Introducción a ROOT

Sonja Orrigo

Curso de Técnicas Experimentales Avanzadas en Física Nuclear

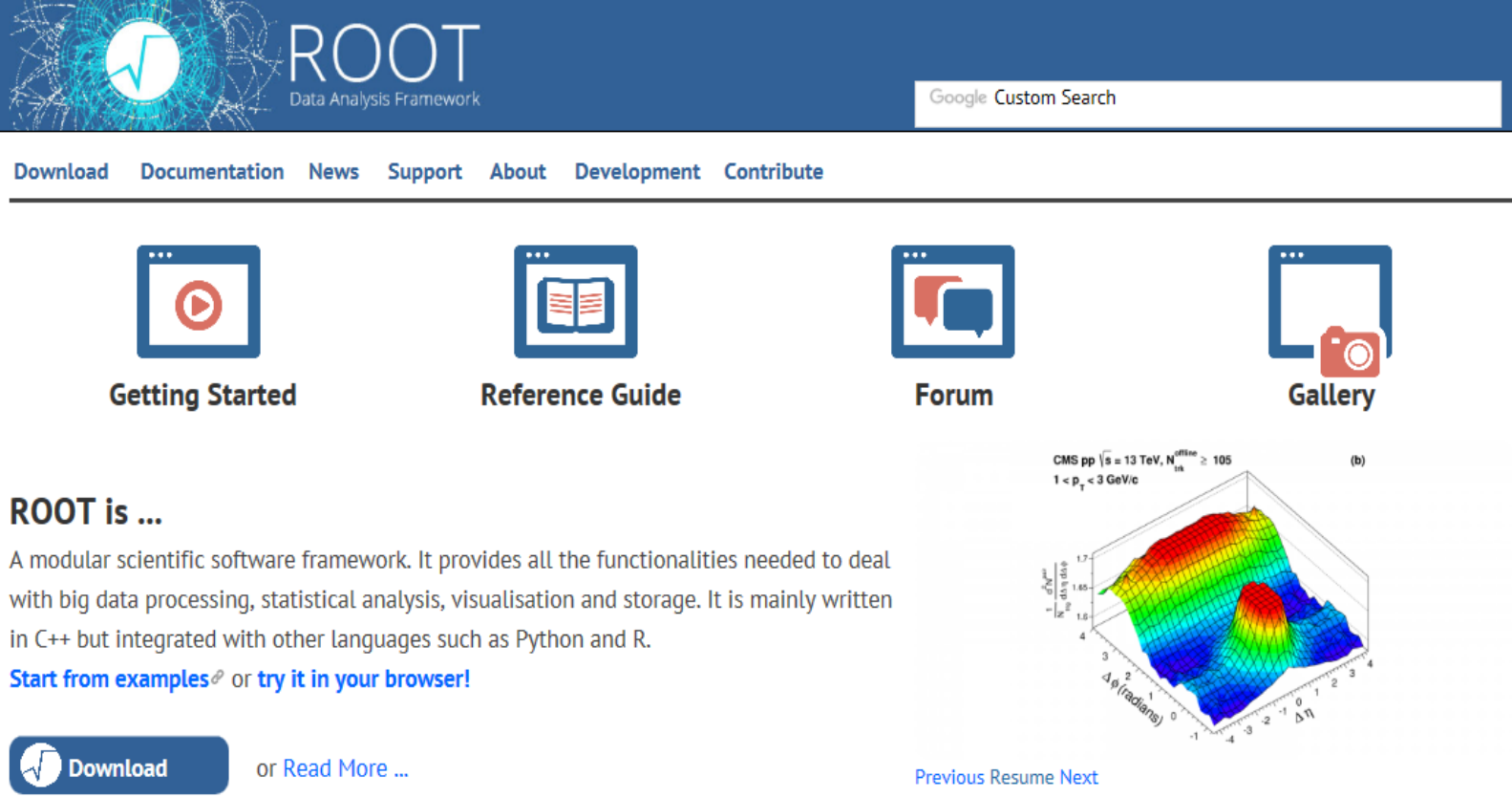
Master Inter-universitario de Física Nuclear, Curso 2017-2018

IFIC-Valencia

IFIC
INSTITUT DE FÍSICA CORPUSCULAR
EXCELENCIA SEVERO OCHOA
CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
VNIVERSITAT DE VALÈNCIA

- ROOT es un proyecto Open Source que se empezó en 1995
- El proyecto es desarrollado por una colaboración entre CERN y Fermilab/USA, más muchos otros colaboradores part-time
- Además muchos usuarios registrados (5500 en el fórum RootTalk) contribuyen con feedback, comentarios y en solucionar bugs

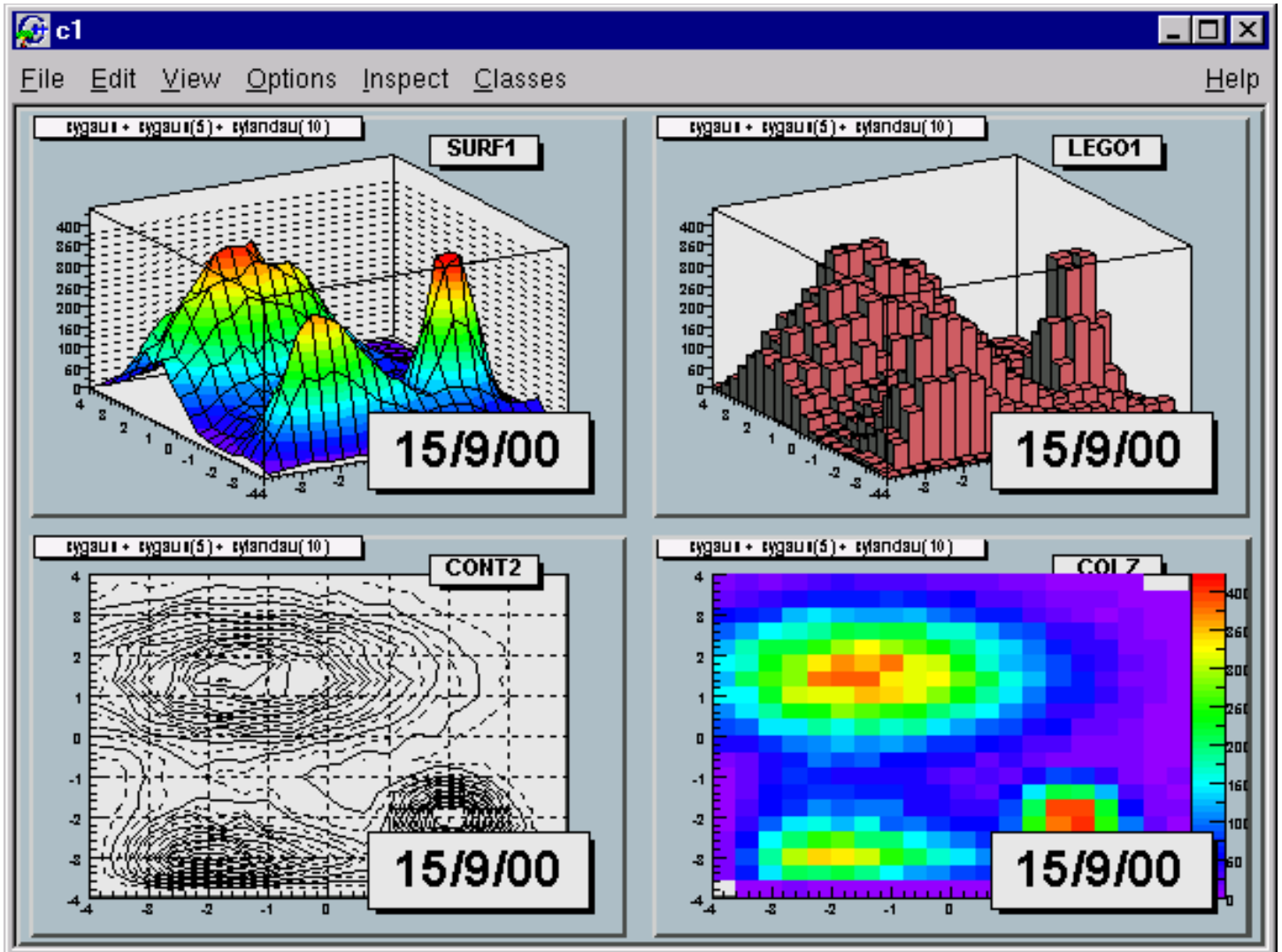
- Main ROOT page: http://root.cern.ch
- Class Reference Guide: http://root.cern.ch/root/html
- User Guides and Manuals: https://root.cern.ch/root-user-guides-and-manuals
- User Guide: 6 Release Cycle: https://root.cern.ch/guides/users-guide
- Tutorials: https://root.cern.ch/courses
  https://root.cern.ch/notebooks/HowTos/HowTo_ROOT-Notebooks.html#cpp



