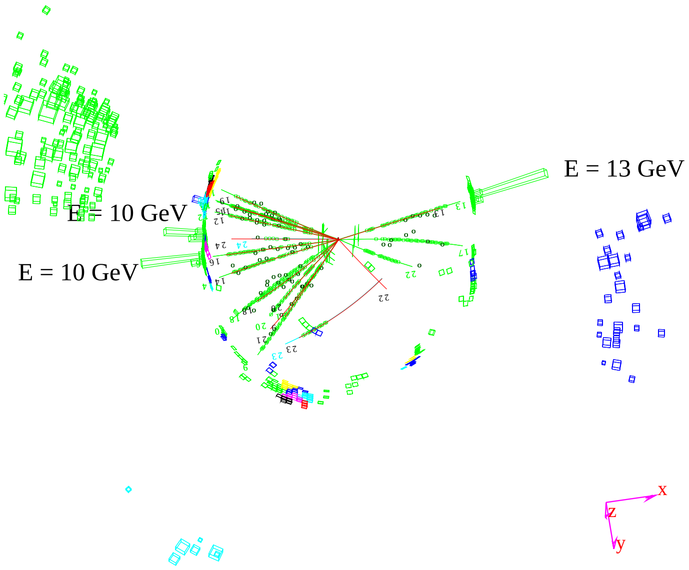
Para los procesos $\mathrm{e}^+\mathrm{e}^- \rightarrow \nu^*_\mathrm{e}\nu^*_\mathrm{e} \rightarrow \mathrm{eeWW}$ y $\mathrm{e}^+\mathrm{e}^- \rightarrow \nu^*_\mu\nu^*_\mu \rightarrow \mu\mu\mathrm{WW}$ se requiere además dos leptones (electrones o muones) aislados.

PRODUCCIÓN INDIVIDUAL

$\mathrm{e}^+\mathrm{e}^- \rightarrow \ell\ell^* \rightarrow \ell\nu\mathrm{W} \rightarrow \ell\nu\mathrm{q}\bar{\mathrm{q}}$ Y $\mathrm{e}^+\mathrm{e}^- \rightarrow \nu\nu^* \rightarrow \nu\ell\mathrm{W} \rightarrow \nu\ell\mathrm{q}\bar{\mathrm{q}}$

• Los sucesos contienen un W, un leptón cargado y un neutrino. Se requieren por tanto dos jets hadrónicos con masa invariante cercana a 80 GeV y un leptón aislado.

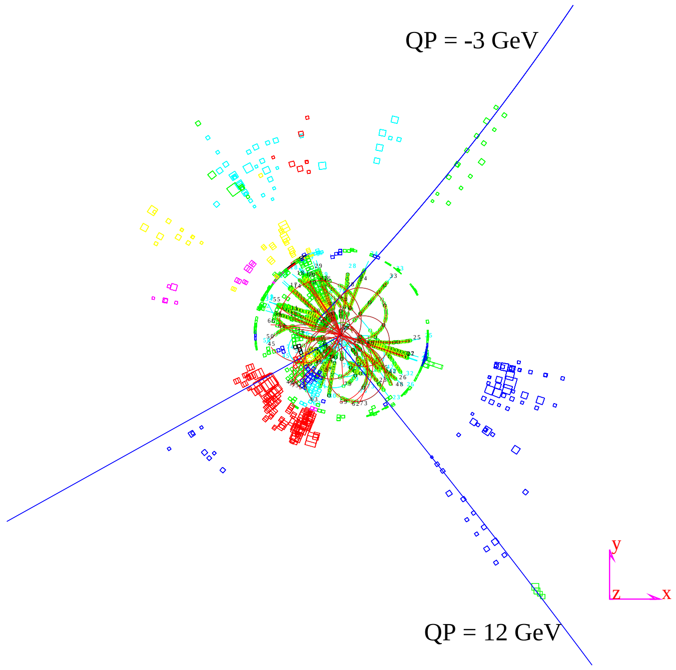
Run # **713408** **Event #** **1314** Total Energy : 108.69 GeV



Transverse Imbalance : .4404		**Longitudinal Imbalance :** -.0461	
Thrust : .8394	**Major :** .3884	**Minor :** .1685	
Event DAQ Time :	*980808 101656*		

$$e^+\ e^- \longrightarrow \nu_e^* \nu_e^* \longrightarrow e\, e\, W\, W \longrightarrow e\, e\, q\, q\, e\nu$$

