# clase8

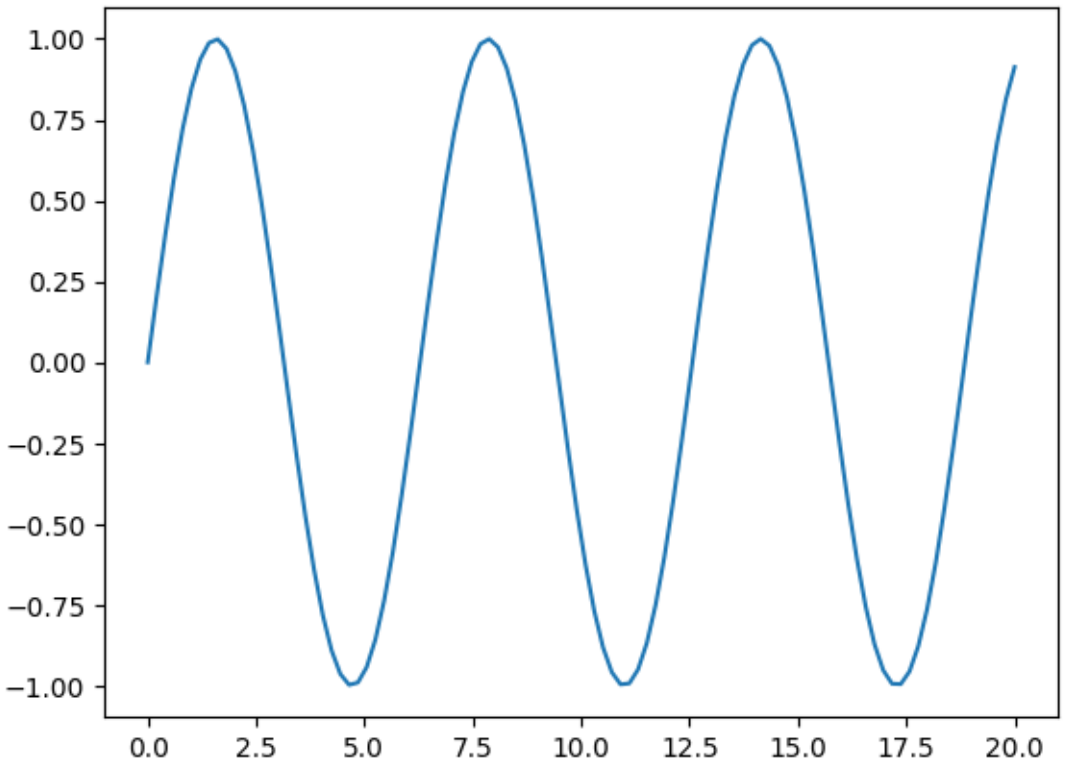
October 23, 2024

## 1 Gráficos con pyplot

Disclaimer: para mostrar el potencial de matplotlib vamos a utilizar herramientas y métodos que luego veremos mas en detalle durante otros modulos de la diplomatura (ej regresion, procesos gaussianos, funciones de scipy). Aqui solo se usan para explicar y justificar el uso de distintos tipos de graficos.

Comencemos con lo mas sencillo, usando `plt.plot` para graficar curvas o funciones 1d

[1]:
```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

x = np.linspace(0, 20, 100)
y = np.sin(x)
plt.plot(x, y);
```

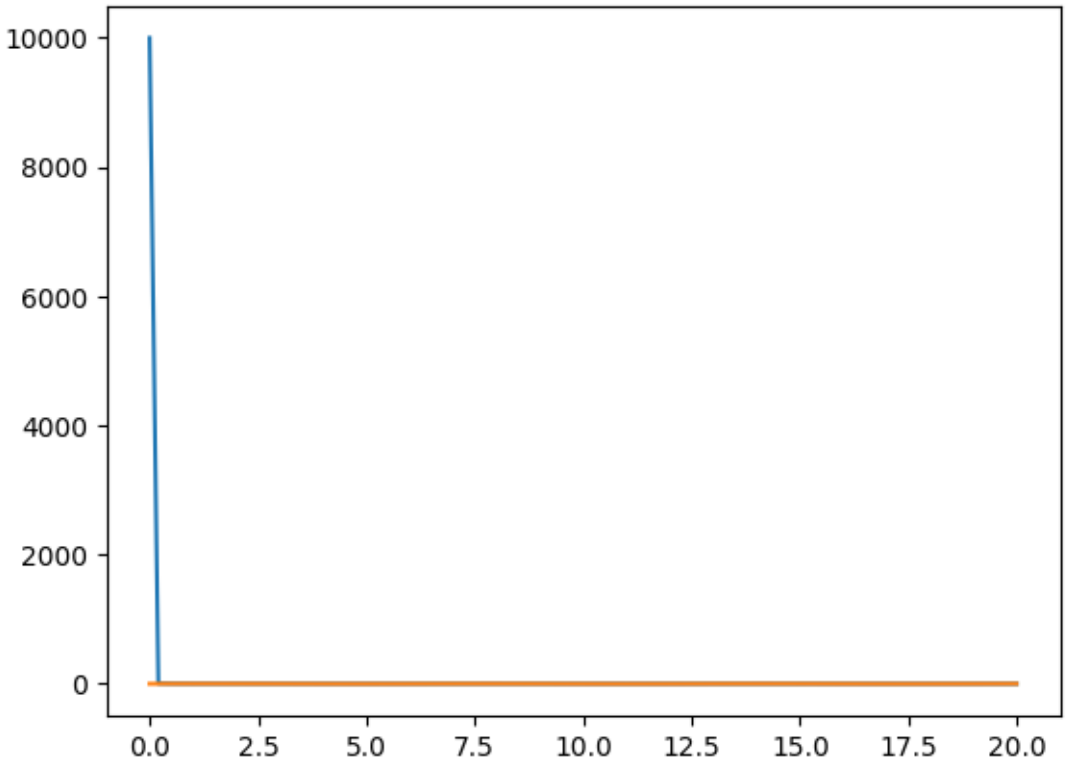


## 1.1 Multiples curvas en una misma figura

Solo tenemos que agregar `np.plot` por cada curva y van a graficarse inteligentemente (o no tanto) con los mismos ejes.

Toma el mayor de cada uno.

[2]:
```
x = np.linspace(0.0001, 20, 100)
y = 1/x
y2 = np.sin(x)
plt.plot(x, y);
plt.plot(x,y2);
```




## 1.2 Límite de los ejes

En el caso anterior el plot acomoda los ejes a los máximos.

Esto hace que perdamos perspectiva.

