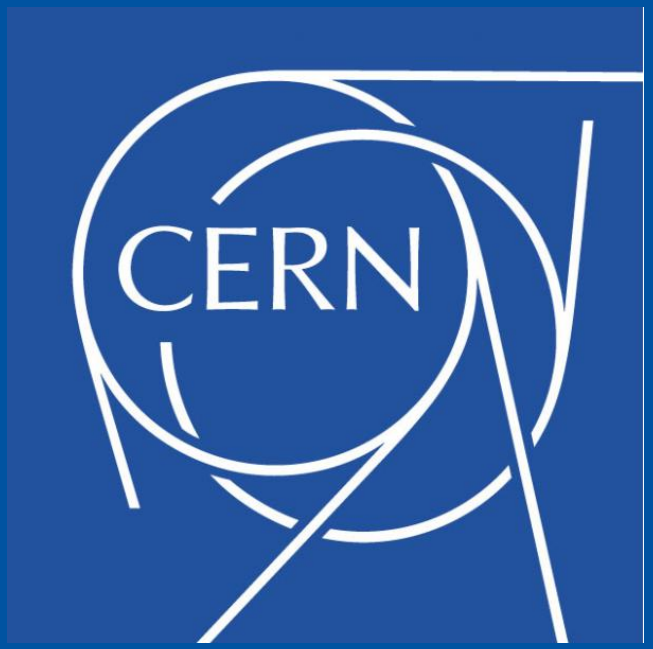
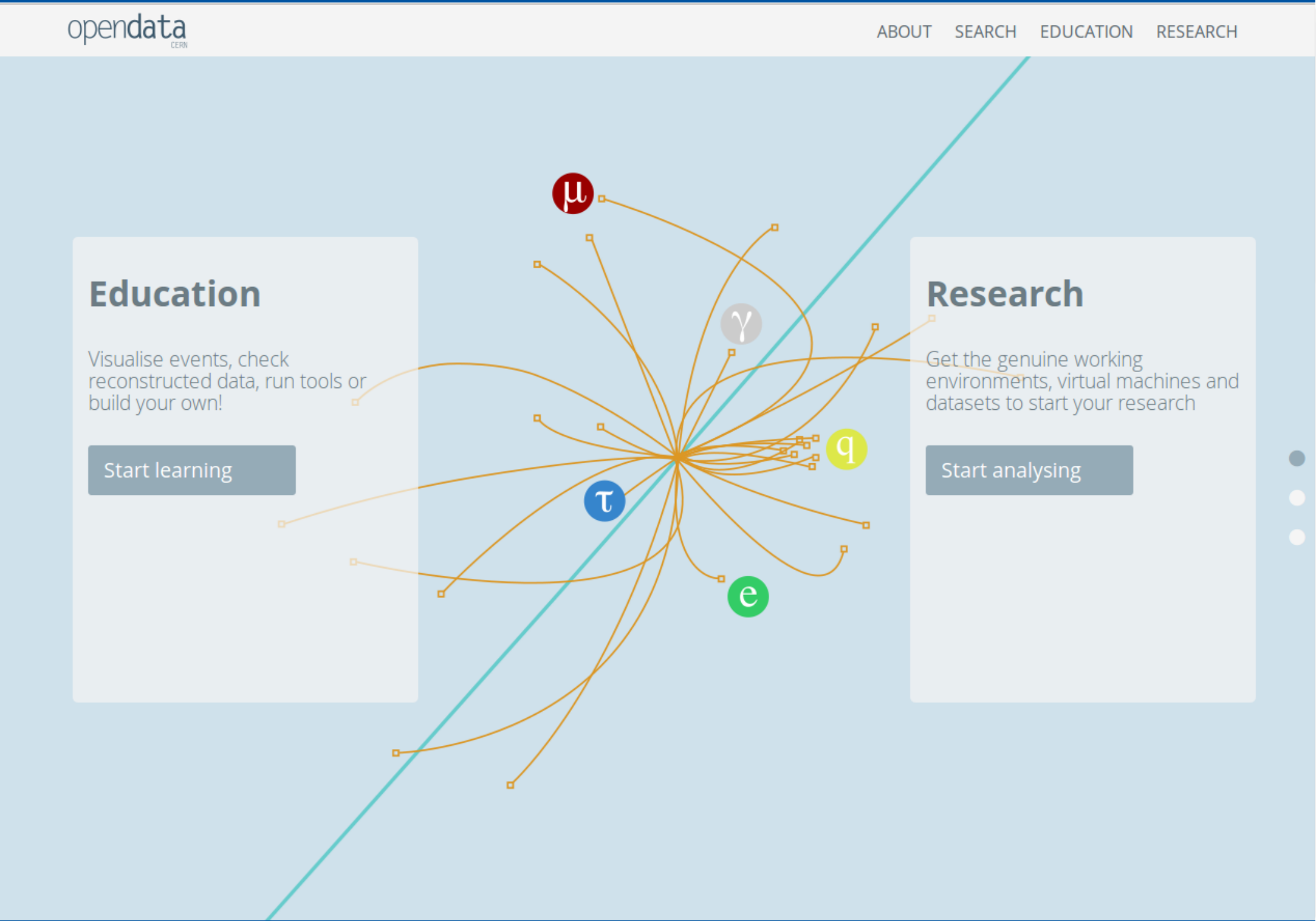