Run # **736505** **Event #** **2627** Total Energy : 200.00 GeV



Transverse Imbalance : .0446		**Longitudinal Imbalance :** -.0509	
Thrust : .7256	**Major :** .4834	**Minor :** .1794	
Event DAQ Time :	*981030 153749*		

$$e^+\ e^- \longrightarrow \nu_\mu^* \nu_\mu^* \longrightarrow \mu\, \mu\, W\, W \longrightarrow \mu\, \mu\, q\, q\, q\, q$$

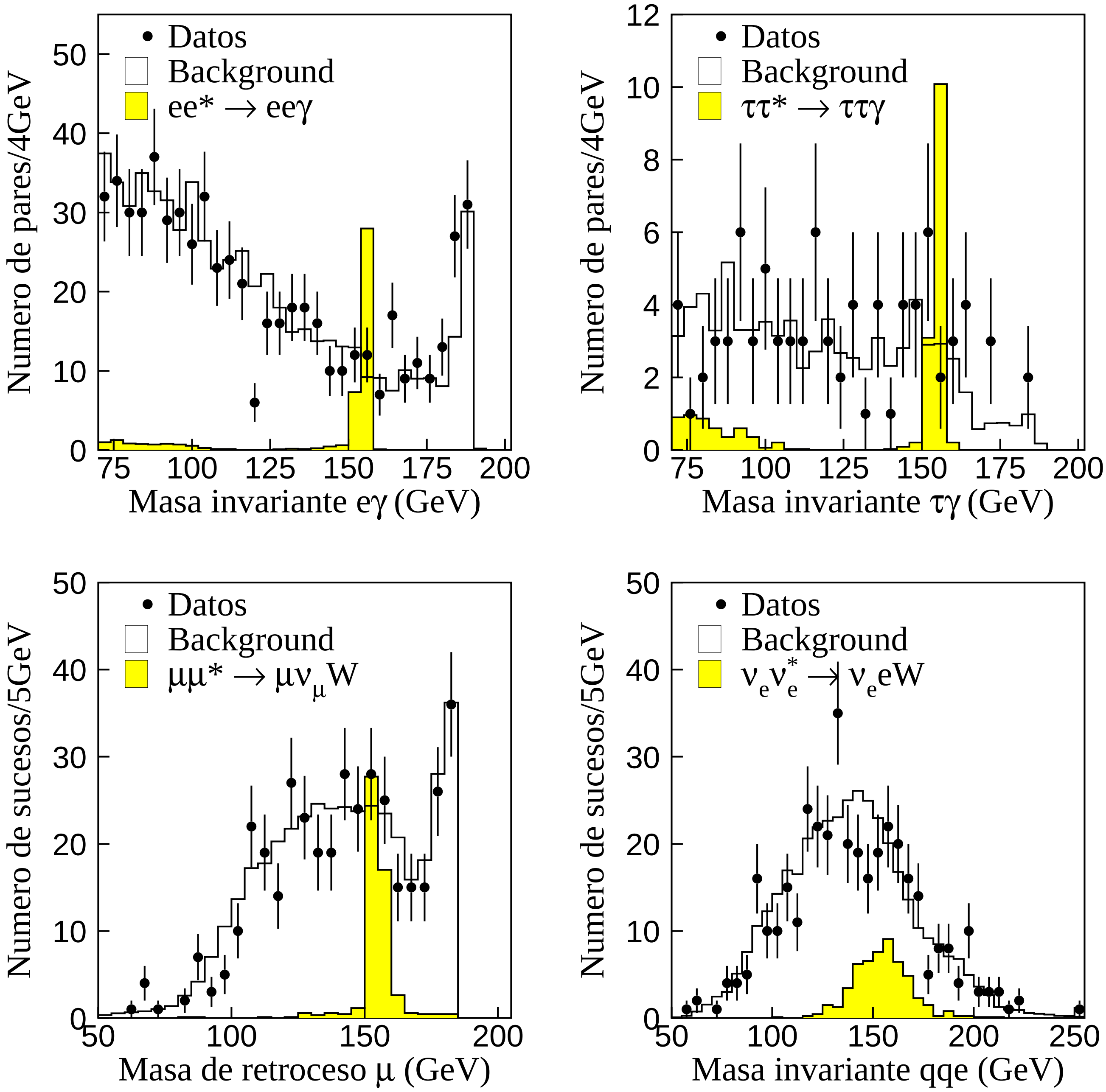
Resultados a $\sqrt{s} = 188.6$ GeV

$\mathcal{L} = 176.4\ \mathrm{pb}^{-1}$

<table>
<tr><th></th><th colspan="4">Desintegración Radiativa</th><th colspan="4">Desintegración Débil</th></tr>
<tr><th></th><th>Señal</th><th>Dat</th><th>Bkg</th><th>Ef</th><th>Señal</th><th>Dat</th><th>Bkg</th><th>Ef</th></tr>
<tr><td rowspan="6">Producción a Pares</td><td>$\mathrm{e}^*\mathrm{e}^* \longrightarrow \mathrm{ee}\gamma\gamma$</td><td>0</td><td>0.6</td><td>49%</td><td rowspan="3">$\ell^*\ell^* \longrightarrow \nu\nu\mathrm{WW}$</td><td rowspan="4">2710</td><td rowspan="4">2765</td><td rowspan="3">67%</td></tr>
<tr><td>$\mu^*\mu^* \longrightarrow \mu\mu\gamma\gamma$</td><td>0</td><td>0.4</td><td>46%</td></tr>
<tr><td>$\tau^*\tau^* \longrightarrow \tau\tau\gamma\gamma$</td><td>1</td><td>0.2</td><td>40%</td></tr>
<tr><td rowspan="3">$\nu^*\nu^* \longrightarrow \nu\nu\gamma\gamma$</td><td rowspan="3">2</td><td rowspan="3">1.6</td><td rowspan="3">44%</td><td>$\nu_\tau^*\nu_\tau^* \longrightarrow \tau\tau\mathrm{WW}$</td><td>71%</td></tr>