ROOT

- Es un framework modular de software científico que se utiliza comúnmente para análisis de datos en física nuclear y de altas energías
- Utiliza mayormente el lenguaje de programación C++: desarrollado en C++; interprete nativo de C++; pero se puede usar también python

- Es una herramienta muy poderosa y versátil que permite de manipular, procesar y analizar largas cantidad de datos
- Permite una amplia variedad de métodos de análisis, representaciones de datos, fits, …
- Extensas capacidad de visualización de datos científicos en 2D y 3D



Varias maneras de utilizar ROOT

- El lenguaje de los comandos y programas es C++
- ROOT contiene un interprete de C++: CINT en ROOT5, CLING en ROOT6
- Dependiendo de las exigencias de los usuarios, ROOT se puede utilizar en distintas maneras:
  - **ROOT command line**
    - ✓ Empezando una sesión de ROOT en un terminal, el interprete de ROOT ejecuta cada línea de comando que se escribe
    - ✓ Ventaja en comparación con la compilación: se ve el resultado sin ninguna espera
    - ✓ Desventaja: interpretar los comandos es mucho más lento que ejecutar código compilado

      ⇒ La línea de comandos es útil en fase de escritura del código, para testear los comandos y hacer rápidos checks de los datos, mientras que los programas más largos van compilados

```
$ root                $ root –l                    Starting ROOT
root [0] Int_t number = 2;                         The ROOT prompt
root [1] cout<<“number = “<<number<<endl;
root [#] .q                                        Ending ROOT
```

Varias maneras de utilizar ROOT

- **ROOT macros**
  - ✓ Si tienes varias líneas de comandos para ejecutar es más cómodo ponerlas en un fichero que se pueda editar y ejecutar varias veces en ROOT: una macro
  - ✓ Una macro es un **fichero .C** o **.cc** donde escribir secuencialmente los comandos
  - ✓ La macro es **interpretada línea a línea** para el interprete CINT/CLING

    ⇒ no es compilada, equivale a utilizar las líneas de comandos
  - ✓ Importante: en la macro cada línea de código se tiene que terminar con **;**

Unnamed macros (no parameters) ←(ONLY UP TO ROOT 5)

$ root -l macro.C	Execute the macro
root [0] .x macro.C	Execute the macro

Named macros (you can pass parameters to the function)

root [0] .L analysis.C	Load the macro in the memory
root [1] analysis(20)	Call the macro to execute it
root [0] .x analysis.C(20)	Load and execute the macro

```
{
    commands…
}
```

```
void analysis(int N)
{
    commands…
    return;
}
```

Varias maneras de utilizar ROOT

- **Compiled ROOT macros *on the fly***
  - ✓ Ejecutar código compilado es muchos más rápido que interpretar línea a línea
  - ✓ Además mediante la compilación se pueden detectar errores que no se perciben interpretando línea a línea
  - ✓ Compilar es importante para los programas más largos y/o lentos
  - ✓ El mismo **fichero .C** o **.cc** se puede compilar, pero la macro tiene que tener un nombre
  - ✓ La compilación esta echa por **ACLiC (The Automatic Compiler of Libraries for CINT)**

```
void analysis(int N)
{
   commands…
   return;
}
```

Named macros ONLY

root [0] .L analysis.C++	Load the macro in the memory and compile it
root [1] analysis(20)	Call the macro to execute it
root [0] .x analysis.C(20)++	Load, compile and execute the macro

Varias maneras de utilizar ROOT

- **Stand-alone application**
  - ✓ La manera más sofisticad es construir una aplicación *stand-alone*
  - ✓ ROOT es básicamente una colección de clases de C++
  - ✓ Estas se pueden utilizar para construir nuevas aplicaciones que se pueden compilar y ejecutar del todo independientemente desde el ROOT originario
  - ✓ Para cumplir con los estándares de C++, se incluye en el código una función **main()** que solo es vista por el compilador g++ y no para CINT

Compile the program

$ g++ -o analysis analysis.cc `root-config --cflags --glibs`

Execute it outside ROOT

$ ./analysis

```
void analysis()
{
    commands…
    return;
}

# ifndef __CINT__
int main()
{
analysis();
return 0;
}
# endif
```

Varias maneras de utilizar ROOT

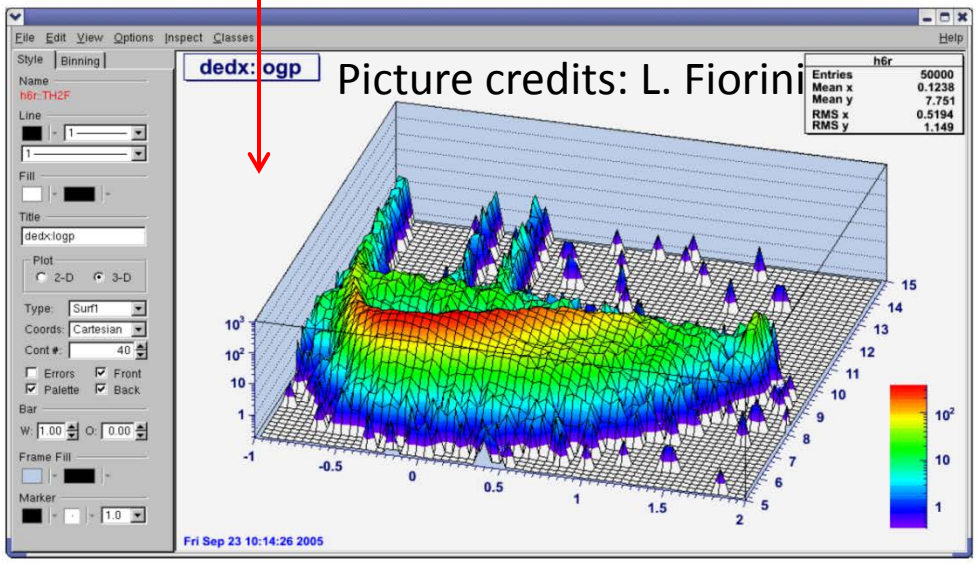
- **Graphical interfaces**

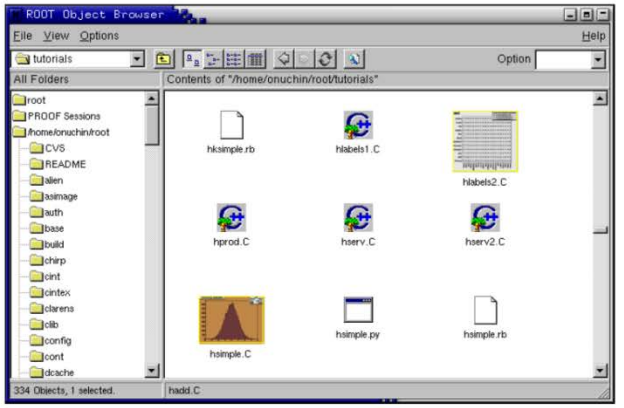
  ROOT Object browser (TBrowser), Graphical user-interface (GUI), Editor, Fit Panel…