PROGRAMA DEL CERN PARA PROFESORES EN LENGUA ESPAÑOLA SLTP 2015

TALLER

USO DE
DATOS PÚBLICOS DEL CERN
EN LA ENSEÑANZA

http://opendata.cern.ch/

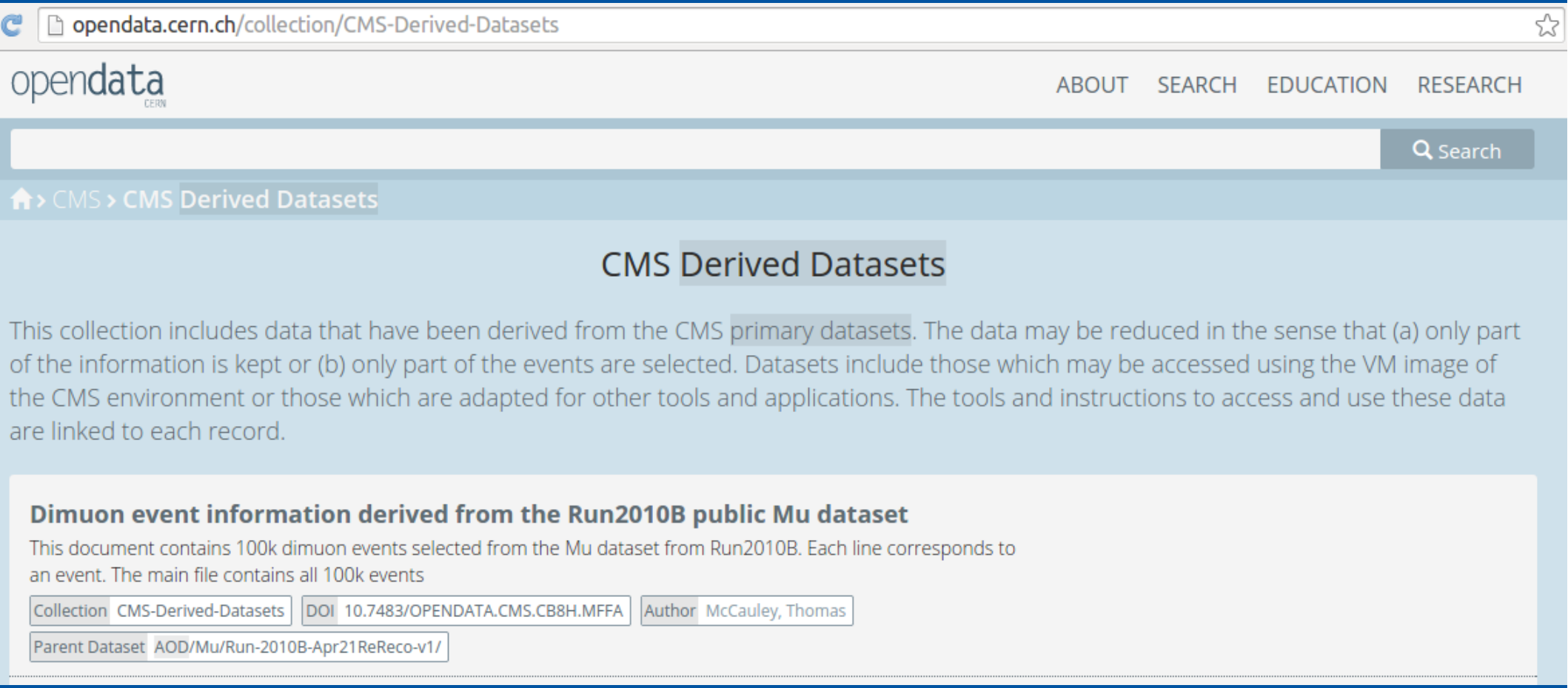


De todo esto, ¿qué se puede utilizar? (sin que implique usar software raro -para nosotros- como ROOT)