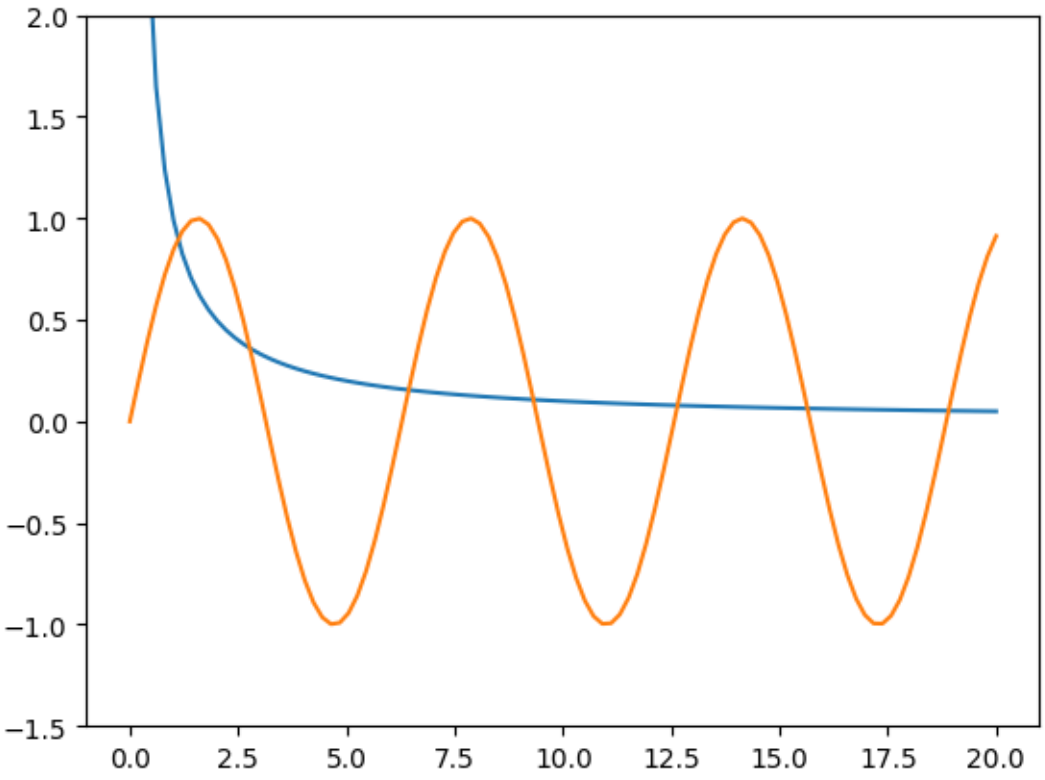
Definamos nosotros los límites de los ejes con:

`plt.axis([xmin, xmax, ymin, ymax])`

`plt.xlim(xmin,xmax)`

`plt.ylim(ymin,xmax)`

[3]:
```
plt.plot(x,y);
plt.plot(x,y2);
plt.ylim(-1.5,2);
```

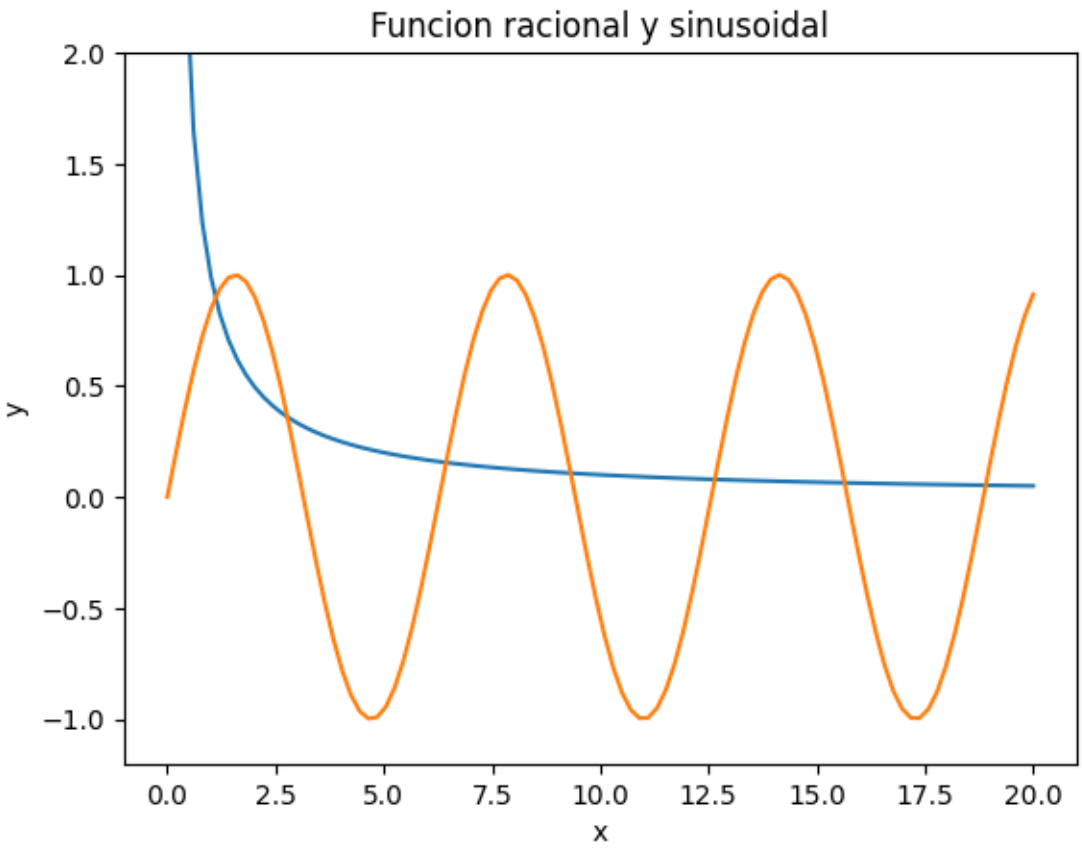



### 1.3 Textos en el gráfico

Puedo agregar título y textos en los ejes para definirlos

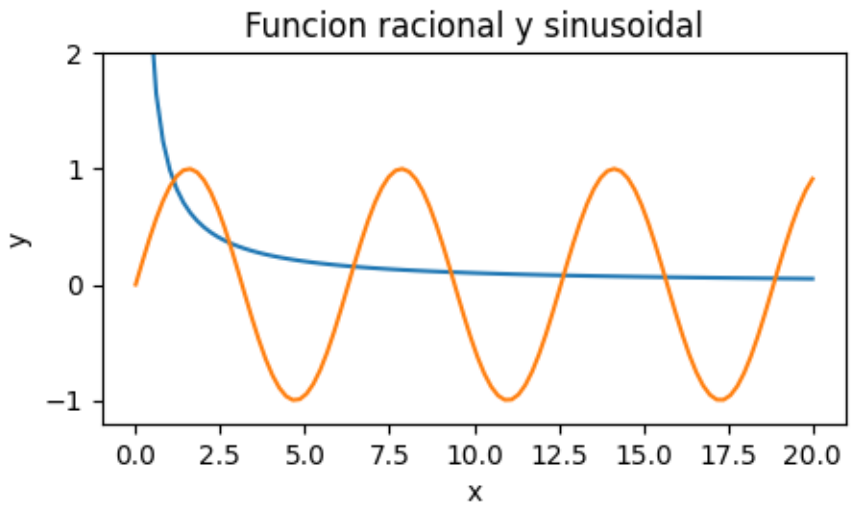
`xlabel('Eje x'), ylabel('Eje y'), title('Titulo')`

[4]:
```
plt.plot(x,y)
plt.plot(x,y2)
plt.ylim(-1.2,2)
plt.xlabel('x')
plt.ylabel('y')
plt.title('Funcion racional y sinusoidal');
```




### 1.4 Definiendo el tamaño de la figura

[5]:
```
fig=plt.figure(figsize=(5,2.5))
plt.plot(x,y)
plt.plot(x,y2)
plt.ylim(-1.2,2)
plt.xlabel('x')
plt.ylabel('y')
plt.title('Funcion racional y sinusoidal');
```




Por default el tama~no lo toma en pulgadas.