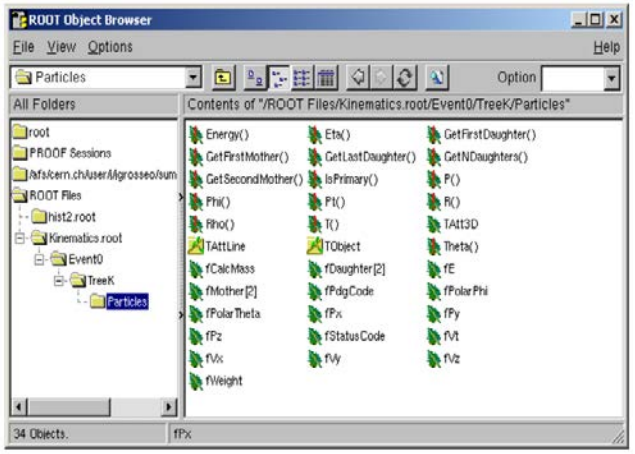
  ✓ Permiten un utilizo más interactivo: abrir ficheros, explorarlos, mirar los trees, plotear objetos, editarlos, cambiar el estilo, fitear…

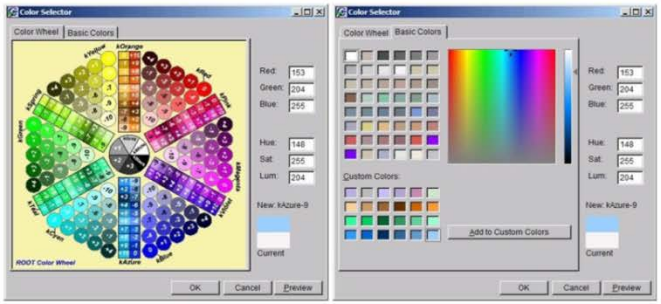
root[] new TBrowser

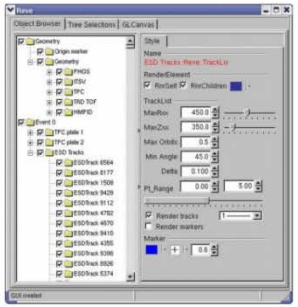
La ventana grafica se llama **TCanvas**











Varias maneras de utilizar ROOT

- **ROOTBook**
  - ✓ ROOT interactivo en el navegador web (parecido a un notebook de *Mathematica*):

    https://root.cern.ch/notebooks/HowTos/HowTo_ROOT-Notebooks.html

HowTo ROOT-Notebooks: pure C++ notebook

The manual switch to C++ mentioned above can be done by typing:

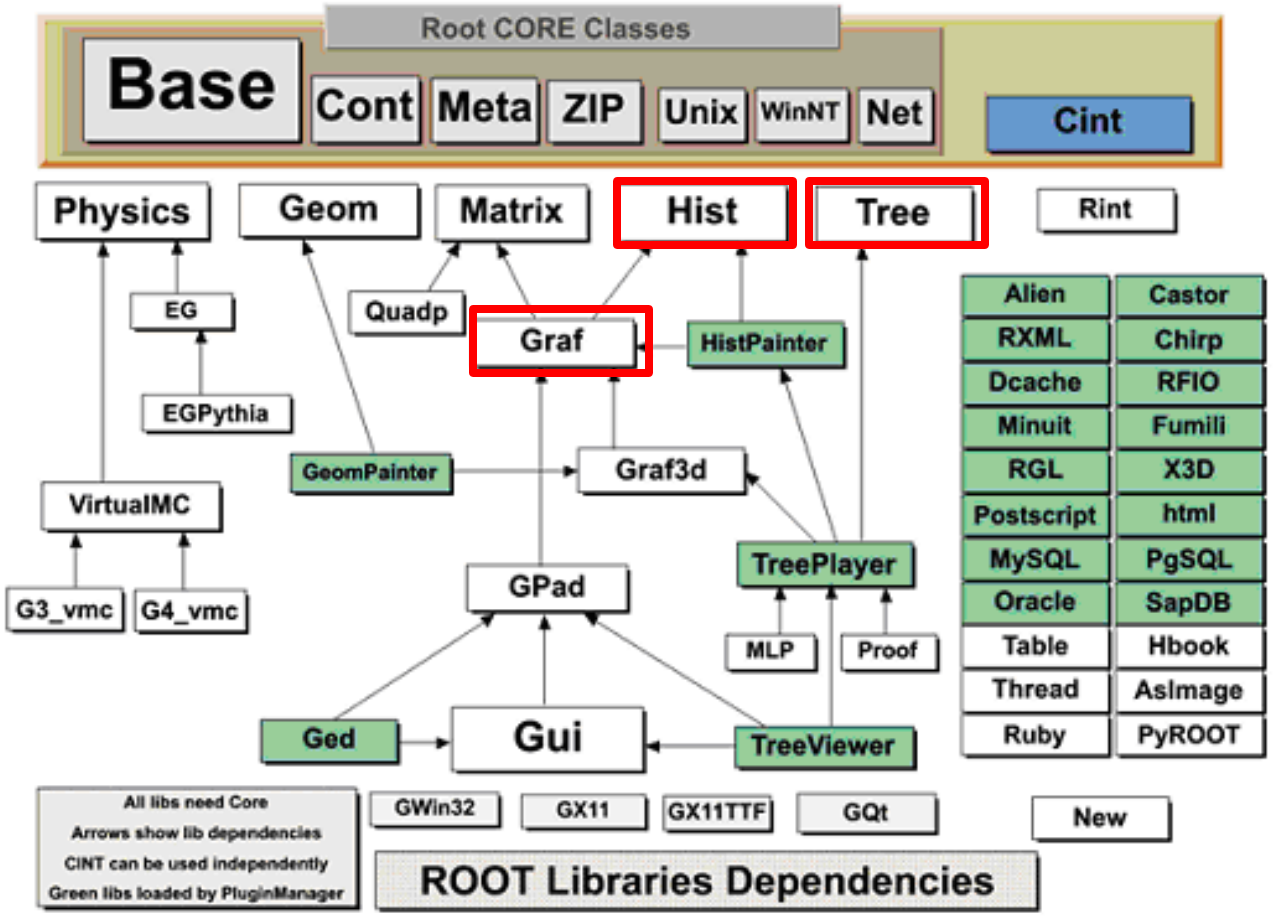
```
In [16]: ROOT.toCpp()

         Notebook is in Cpp mode
```

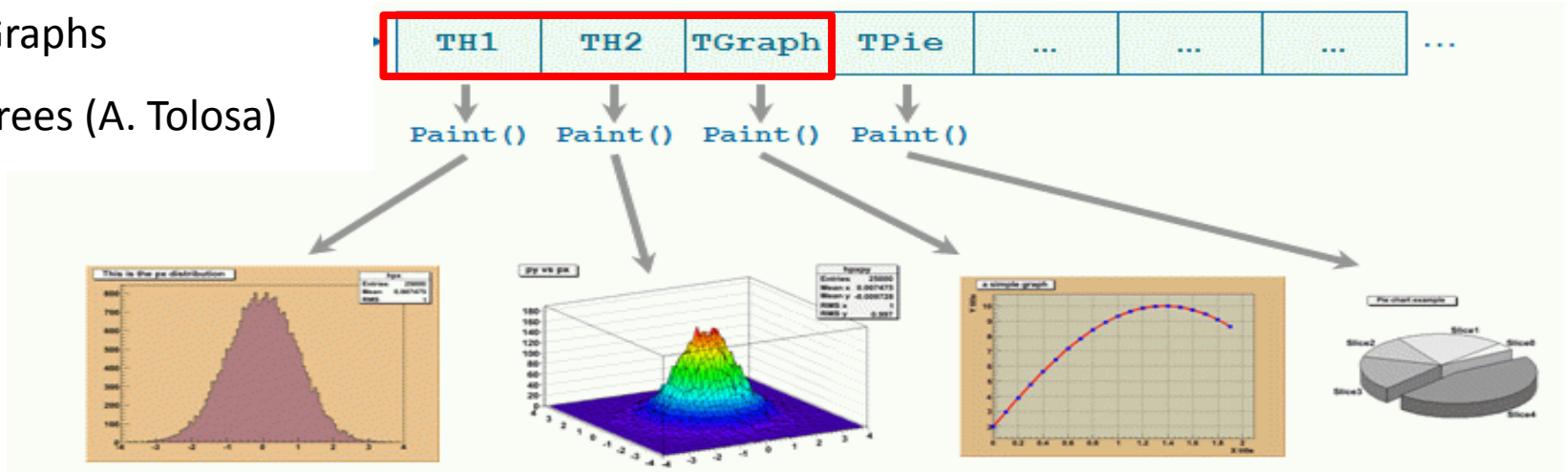
Now our notebook behaves as the ROOT prompt, with no need of any magic.

```
In [17]: cout << "From this point on..." << endl;

         From this point on...

In [18]: cout << "... it's only C++ ..." << endl;

         ... it's only C++ ...

In [19]: cout << "... With the usual goodies!" << endl;
         std::unordered_map<int, string> m = {{1, "one"}, {2, "two"},
         {3, "three"}}

         ... With the usual goodies!
         (std::unordered_map<int, std::string> &) { 3 => "three", 1
         => "one", 2 => "two" }
```