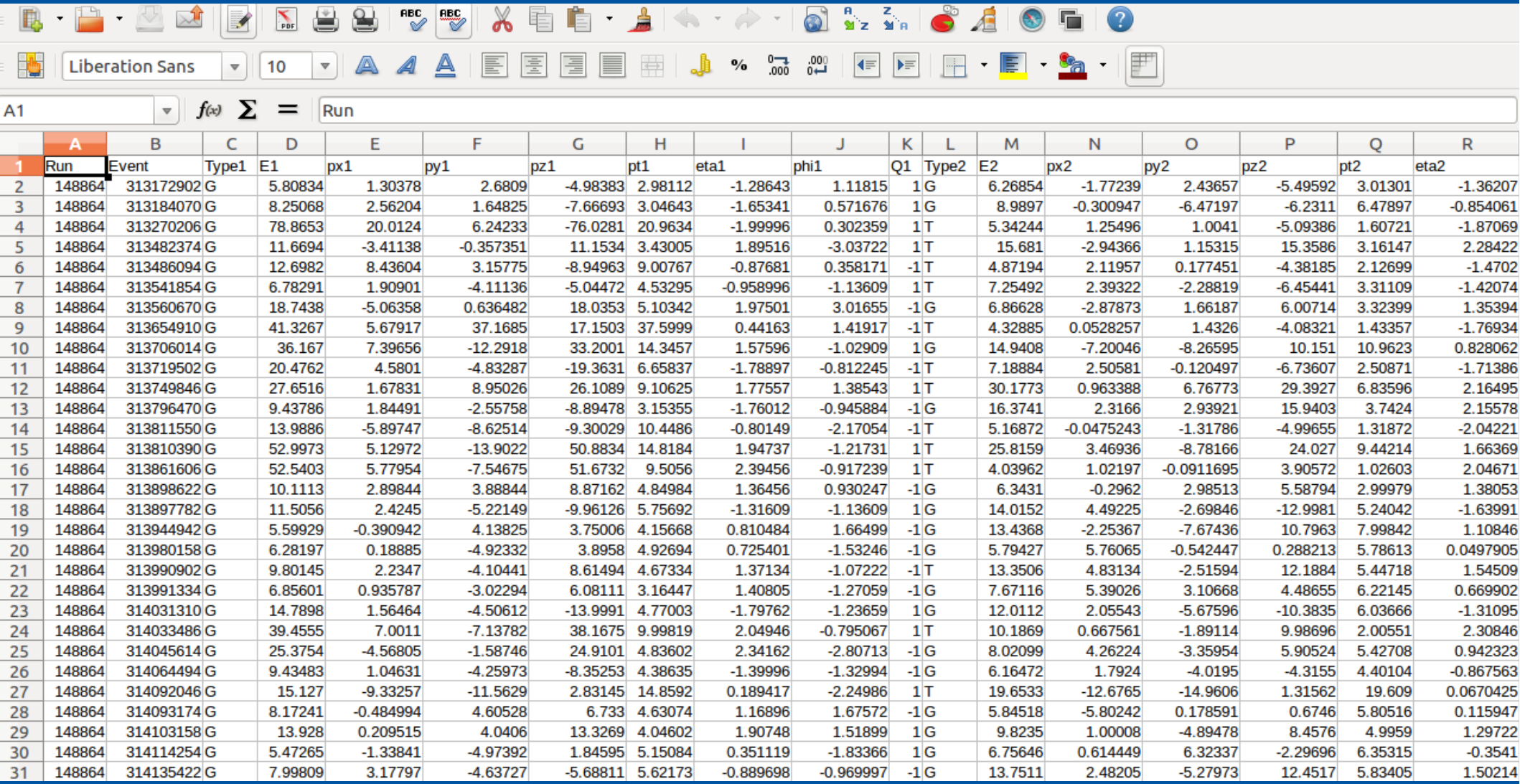
Más complicada que la de CMS

También están las masterclasses de ATLAS

Y CMS... Además de las masterclasses



Abrid los archivos .csv

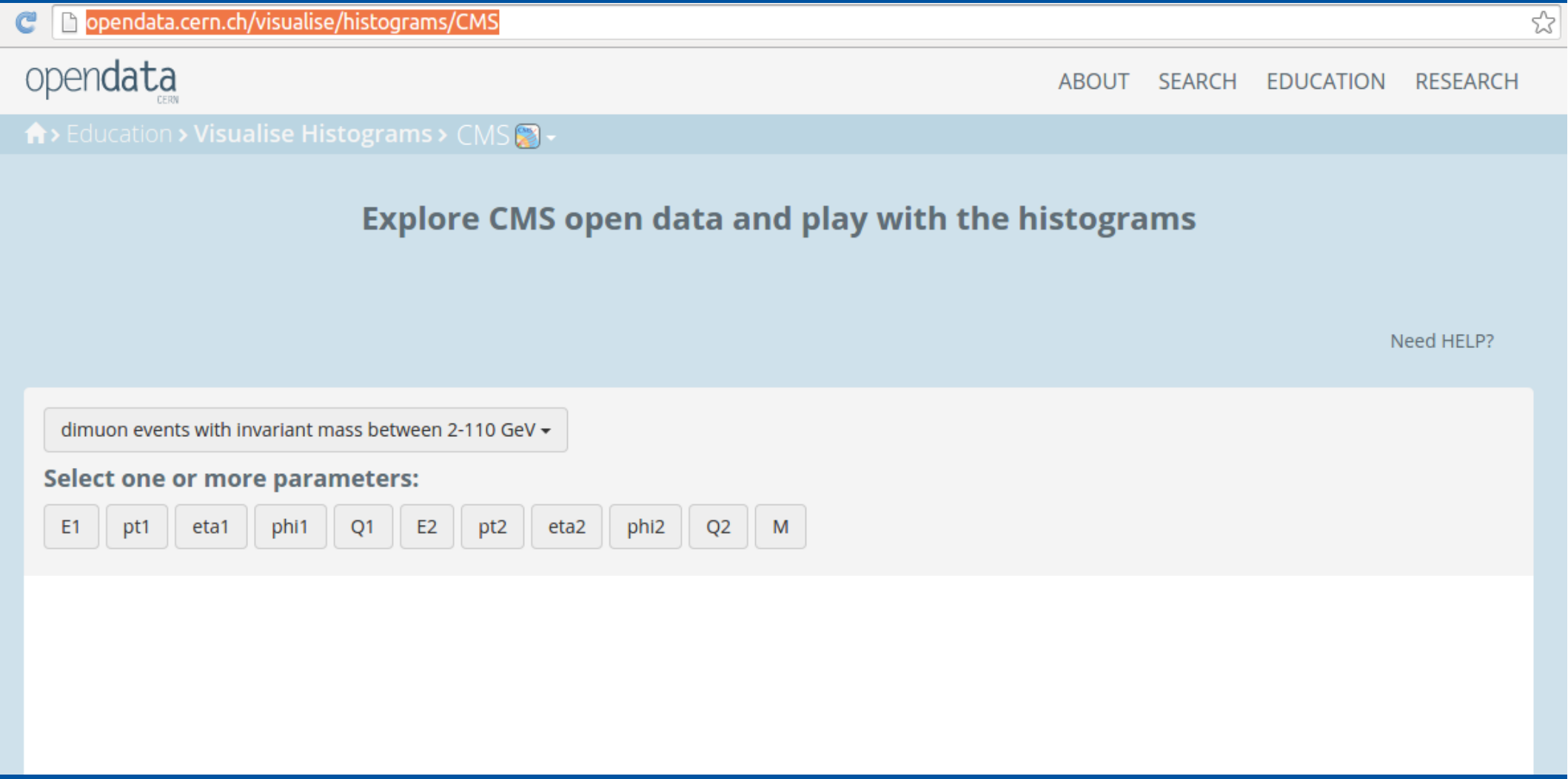


Liberation Sans | 10 | A1 | Run

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Run	Event	Type1	E1	px1	py1	pz1	pt1	eta1	phi1	Q1	Type2	E2	px2	py2	pz2	pt2	eta2
2	148864	313172902	G	5.80834	1.30378	2.6809	-4.98383	2.98112	-1.28643	1.11815	1	G	6.26854	-1.77239	2.43657	-5.49592	3.01301	-1.36207
3	148864	313184070	G	8.25068	2.56204	1.64825	-7.66693	3.04643	-1.65341	0.571676	1	G	8.9897	-0.300947	-6.47197	-6.2311	6.47897	-0.854061
4	148864	313270206	G	78.8653	20.0124	6.24233	-76.0281	20.9634	-1.99996	0.302359	1	T	5.34244	1.25496	1.0041	-5.09386	1.60721	-1.87069
5	148864	313482374	G	11.6694	-3.41138	-0.357351	11.1534	3.43005	1.89516	-3.03722	1	T	15.681	-2.94366	1.15315	15.3586	3.16147	2.28422
6	148864	313486094	G	12.6982	8.43604	3.15775	-8.94963	9.00767	-0.87681	0.358171	-1	T	4.87194	2.11957	0.177451	-4.38185	2.12699	-1.4702