- Notar que estamos cambiando el aspect ratio
- El tamaño de las fuentes cambia con la definicion del tamaño.

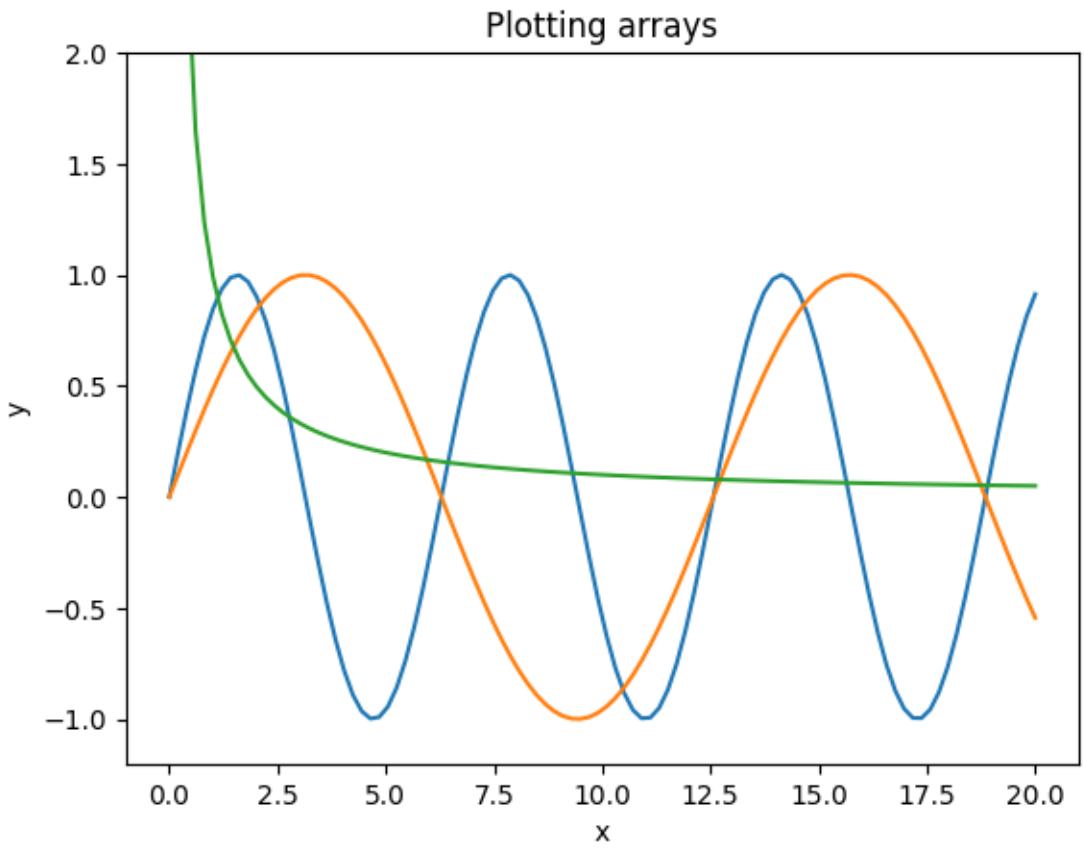
En general uno espera que las fuentes de las figuras sean de un tamaño similar (o *levemente* mas chico) a las del texto, con el `figsize` obtengo este efecto.

### 1.5 Multiples curvas a partir de un arreglo

Si tengo un array de shape `[n,m]` me va a graficar m curvas.

[6]:
```
x = np.linspace(0.0001, 20, 100)
y=np.array([np.sin(x),np.sin(x/2),1/x])
print(y.shape)
plt.plot(x,y.T) # grafico las tres curvas a la vez.
plt.ylim(-1.2,2)
plt.xlabel('x')
plt.ylabel('y')
plt.title('Plotting arrays');
```

```
(3, 100)
```




## 1.6 Colores y tipos de líneas

- Puedo definir en forma explicita el color `color='red'` o en forma resumida `color='r'`. Ej `plt.plot(x,y,color='r')`
- Puedo definir el tipo de linea con `linestyle='dashdot'` o con `linestyle='-.'`
- Puedo combinar a ambos Ej `plt.plot(x,y,'-.r')`
- Puedo graficar puntos solo en donde estan los datos (sin lineas). Ej. `plt.plot(x,y,'o')`

### 1.6.1 Para definir colores hay varios protocolos

1. Color resumido: rgbcmyk `color='k'`
2. Escala de grises: [0,1] `color='0.5'`
3. Código Hexadecimal RGB: `#RRGGBB`, 00 to FF `color='#FFDD44'`
4. Tupla RGB: `color=(1.0,0.2,0.3)`
5. Colores del default C0-C9 `color='C0'`

### 1.6.2 Tipos de líneas

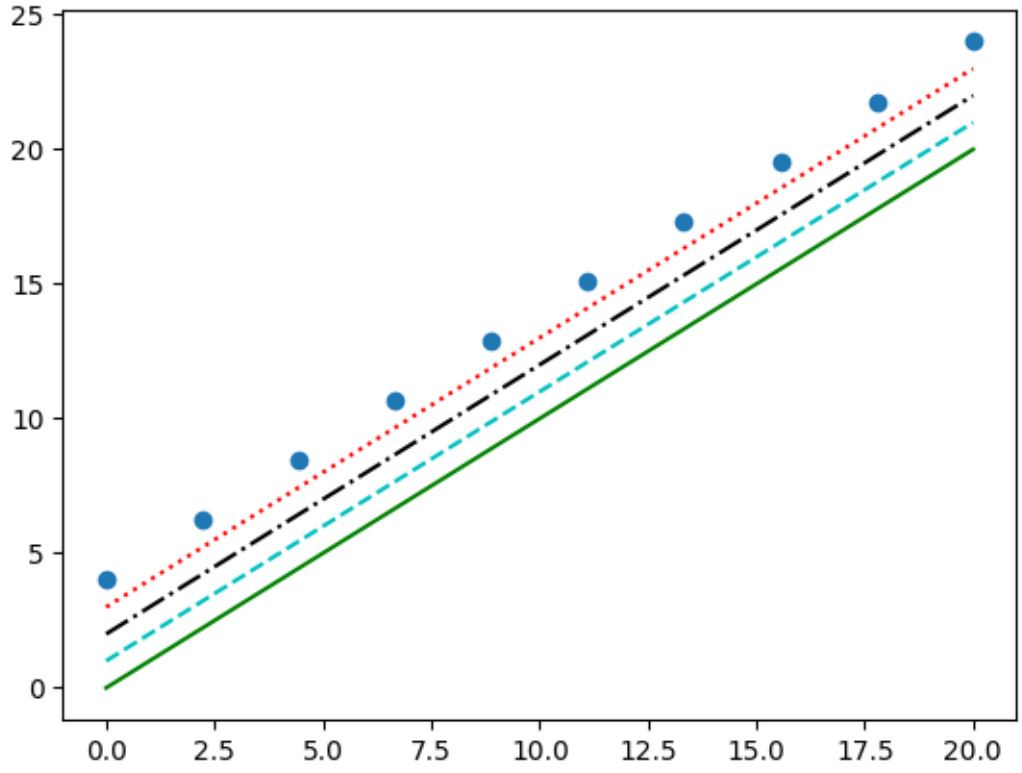
Las opciones existentes son:

- ‘solid’, ‘dashed’, ‘dashdot’, ‘dotted’
- ‘-’, ‘–’, ‘-.’, ‘:’

### 1.6.3 Gráfico puntos sin interpolar

Algunas opciones posibles: ‘o’ ‘.’ ‘x’ ‘+’ ‘s’ ’*’

[7]:
```
# Graficando curvas con colores y estilos explicitos
xlow=np.linspace(0.0001, 20, 10)
plt.plot(x, x, '-g')
plt.plot(x, x + 1, '--c')
plt.plot(x, x + 2, linestyle='-.',color='k')
plt.plot(x, x + 3, ':r')
plt.plot(xlow, xlow + 4, 'o');
```



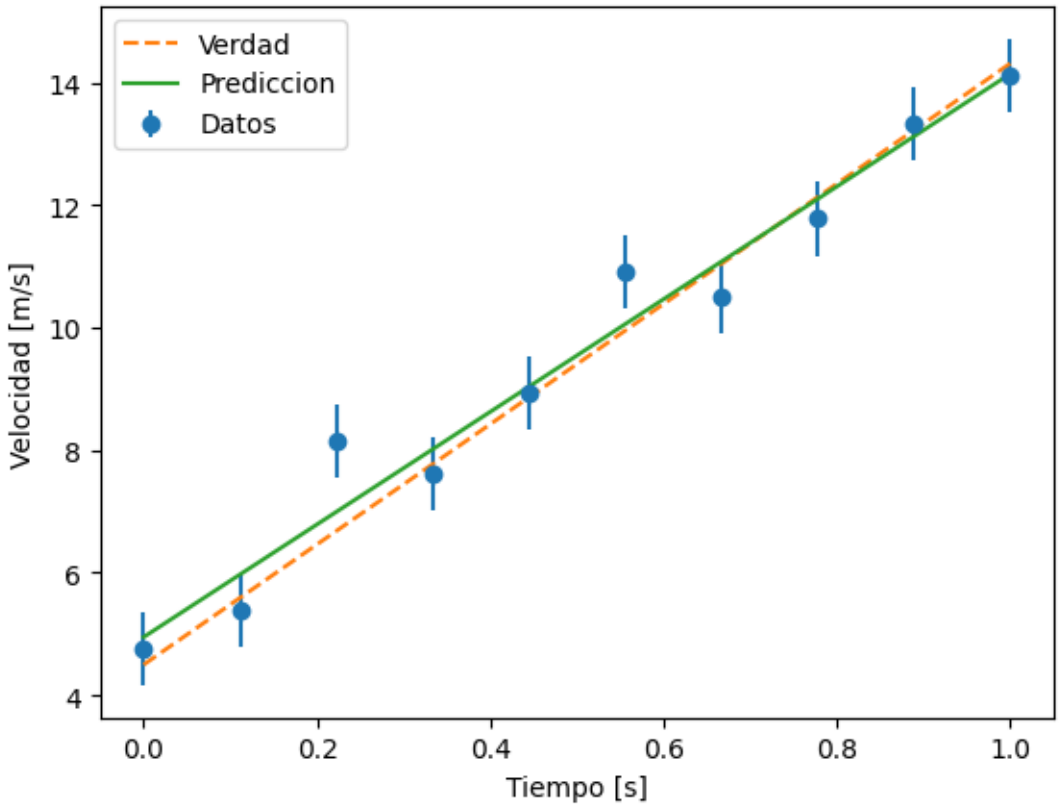

## 1.7 Regresión

Supongamos que tenemos datos de la velocidad de caida de un objeto t,v y queremos obtener la curva que ajusta a estos datos a traves de regresion lineal. Vamos a usar `np.polyfit` de numpy. La salida corresponde a los coeficientes del polinomio ajustado del grado mas alto al de menor.

[8]:
```
np.random.seed(5)
N=10  # nro de puntos
```

```
t=np.linspace(0,1,N)
vtrue=4.5+9.81*t
err=0.6
v=vtrue + err*np.random.normal(0,1,N) # mediciones/datos sinteticos
# uso regresion lineal para calcular la curva
greg,v0reg=np.polyfit(t, v, 1)
print('Estimacion de la gravedad: ',greg)
vpred = v0reg + greg * t
# grafico
plt.errorbar(t,v,yerr=err,fmt='o',label='Datos') # datos observacionales los
 ↪ponemos con puntos
plt.plot(t,vtrue,'--',label='Verdad')
plt.plot(t,vpred,label='Prediccion')
plt.ylabel('Velocidad [m/s]')
plt.xlabel('Tiempo [s]')
plt.legend();
```

```
Estimacion de la gravedad:  9.190762293834714
```




**Barras de error:** Para representar las observaciones con sus respectivos errores estamos usando: `plt.errorbar` `yerr` es el error en y, podríamos tambien colocar `xerr` si fuera el caso, `fmt` es el tipo de punto que queremos.

**Leyenda:** En cada una de las curvas que se plotea se agrega un argumento `label` que describe a la curva. Al final después de plotearlas se agrega `plt.legend()` El matplotlib se encarga de recolectar todos los labels que pusimos y ponerlos. Si no elegimos el lugar donde va la leyenda lo tratara de poner por default en el mejor lugar. De lo contrario podemos seleccionar donde lo queremos.

### 1.7.1 Ejercicio

Como cambia la estimacion y la curva de prediccion si: - si aumenta la cantidad de datos de 10 a 50 puntos. - Tambien analice el caso de 10 datos pero con desviaciones estandards de 0.2, 0.6, 1.0 - como representa y que impacto tiene si el reloj para medir el tiempo tiene un error de 0.1 segundos.