- ROOT contiene muchísimas librerías y clases de objetos

- En este curso nos enfocaremos en los objetos típicamente utilizados en análisis de datos en física:
  - ✓ Funciones
  - ✓ Histogramas
  - ✓ Graphs
  - ✓ Trees (A. Tolosa)



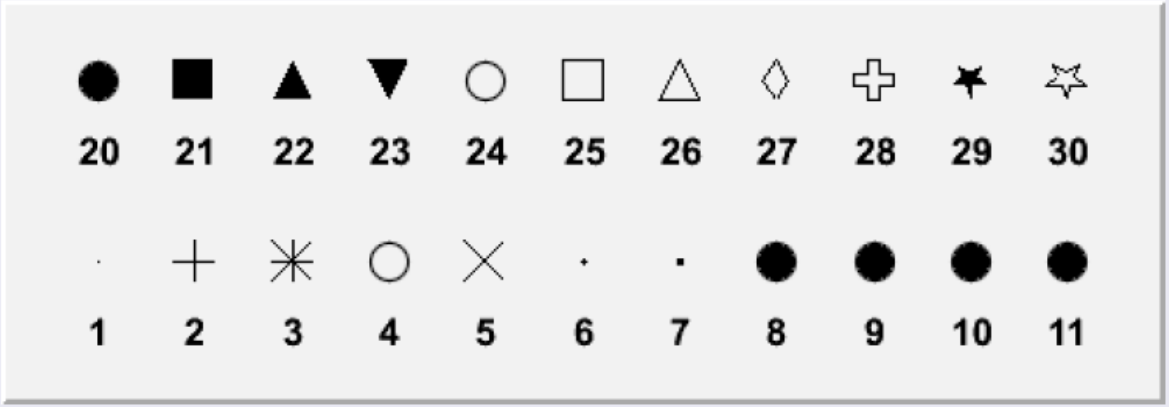


- **Variables en ROOT**

int	$\longrightarrow$	Int_t
float	$\longrightarrow$	Float_t
double	$\longrightarrow$	Double_t
char	$\longrightarrow$	Char_t
bool	$\longrightarrow$	Bool_t
...		

- **Colors**

- **Markers**



TCanvas

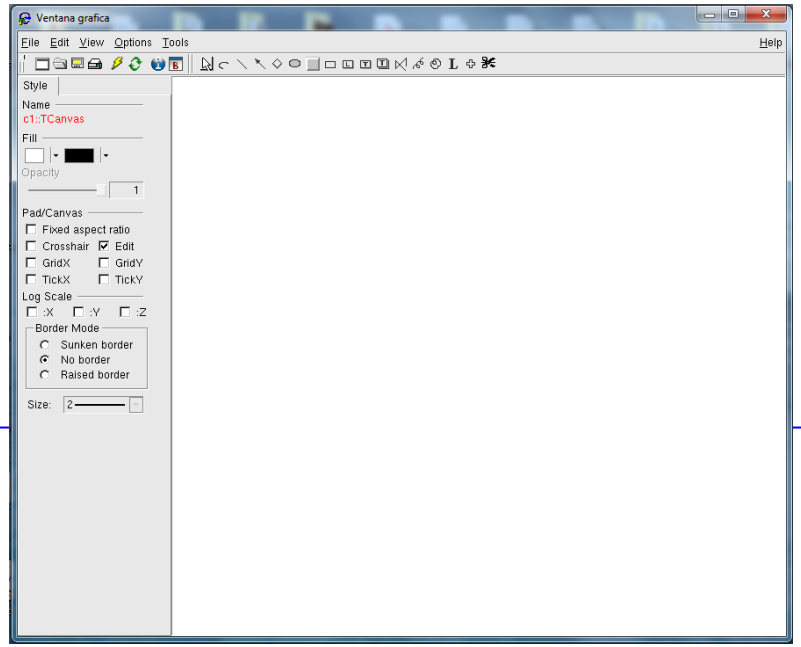
- **Canvas:** La Canvas es una ventana grafica donde se dibujan todos los objetos de ROOT:
  "area mapped to a window directly under the control of the display manager"
- La clase correspondiente de ROOT se llama **TCanvas**
- Si la Canvas no existe, ROOT la crea automáticamente al dibujar un objeto
- Las Canvas se pueden dividir en **Pads**

TCanvas (const char *name, const char *title, Int_t wtopx, Int_t wtopy, Int_t ww, Int_t wh)

root [ ] TCanvas *c1 = new TCanvas("c1", "Ventana grafica",200,10,700,900)

(name, title, x_0, y_0, x_1, y_1)

root [ ] c1->Divide(1,2)
root [ ] c1->cd(1)
root [ ] c1->cd(2)
root [ ] c1->SaveAs("file.png")
root [ ] c1->SaveAs("file.pdf")
root [ ] c1->SaveAs("file.C")



Funciones

- **Función:** Correspondencia que asocia a cada elemento de un primero conjunto uno y un solo elemento de un segundo conjunto. Es. una línea recta: $y = a\,x + b$
- Utilizando la **clase TF1** se pueden definir funciones 1D
- Las **clases TF2** y **TF3** permiten crear funciones 2D y 3D

- Función creada como ***value-type*** (instancia de un objeto)

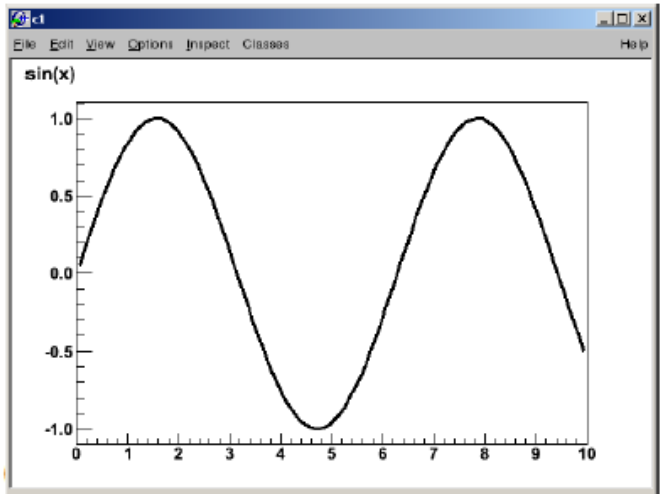
```
root [ ] TF1 f2("func", "cos(x)", 0, 10)
```

- Función creada como ***pointer*** (punta a la instancia del objeto)

```
root [ ] TF1* f1 = new TF1("func", "sin(x)", 0, 10)
```

- **"func" is a (unique) name**
- **"sin(x)" is the formula**
- **0, 10 is the x-range for the function**