7	148864	313541854	G	6.78291	1.90901	-4.11136	-5.04472	4.53295	-0.958996	-1.13609	1	T	7.25492	2.39322	-2.28819	-6.45441	3.31109	-1.42074
8	148864	313560670	G	18.7438	-5.06358	0.636482	18.0353	5.10342	1.97501	3.01655	-1	G	6.86628	-2.87873	1.66187	6.00714	3.32399	1.35394
9	148864	313654910	G	41.3267	5.67917	37.1685	17.1503	37.5999	0.44163	1.41917	-1	T	4.32885	0.0528257	1.4326	-4.08321	1.43357	-1.76934
10	148864	313706014	G	36.167	7.39656	-12.2918	33.2001	14.3457	1.57596	-1.02909	1	G	14.9408	-7.20046	-8.26595	10.151	10.9623	0.828062
11	148864	313719502	G	20.4762	4.5801	-4.83287	-19.3631	6.65837	-1.78897	-0.812245	-1	T	7.18884	2.50581	-0.120497	-6.73607	2.50871	-1.71386
12	148864	313749846	G	27.6516	1.67831	8.95026	26.1089	9.10625	1.77557	1.38543	1	T	30.1773	0.963388	6.76773	29.3927	6.83596	2.16495
13	148864	313796470	G	9.43786	1.84491	-2.55758	-8.89478	3.15355	-1.76012	-0.945884	-1	G	16.3741	2.3166	2.93921	15.9403	3.7424	2.15578
14	148864	313811550	G	13.9886	-5.89747	-8.62514	-9.30029	10.4486	-0.80149	-2.17054	-1	T	5.16872	-0.0475243	-1.31786	-4.99655	1.31872	-2.04221
15	148864	313810390	G	52.9973	5.12972	-13.9022	50.8834	14.8184	1.94737	-1.21731	1	T	25.8159	3.46936	-8.78166	24.027	9.44214	1.66369