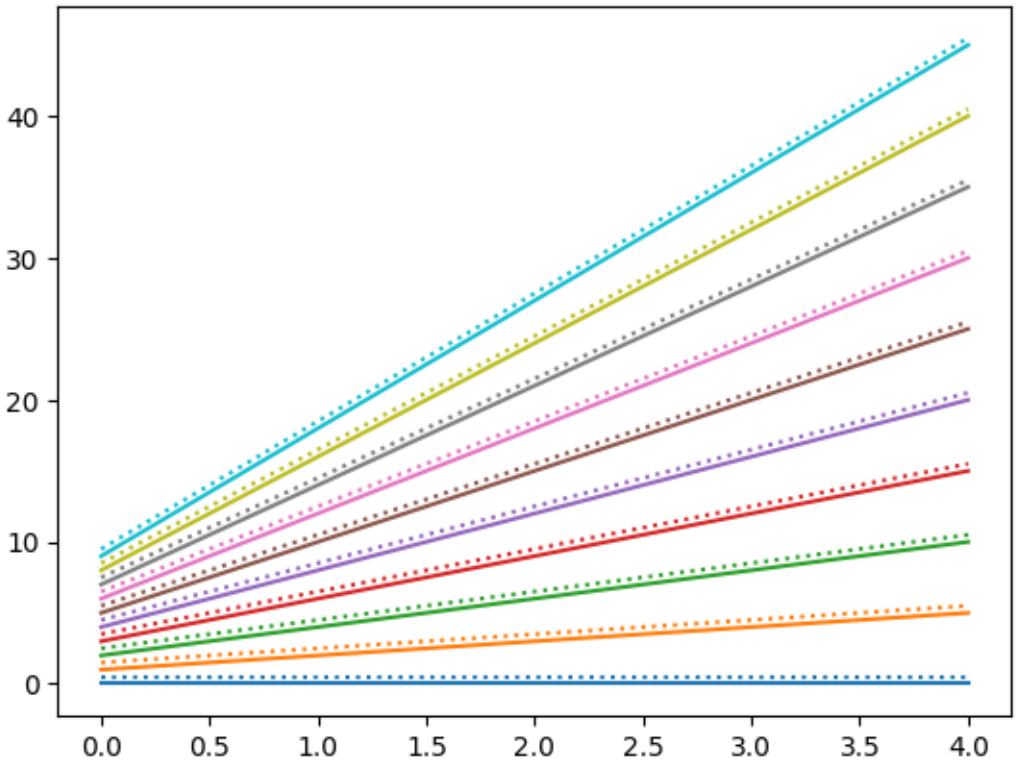
## 1.8 Graficando varias curvas con el mismo color

Como los colores por default se van ciclando no es posible repetir el color a menos que lo hagamos por la fuerza.

Supongamos que queremos dos curvas con el mismo color (E.g. target y la inferida por un modelo).

- En este caso tengo que especificar el color explicitamente.
- Los colores seleccionados por default en el matplotlib se pueden acceder con "C$N$" donde $N$ es el nro de color entre 0 y 9.
- Los colores por default son 10 y luego se vuelven a repetir.

[9]:
```
fig = plt.figure()
ax = fig.add_subplot(111)

t = np.arange(5)

for i in range(10):
    ax.plot(t,i*(t+1))
    ax.plot(t,i*(t+1)+.5,color=f"C{i}", linestyle = ':')
```




### 1.9 Múltiples paneles en una figura

`subplot(filas, columnas, nro_de_panel)`

El nro_de_panel empieza en 1, y sigue la numeración en orden de lectura (izq a der de arriba a abajo).

Caso usando formato clásico de Matlab

```
plt.subplot(2, 2, 1)
plt.plot(x, np.sin(x))
plt.subplot(2, 2, 2)
plt.plot(x, np.cos(x))
plt.subplot(2, 2, 3)
plt.plot(x, x**2-x)
plt.subplot(2, 2, 4)
plt.plot(x, x**3)
```

Orientado a objetos:

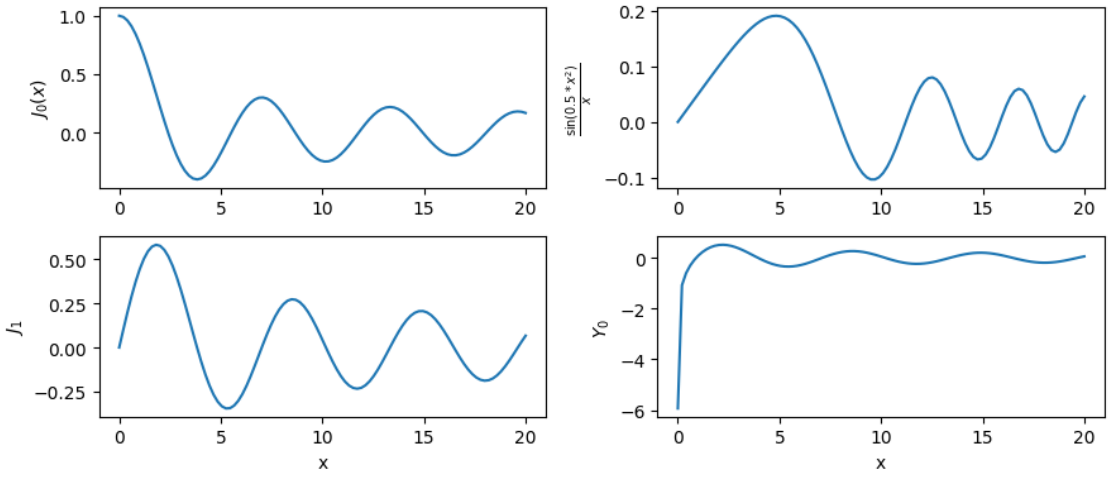
```
fig = plt.figure(figsize=(9,3))
ax = fig.add_subplot(1,2,1)
ax.plot(x, np.sin(x))
ax = fig.add_subplot(1,2,2)
ax.plot(x, np.cos(x))
```

Mas compacto: (elegido)

```
fig, ax = plt.subplots(1,2,figsize=(9,3))
ax[0].plot(x, np.sin(x))
ax[1].plot(x, np.cos(x));
```

## 1.10 Ejemplo de multiples paneles

[10]:
```
import scipy

fn1=scipy.special.j0 # funcion de Bessel 1ra de orden 0
fn2= lambda x : np.sin(0.05*x**2)/x
xlow=np.linspace(0.0001, 20, 30)
fn3=scipy.special.j1#itj0y0
fn4=scipy.special.y0
# Grafico
fig, ax = plt.subplots(2,2,figsize=(9,4))
ax[0,0].plot(x, fn1(x) )
ax[0,0].set(ylabel=r'$J_0(x)$')
ax[0,1].plot(x, fn2(x) )
ax[0,1].set(ylabel=r'$\frac{\sin(0.5*x^2)}{x}$')
ax[1,0].plot(x, fn3(x) )
ax[1,0].set(ylabel=r'$J_1$',xlabel='x')
ax[1,1].plot(x, fn4(x) )
ax[1,1].set(ylabel=r'$Y_0$',xlabel='x')
fig.tight_layout()
```




### 1.10.1 Hay varios aspectos que se introducen en el ejemplo.

(a) Tengo un par de funciones que varian su amplitud y frecuencia.