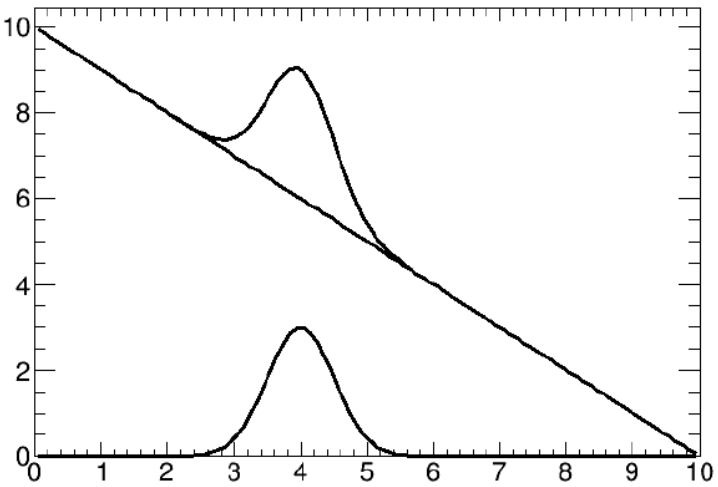
```
root [ ] f->Draw()
root [ ] f->SetLineColor(kRed)
```



Example credits: ROOT Tutorial, L. Fiorini, http://ific.uv.es/~fiorini/ROOTTutorial/root_tutorial.pdf

Funciones: ejemplos

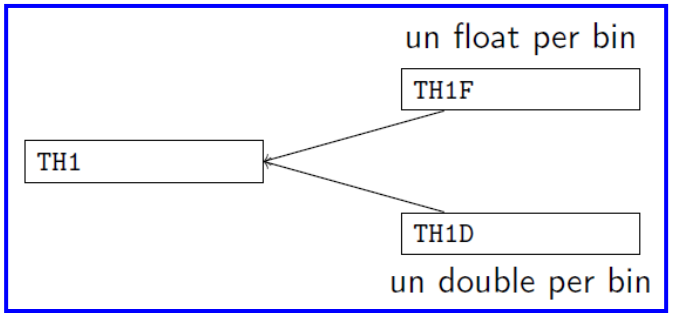
```
root [ ] TF1  *f1 = new TF1("f1","gaus    ",0,10)
root [ ] TF1  *f2 = new TF1("f2","10.-x",0,10)

root [ ] f2->Draw()
root [ ] f1->SetParameter(0,2)
root [ ] f1->SetParameter(1,4)
root [ ] f1->SetParameter(2,2.5)
root [ ] f1->Draw()
root [ ] TF1  *f3 = new TF1("f3","f1+f2",0,10)
root [ ] f3->Draw()
root [ ] f3->SetParameter(0,3)
root [ ] f3->SetParameter(2,0.5)
root [ ] f3->Draw()
root [ ] f2->Draw("same")
root [ ] f1->SetParameter(0,3)
root [ ] f1->SetParameter(2,0.5)
root [ ] f1->Draw("same")
```

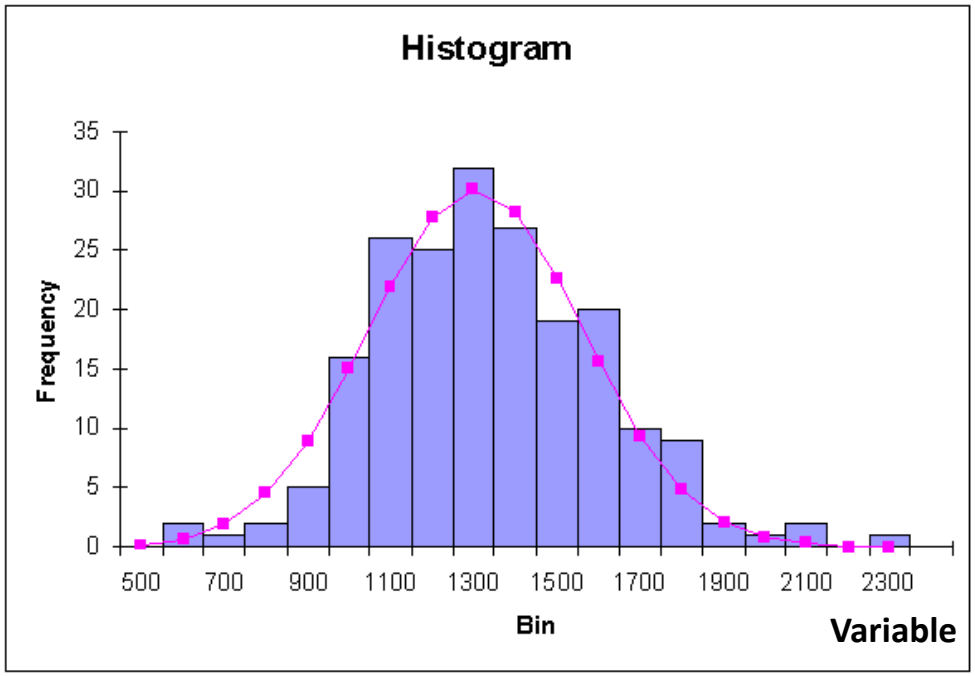


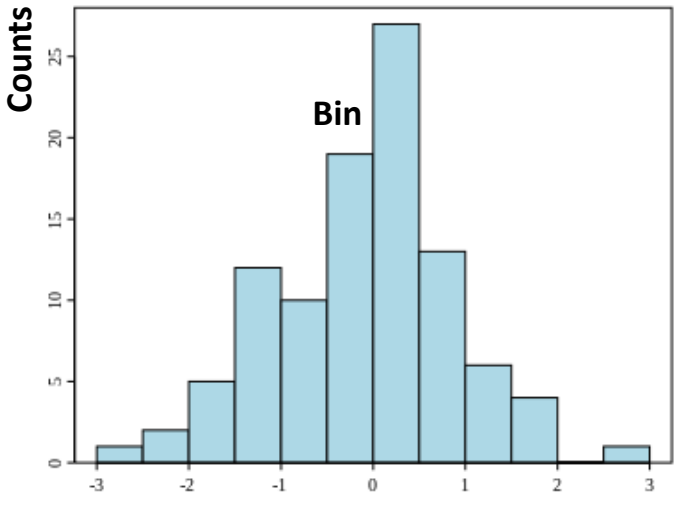
Example credits: ROOT Tutorial, L. Fiorini, http://ific.uv.es/~fiorini/ROOTTutorial/root_tutorial.pdf

Histogramas

- **Histograma:** Un histograma es un grafico que representa el numero de sucesos que pertenecen a una categoría (intervalo de una variable)
- Los intervalos en que se divide el eje de la variable se llaman **bines**
- Tener cuidado en la elección del numero de bines (**binning**) del histograma
- Las clases de histogramas en ROOT heredan desde la **clase TH1** y son de varios tipos, se utilizan más **TH1F** y **TH1D**
- Hay también histogramas en 2D y 3D







Histogramas

- Los histogramas son una de las clases de ROOT más importantes para los físicos

  - Histograma creado como ***value-type*** (instancia de un objeto)

```
root [ ] TH1F h2("hist2",“A new histogram",50,-25,25)
```

  - Histograma creado como ***pointer*** (punta a la instancia del objeto)

```
root [ ] TH1F *h = new TH1F("hist",“Histogram",10,0,10)
```

```
root [ ] h = new TH1F("hist", “histogram title”, 10, 0, 10)
```

- "hist" is a (unique) name
- “histogram title” is the title of the histogram
- 10 is the number of bins
- 0, 10 are the limits on the x axis.
  Thus the first bin is from 0 to 1,
  the second from 1 to 2, etc.