16	148864	313861606	G	52.5403	5.77954	-7.54675	51.6732	9.5056	2.39456	-0.917239	1	T	4.03962	1.02197	-0.0911695	3.90572	1.02603	2.04671
17	148864	313898622	G	10.1113	2.89844	3.88844	8.87162	4.84984	1.36456	0.930247	-1	G	6.3431	-0.2962	2.98513	5.58794	2.99979	1.38053
18	148864	313897782	G	11.5056	2.4245	-5.22149	-9.96126	5.75692	-1.31609	-1.13609	1	G	14.0152	4.49225	-2.69846	-12.9981	5.24042	-1.63991
19	148864	313944942	G	5.59929	-0.390942	4.13825	3.75006	4.15668	0.810484	1.66499	-1	G	13.4368	-2.25367	-7.67436	10.7963	7.99842	1.10846
20	148864	313980158	G	6.28197	0.18885	-4.92332	3.8958	4.92694	0.725401	-1.53246	-1	G	5.79427	5.76065	-0.542447	0.288213	5.78613	0.0497905
21	148864	313990902	G	9.80145	2.2347	-4.10441	8.61494	4.67334	1.37134	-1.07222	-1	T	13.3506	4.83134	-2.51594	12.1884	5.44718	1.54509
22	148864	313991334	G	6.85601	0.935787	-3.02294	6.08111	3.16447	1.40805	-1.27059	-1	G	7.67116	5.39026	3.10668	4.48655	6.22145	0.669902
23	148864	314031310	G	14.7898	1.56464	-4.50612	-13.9991	4.77003	-1.79762	-1.23659	1	G	12.0112	2.05543	-5.67596	-10.3835	6.03666	-1.31095