- Una es una funcion especial de Bessel 1ra de orden 0 que aparece en optica y en fluidos. La tomo de scipy: `scipy.special.j0`
- La otra es una funcion lambda definida por nosotros.

(b) Las otras son la Bese 1ra especie de orden 1 y la de segunda.

(c) En los labels de los plots usamos latex (cadena con un r y los signos pesos $) que nos permite expresar integrales, subíndices, letras griegas, etc.

(d) El `fig.tight_layout()` me acomoda los paneles para que no se superpongan considerando las captions, titulos, etc.

### 1.10.2 Forma orientada a objetos

Instancio los objetos generando la imagen y los ejes: `fig, ax = plt.subplots(2,2,figsize=(9,4))`

Luego grafico con metodos del objeto: `ax[0,0].plot( x, fn1(x) )`

Una de las cuestiones a tener en cuenta que cambian los comandos para los ajustes del plot

- plt.xlabel -> ax.set_xlabel
- plt.ylabel -> ax.set_ylabel
- plt.xlim -> ax.set_xlim
- plt.ylim -> ax.set_ylim
- plt.title -> ax.set_title

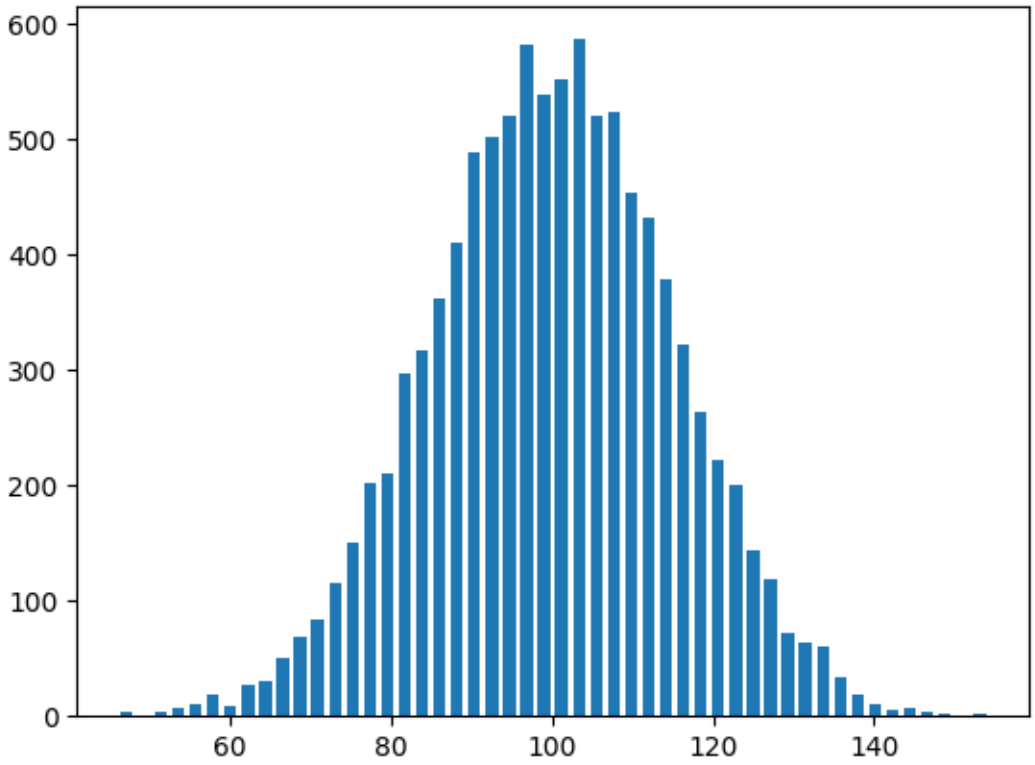
Podemos usar una forma mas compacta:

```
ax.set(xlim=(0, 10), ylim=(-2, 2), xlabel='x', ylabel='sin(x)',title='A Simple Plot')
```

## 1.11 Graficos de barras

Para los graficos de barras usamos `plt.bar(x,resultado)` o con objetos `ax.bar(x,resultado)`

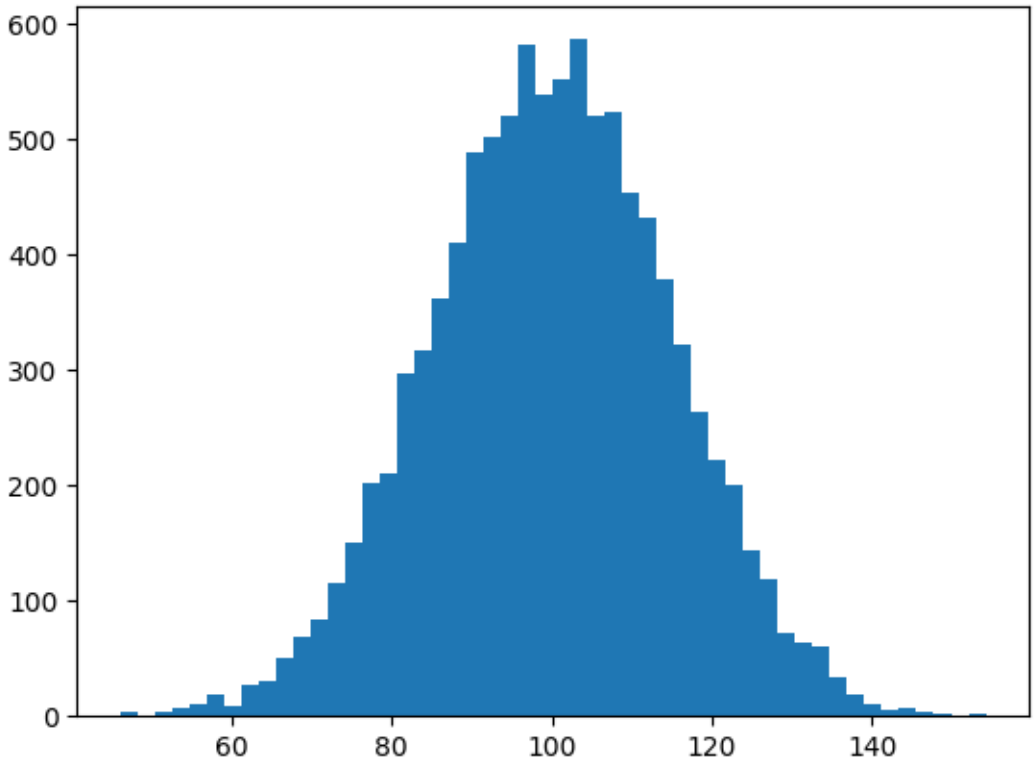
[11]:
```
mu, sigma = 100, 15
x = mu + sigma * np.random.randn(10000)
hist, bins = np.histogram(x, bins=50) # cuenta numero de muestras en el rango/
 ↪bin correspondiente
width = 0.7 * (bins[1] - bins[0]) # para que no rellene todo
center = (bins[:-1] + bins[1:]) / 2
plt.bar(center, hist, align='center', width=width);
```




El conteo que termina apareciendo en las barras la hace una función de numpy `histogram`.