<tr><td>$\nu_\mathrm{e}^*\nu_\mathrm{e}^* \longrightarrow \mathrm{eeWW}$</td><td>1</td><td>0.12</td><td>18%</td></tr>
<tr><td>$\nu_\mu^*\nu_\mu^* \longrightarrow \mu\mu\mathrm{WW}$</td><td>1</td><td>0.34</td><td>21%</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Producción Individual</td><td>$\mathrm{e}^*\mathrm{e} \longrightarrow \mathrm{ee}\gamma$</td><td>563</td><td>564</td><td>63%</td><td>$\mathrm{e}^*\mathrm{e} \longrightarrow \nu_\mathrm{e}\mathrm{We}$</td><td>452</td><td>455</td><td>24%</td></tr>
<tr><td>$\mu^*\mu \longrightarrow \mu\mu\gamma$</td><td>71</td><td>64</td><td>61%</td><td>$\mu^*\mu \longrightarrow \nu_\mu\mathrm{W}\mu$</td><td>476</td><td>479</td><td>49%</td></tr>
<tr><td>$\tau^*\tau \longrightarrow \tau\tau\gamma$</td><td>64</td><td>55</td><td>43%</td><td>$\tau^*\tau \longrightarrow \nu_\tau\mathrm{W}\tau$</td><td>1004</td><td>972</td><td>44%</td></tr>
<tr><td rowspan="3">$\nu^*\nu \longrightarrow \nu\nu\gamma$</td><td rowspan="3">191</td><td rowspan="3">219</td><td rowspan="3">66%</td><td>$\nu_\mathrm{e}^*\nu_\mathrm{e} \longrightarrow \mathrm{eW}\nu_\mathrm{e}$</td><td>452</td><td>455</td><td>47%</td></tr>
<tr><td>$\nu_\mu^*\nu_\mu \longrightarrow \mu\mathrm{W}\nu_\mu$</td><td>476</td><td>479</td><td>51%</td></tr>
<tr><td>$\nu_\tau^*\nu_\tau \longrightarrow \tau\mathrm{W}\nu_\tau$</td><td>1004</td><td>972</td><td>41%</td></tr>
</table>