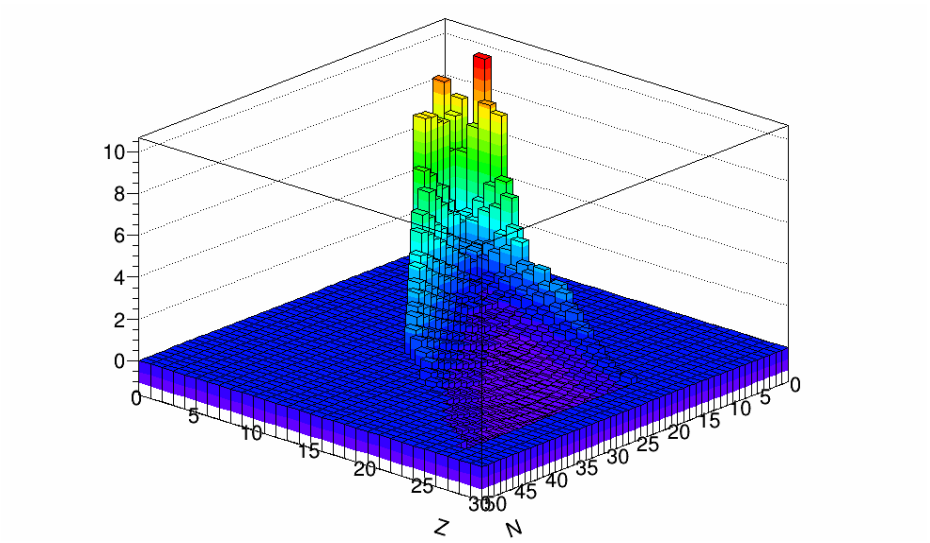
```
root [ ] h->Fill(3.5)
root [ ] h->Fill(5.5)
root [ ] h->Draw()
root [ ] h->Rebin(2)
```

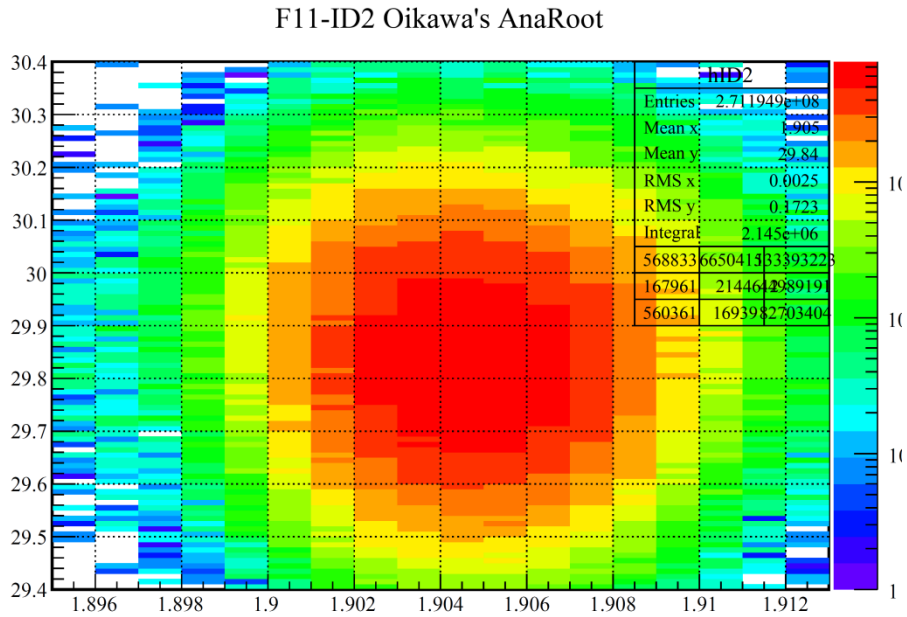
Example credits: ROOT Tutorial, L. Fiorini,
http://ific.uv.es/~fiorini/ROOTTutorial/root_tutorial.pdf

Histogramas 2D

- Se pueden definir histogramas en 2D utilizando las clases **TH2F** y **TH2D**

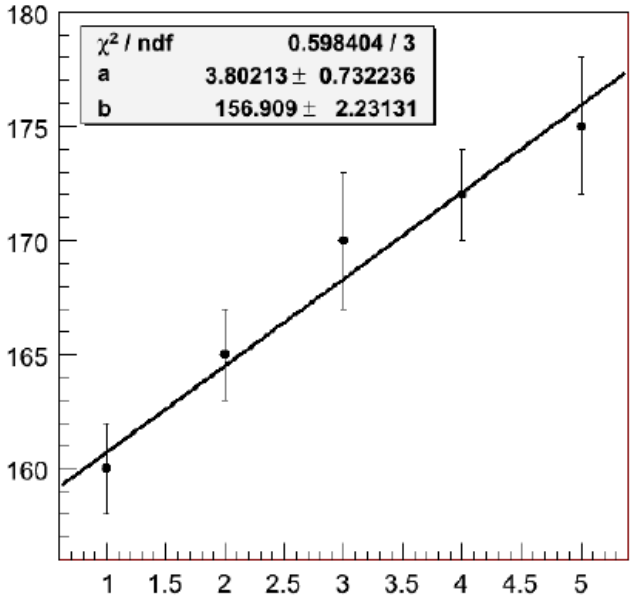
```
root [ ] TH2D h2d("h2d",“A 2-dimensional histogram",binX,x1,x2,binY,y1,y2)
root [ ] gStyle->SetPalette(1)
root [ ] h2d->Draw(“colz”)
root [ ] h2d->Draw(“lego”)

root [ ] TH2F *hID2 = new TH2F("hID2","F11-ID2 Oikawa's AnaRoot",800,1.8,2.6,4000,10,50)
root [ ] hID2->GetXaxis()->SetRangeUser(1.895,1.913)
root [ ] hID2->GetYaxis()->SetRangeUser(29.4,30.4)
```





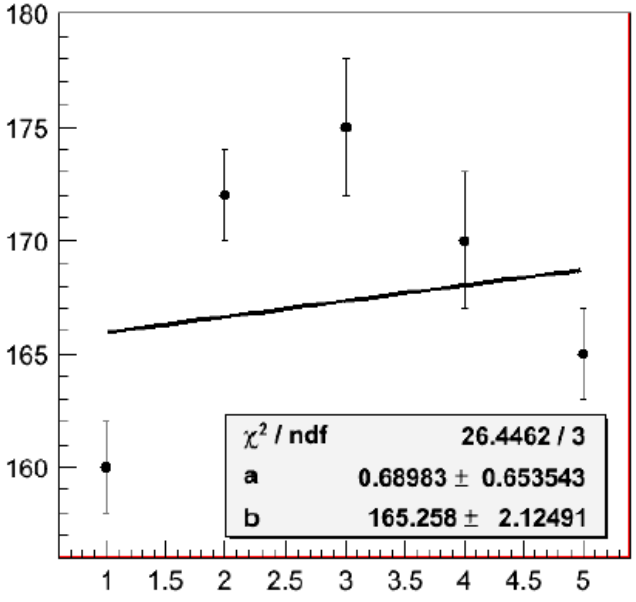
Fits

- **Fit:** Un fit (ajuste) es una procedimiento que permite de comparar un conjunto de datos con una función y determinar los parámetros que mejor se adaptan a los datos
- El valor de χ^2/ndf nos da una medida de la calidad del fit
- Numero de grados de libertad **ndf** = numero de los puntos meno el numero de parámetros de la función de fit