24	148864	314033486	G	39.4555	7.0011	-7.13782	38.1675	9.99819	2.04946	-0.795067	1	T	10.1869	0.667561	-1.89114	9.98696	2.00551	2.30846
25	148864	314045614	G	25.3754	-4.56805	-1.58746	24.9101	4.83602	2.34162	-2.80713	-1	G	8.02099	4.26224	-3.35954	5.90524	5.42708	0.942323
26	148864	314064494	G	9.43483	1.04631	-4.25973	-8.35253	4.38635	-1.39996	-1.32994	-1	G	6.16472	1.7924	-4.0195	-4.3155	4.40104	-0.867563
27	148864	314092046	G	15.127	-9.33257	-11.5629	2.83145	14.8592	0.189417	-2.24986	1	T	19.6533	-12.6765	-14.9606	1.31562	19.609	0.0670425
28	148864	314093174	G	8.17241	-0.484994	4.60528	6.733	4.63074	1.16896	1.67572	-1	G	5.84518	-5.80242	0.178591	0.6746	5.80516	0.115947
29	148864	314103158	G	13.928	0.209515	4.0406	13.3269	4.04602	1.90748	1.51899	1	G	9.8235	1.00008	-4.89478	8.4576	4.9959	1.29722
30	148864	314114254	G	5.47265	-1.33841	-4.97392	1.84595	5.15084	0.351119	-1.83366	1	G	6.75646	0.614449	6.32337	-2.29696	6.35315	-0.3541
31	148864	314135422	G	7.99809	3.17797	-4.63727	-5.68811	5.62173	-0.889698	-0.969997	-1	G	13.7511	2.48205	-5.27973	12.4517	5.83405	1.50214

Y jugad con los datos...