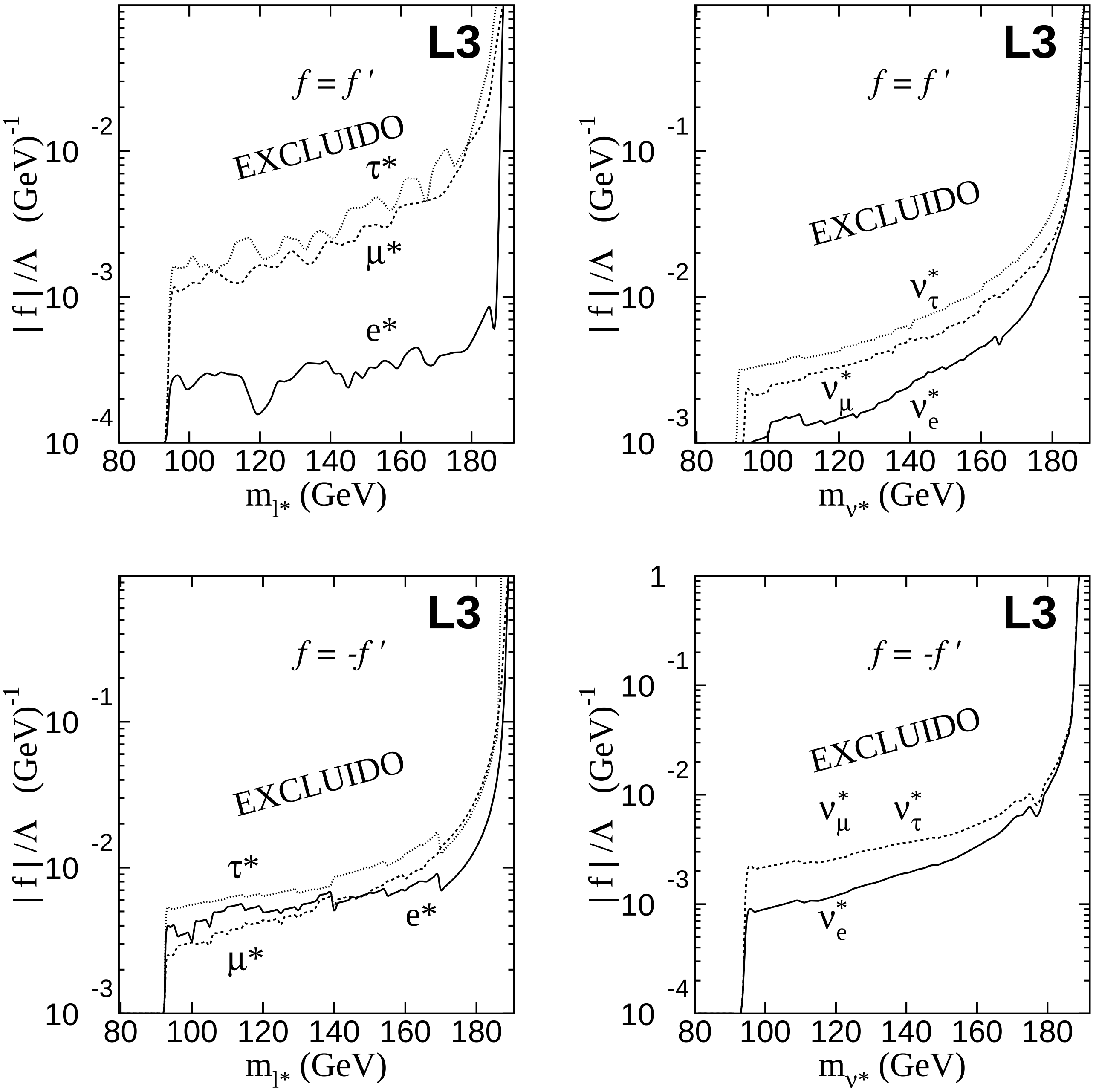
Leptón Excitado	Límite a la Masa (GeV)
e^*	92.4
μ^*	92.4
τ^*	91.7
ν_e^*	93.4
ν_μ^*	93.5
ν_τ^*	90.2

Distribuciones



Límites

Límites superiores a la constante de acoplo $|f|/\Lambda$ al 95% de nivel de confianza



CONCLUSIONES

- Se han buscado leptones excitados producidos a pares $e^+e^- \rightarrow \ell^*\ell^*$ e individualmente $e^+e^- \rightarrow \ell\ell^*$. Las desintegraciones radiativas $\ell^* \rightarrow \ell\gamma$ y las débiles $\ell^* \rightarrow \ell W$ han sido consideradas.

- No se ha encontrado evidencia de su existencia.

- De los resultados de la búsqueda de leptones excitados producidos a pares, se han extraido límites inferiores a su masa al 95% de nivel de confianza, independientemente de las constantes de acoplo. $m_{\ell^*} > 90.2$ GeV.

- A partir de la búsqueda de leptones excitados producidos individualmente, se han derivado límites superiores a las constantes de acoplo en función de la masa del leptón excitado, al 95% de nivel de confianza, en el intervalo de masas $(90, 189)$ GeV.