$$\chi^2 = \Sigma_i \frac{(y_i - f(x_i))^2}{(\Delta y_i)^2}$$

Picture credits: M. Floris



Fits de histogramas

Fit of a histogram

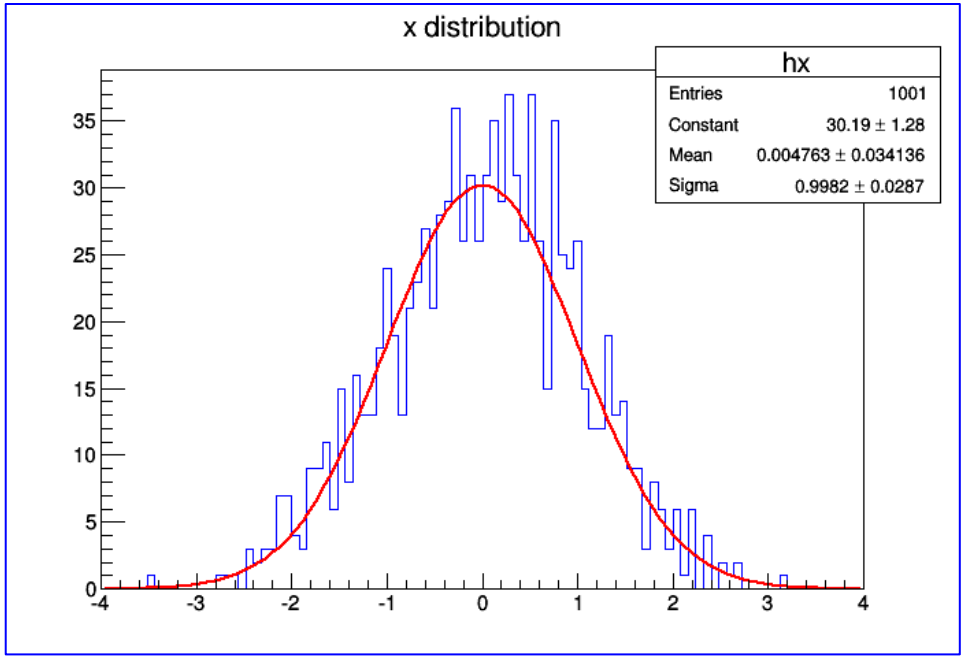
root [ ] TF1 *fitfunction = new TF1("fitfunction","gaus",x1,x2)

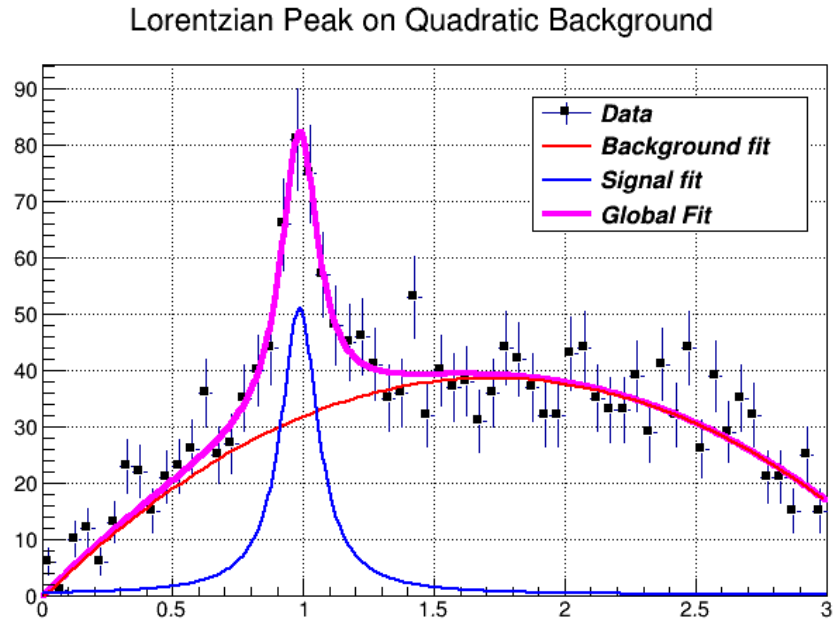
root [ ] h->Fit("fitfunction","R")

Getting χ^2 and ndf

root [ ] fitfunction->GetChisquare()

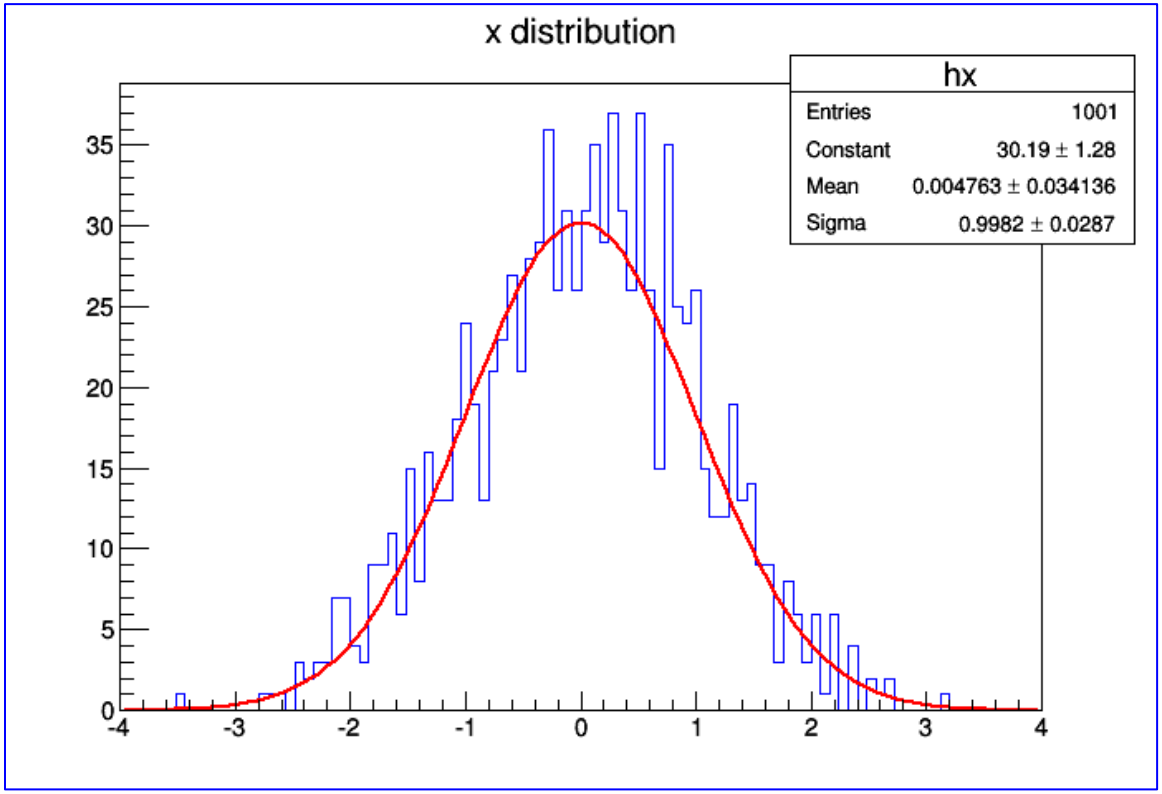
root [ ] fitfunction->GetNDF()