Con vuestros propios medios o con los suyos



Un ejemplo:

http://opendata.cern.ch/record/70

100000 dimuon events selected from the Mu dataset from Run2010B.
Selected because of the presence of precisely two muons with invariant mass between 2-110 GeV, one of which is a high-quality "global" muon

Cálculo de la *masa invariante* de una partícula que se desintegra en otras dos según

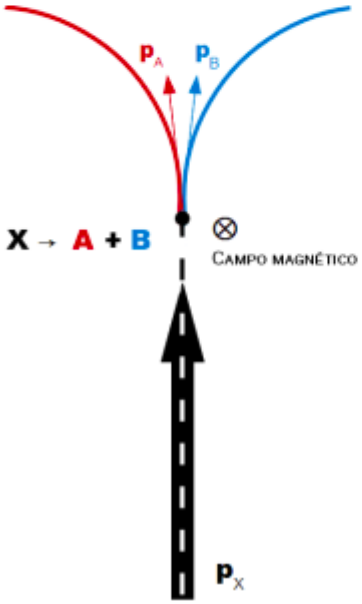
$$X \to A + B$$

Afortunadamente la energía y el momento lineal (y también la carga eléctrica) se conservan, así que debe cumplir

$$\vec{p}_X = \vec{p}_A + \vec{p}_B \quad [1]$$

$$E_X = E_A + E_B \quad [2]$$

(y también $Q_X = Q_A + Q_B$, lo que nos dice que si X es una partícula neutra, A y B deben tener cargas opuestas)



Pero en mecánica relativista, la relación entre energía y momento NO es $E = \vec{p}^2/2m$ [nuestra amiga la energía cinética de una partícula libre disfrazada, $E = mv^2/2$] sino más bien

$$E = (\tilde{p}^2c^2 + m^2c^4)^{\frac{1}{2}} \ (*)$$

Ahora vamos a despejar la masa (invariante) de X, que es lo que andamos buscando:

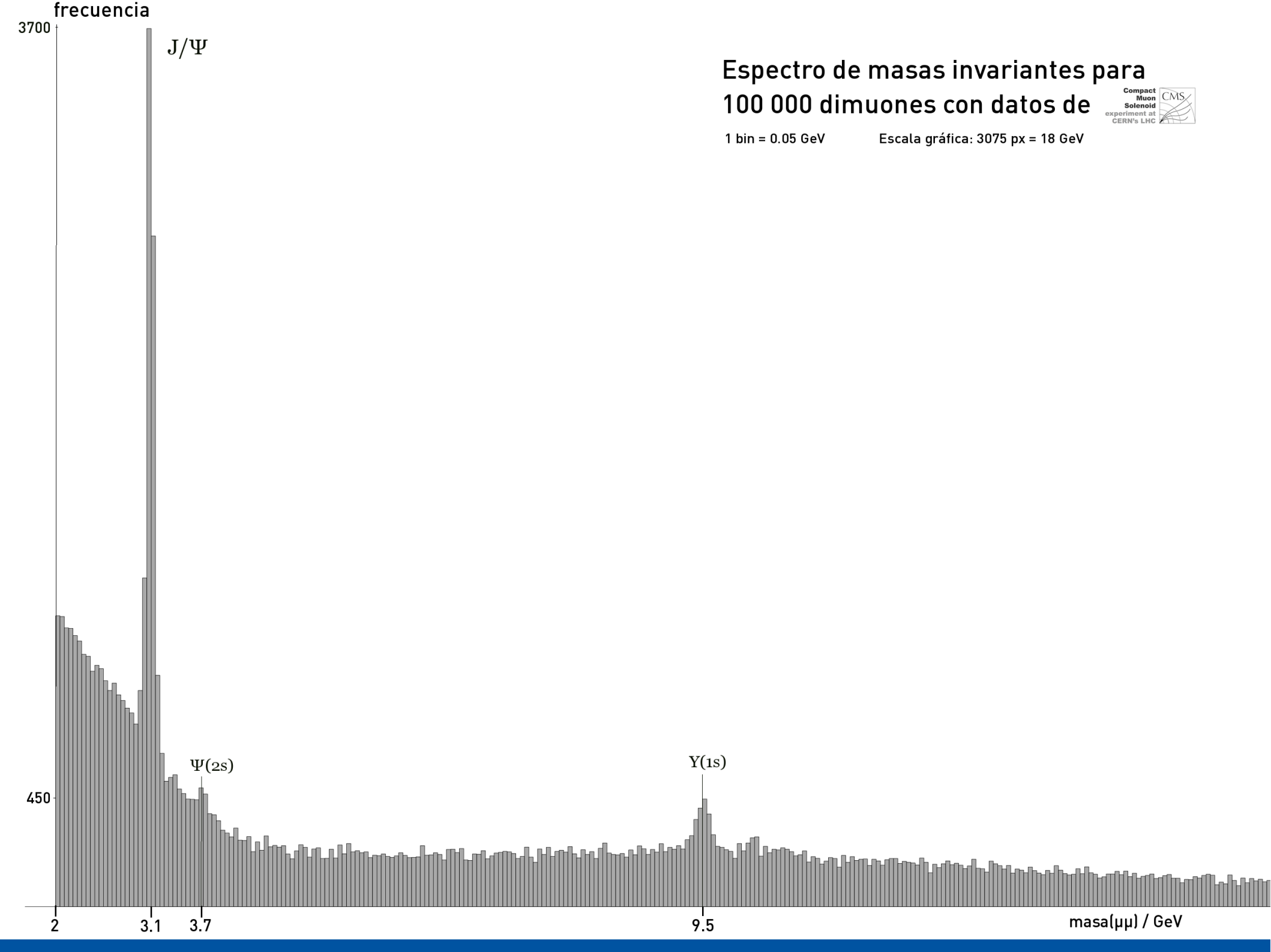
$$E_X^2 = \tilde{p}_X^2c^2 + M_X^2c^4$$

$$M_X = \frac{1}{c^2}\left(E_X^2 - \tilde{p}_X^2c^2\right)^{\frac{1}{2}}$$

y si ahora sustituimos [1] y [2] llegamos finalmente a la expresión que nos da M_X en función de las energías y momentos de las partículas detectadas, A y B:

$$M_X = \frac{1}{c^2}\left[(E_A + E_B)^2 - c^2\left(\tilde{p}_A + \tilde{p}_B\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

https://fbarradass.wordpress.com/2011/05/20/%C2%BFcomo-saber-si-se-ha-descubierto-una-particula-apendice-4-1/


frecuencia
3700
450
J/Ψ
Ψ(2S)
Υ(1S)
2
3.1
3.7
9.5
masa(μμ) / GeV
Espectro de masas invariantes para
100 000 dimuones con datos de
Compact Muon Solenoid experiment at CERN's LHC
1 bin = 0.05 GeV
Escala gráfica: 3075 px = 18 GeV

Si queréis hacer vuestros propios histogramas con barras de error, etc. hay cosas mejores que las hojas de cálculo, por ejemplo:

R (y RStudio, para que sea más sencillo):

http://cran.r-project.org/

http://www.rstudio.com/

Plotly (una herramienta *online*)

https://plot.ly/feed/

Todas las imágenes que no son propias son cortesía del CERN