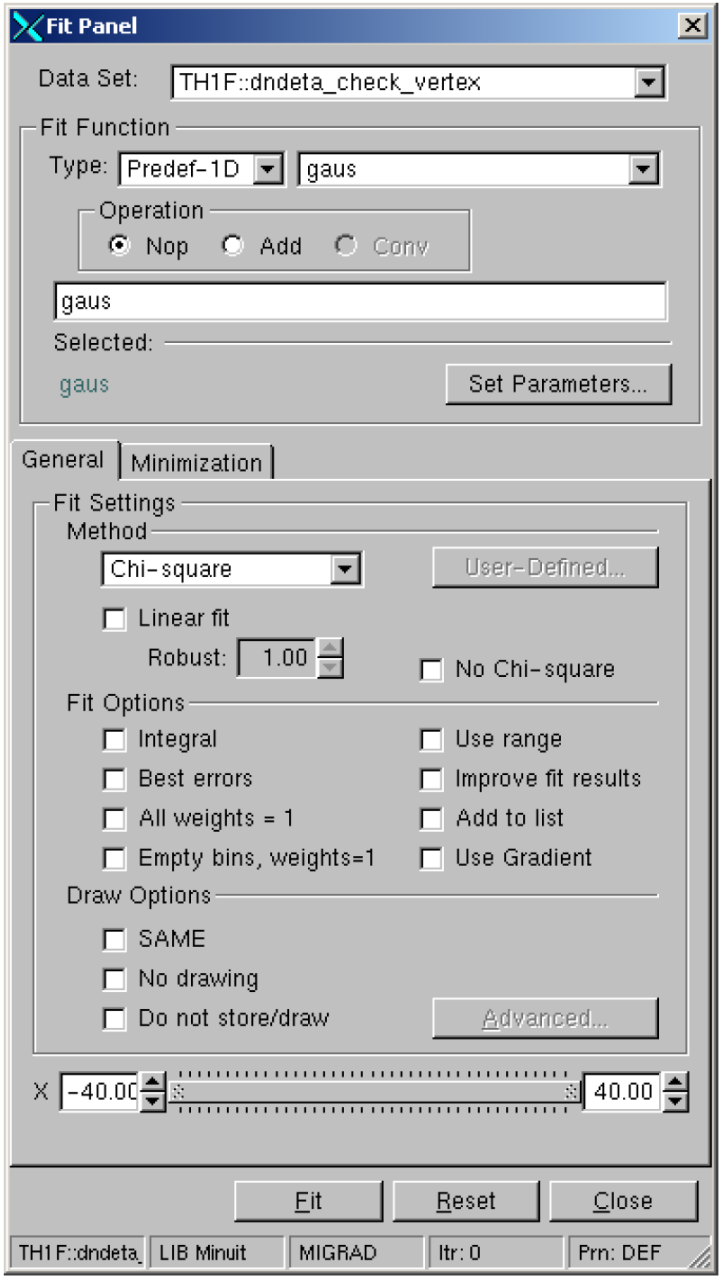




Fit Panel

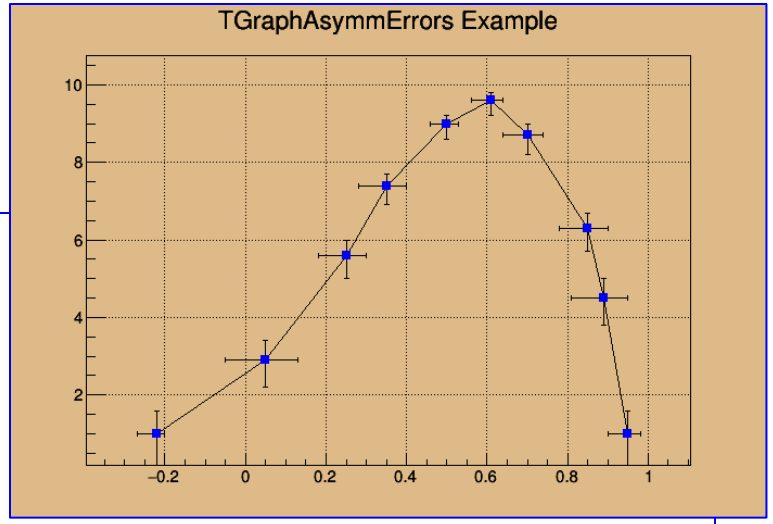
- Además de las líneas de comandos y macros, se puede utilizar el **FitPanel** en manera interactiva
- En ROOT se pueden utilizar funciones predefinidas y también definidas por el usuario





Graphs

- **Graph:** Un graph es un grafico donde se representan los valores de una variable en función de los valores de otra variable. Es. ***scatter plot*** **(x.y)**
- Se pueden crear graphs con o sin errores y también con errores asimétricos, utilizando las clases **TGraph**, **TGraphErrors** y **TGraphAsymmErrors**



TGraph(n,x,y)

root [ ] TGraph *graph = new TGraph()

root [ ] graph->SetPoint(i,x,y)

TGraphErrors(n,x,y,dx,dy)

root [ ] TGraphErrors *grapherr = new TGraphErrors()

root [ ] grapherr->SetPoint(i,x,y)

root [ ] grapherr->SetPointError(i,dx,dy)

TGraphAsymmErrors(n,x,y,dxL,dxR,dyL,dyH)

root [ ] TGraphAsymmErrors *graphaserr = new TGraphAsymmErrors()

root [ ] graphaserr->SetPoint(i,x,y)

root [ ] graphaserr->SetPointError(i,dxL,dxR,dyL,dyH)

Fits de graphs

Fit of a graph

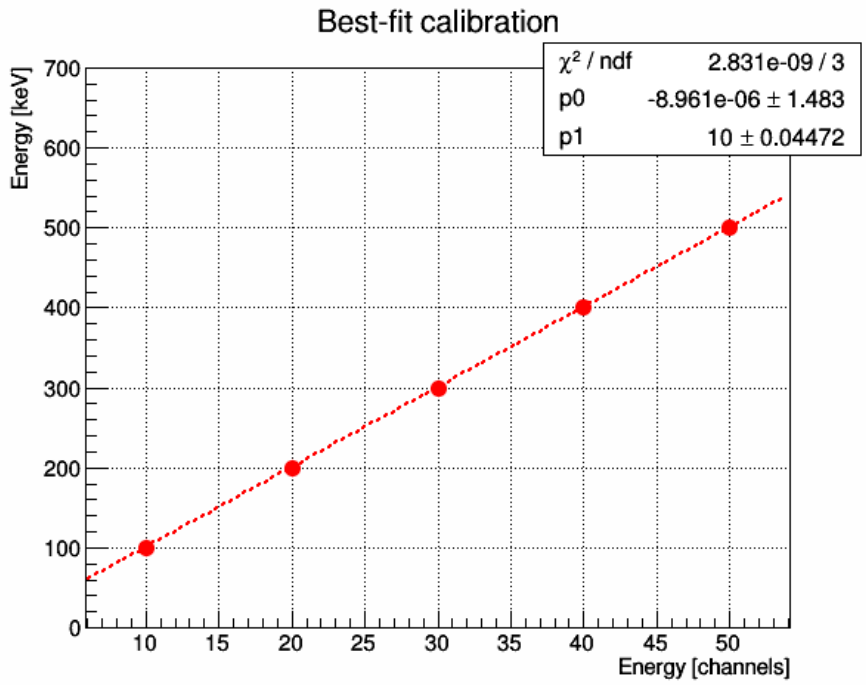
root [ ] TF1 *bestfit = new TF1("bestfit","pol1",x1,x2)

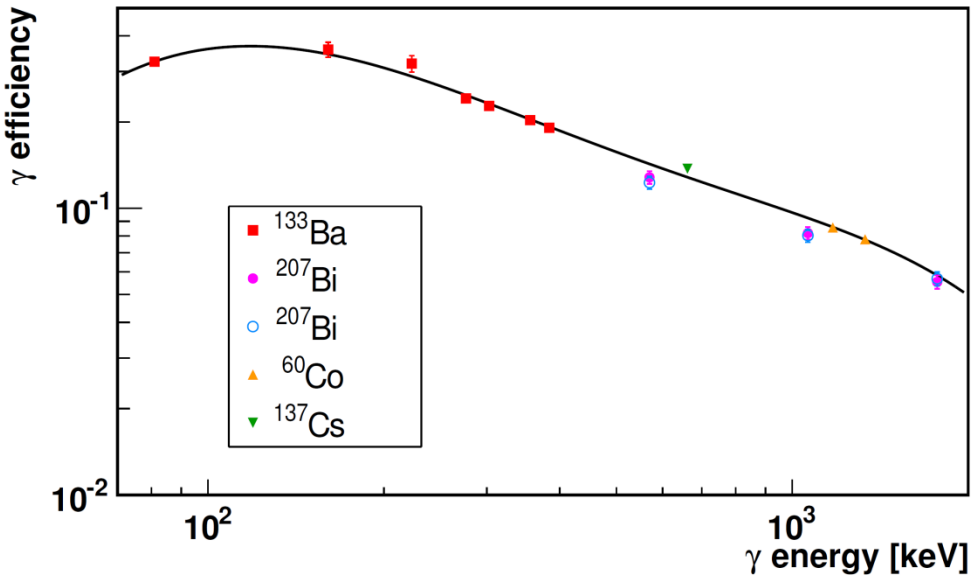
root [ ] GraphErrors->Fit("bestfit","R")

Getting χ^2 and ndf

root [ ] bestfit->GetChisquare()

root [ ] bestfit->GetNDF()





Trees: charla A. Tolosa

Más ejemplos en los ejercicios !!!