También el matplotlib tiene una forma de graficar histogramas directamente `plt.hist`

[12]:
```
plt.hist(x, bins=50);
```




Con el argumento `rwidth=0.8` en el `plt.hist` se puede dar el mismo 'look' de la figura anterior.

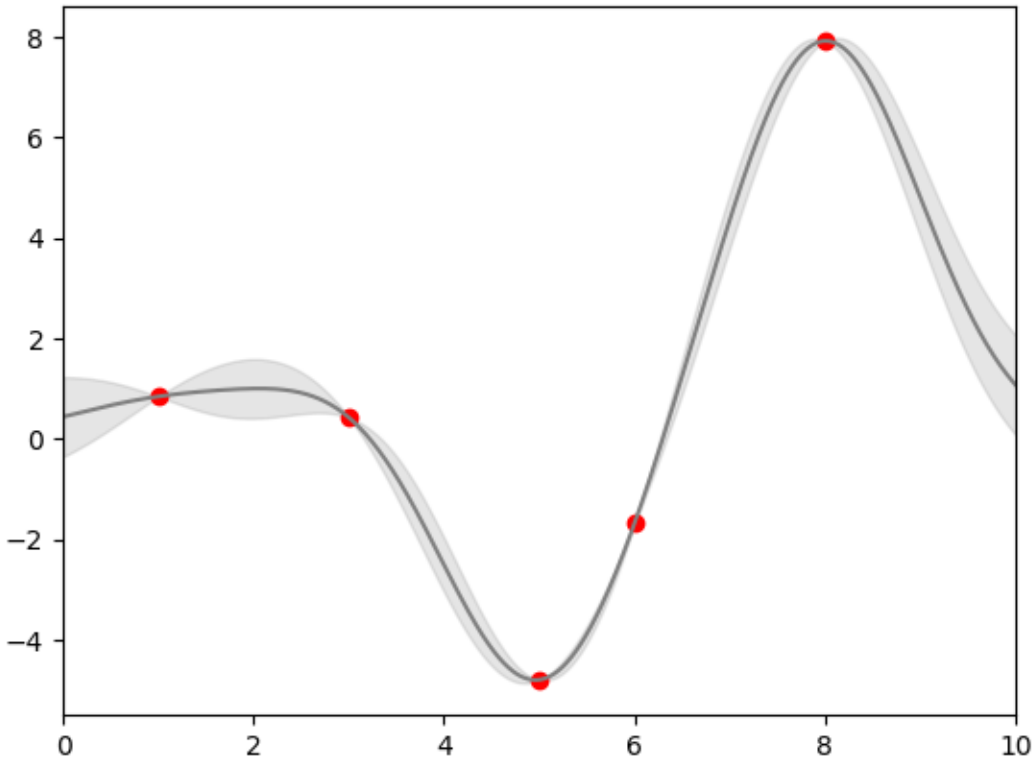
### 1.12 Dispersión o spread de una función

Queremos determinar el error en la inferencia cuando queremos hacer una regresión entre dos variables basada en algunos puntos y la hipótesis de continuidad.

Para esto usamos procesos Gaussianos.

[13]:
```
from sklearn.gaussian_process import GaussianProcessRegressor
# define the model and draw some data
model = lambda x: x * np.sin(x)
xdata = np.array([1, 3, 5, 6, 8])
ydata = model(xdata)
# Compute the Gaussian process fit
gp = GaussianProcessRegressor()
gp.fit(xdata[:, np.newaxis], ydata)
xfit = np.linspace(0, 10, 1000)
yfit, dyfit = gp.predict(xfit[:, np.newaxis], return_std=True)
plt.plot(xdata, ydata, 'or')
plt.plot(xfit, yfit, '-', color='gray')
plt.fill_between(xfit, yfit - dyfit, yfit + dyfit,
color='gray', alpha=0.2)
```

```
plt.xlim(0, 10);
```



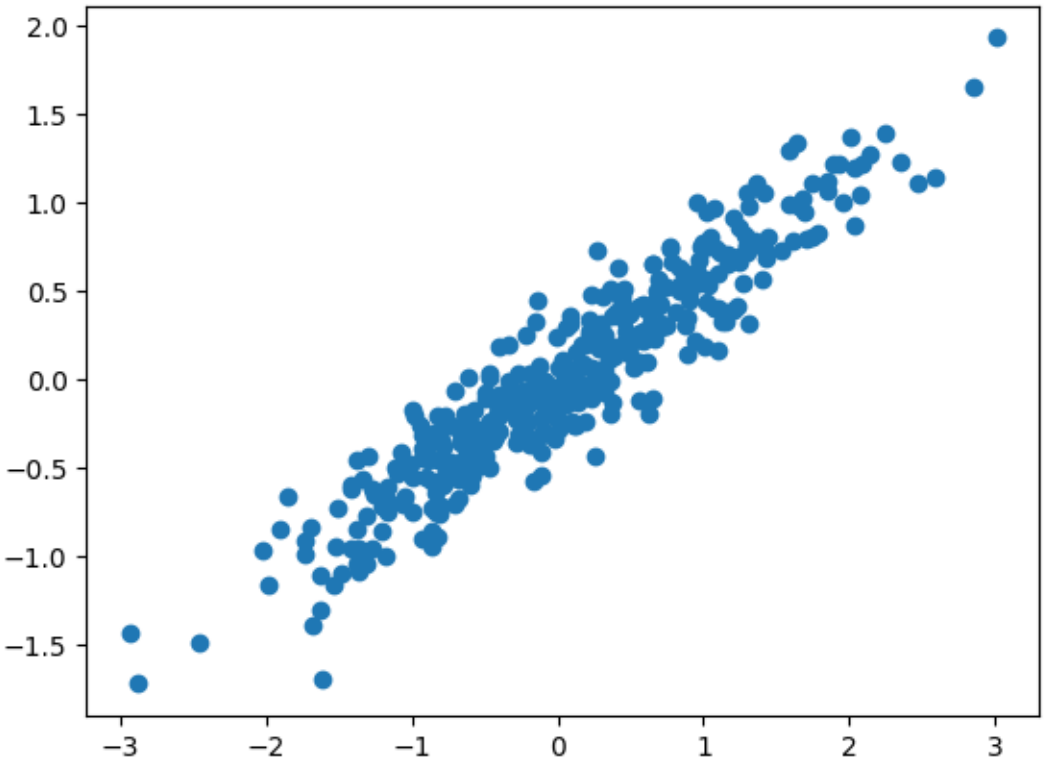

Para el estudiante que este motivado y tenga ganas de ver un poquito mas de procesos gaussianos:

Comparacion de Proceso Gaussiano con kernel ridge

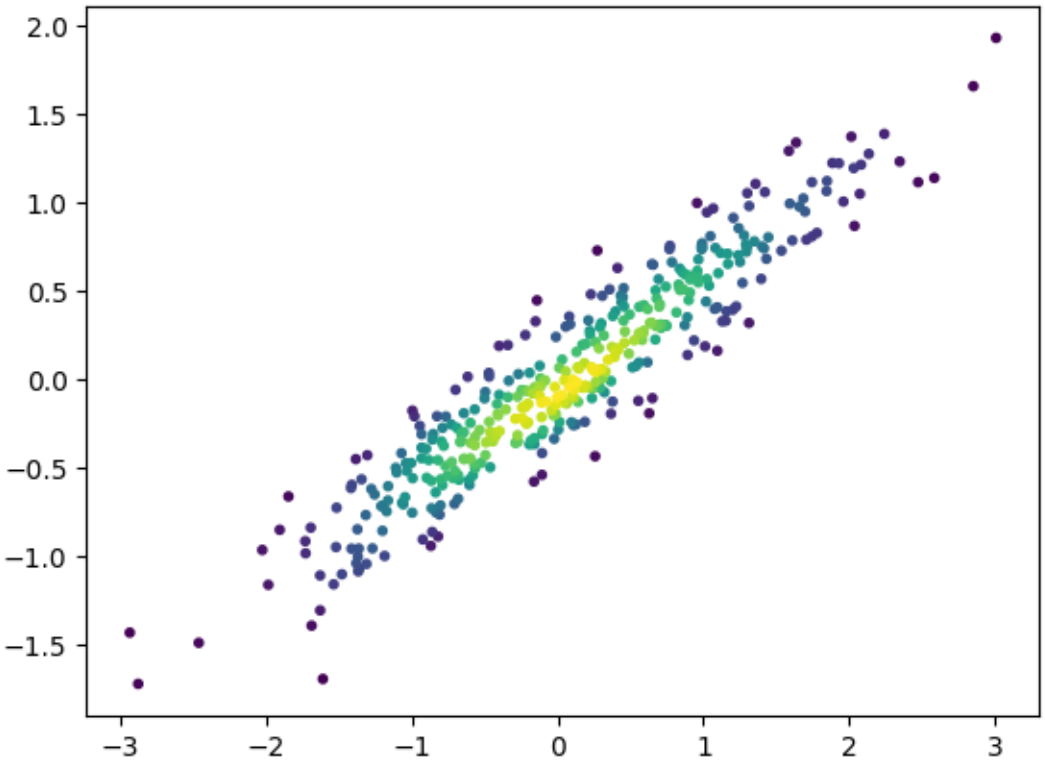
### 1.13 Scatterplot

Supongamos que tengo un conjunto grandes de puntos que nos relacionan dos variables.

[14]:
```
N=400
x=np.random.randn(N)
y=0.6*x+0.2*np.random.randn(N)

fig,ax = plt.subplots()
ax.scatter(x,y);
```




[15]:
```
from scipy.stats import gaussian_kde
xy = np.vstack([x,y])
z = gaussian_kde(xy)(xy) # quiero poner con  color  en los puntos
# ordeno para que grafique a lo ultimo los puntos de mas frecuencia
idx = z.argsort() # los ultimos los de mayor z
x, y, z = x[idx], y[idx], z[idx]
# Scatterplot grafica los puntos y agregar color por la frec
fig,ax = plt.subplots()#1,2,figsize=(7,4))
ax.scatter(x,y,c=z,marker='.' );
```




La estimacion de densidad de probabilidad por nucleos (kernel density estimation/KDE) es un metodo que permite a partir de una muestra obtener una densidad de probabilidad suave. Es una alternativa al histograma que utiliza bins (y es discontinua).

Por cada muestra propone una funcion nucleo esto la hace suave pero a la vez es muy demandante computacionalmente (cara).

### 1.14 Graficación de imágenes

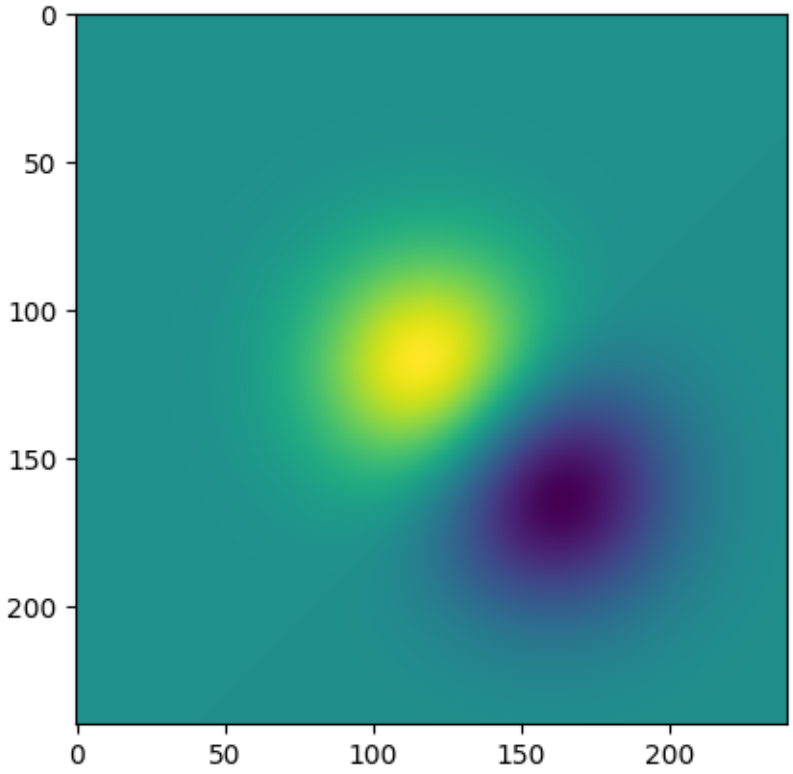
Si lo que queremos graficar es una "imagen" o gráfico de funcion escalar en 2d se utilizan los comandos: `plt.imshow(data)`, `plt.pcolormesh()`, `plt.contour()`, `plt.contourf()`.

Comencemos por el primero `plt.imshow`:

- Puedo poner donde se encuentra el origen de los datos: `plt.imshow(data, origin="lower")`
- En general esto va a genera un mapa de calor. Si quiero cambiar a escalas de grises `plt.gray()`
- Si quiero cambiar los limites de/recortar/ la imagen `plt.imshow(data,extend=[0,10,0,5])`
- Si queremos cambiar el aspect ratio (la razón de longitud entre x e y) `plt.imshow(data,aspect=2)`

[16]:
```
delta = 0.025
x = y = np.arange(-3.0, 3.0, delta)
X, Y = np.meshgrid(x, y) # genero una grilla de puntos
Z1 = np.exp(-X**2 - Y**2)
```

```
Z2 = np.exp(-(X - 1)**2 - (Y - 1)**2)
Z = (Z1 - Z2) * 2

fig, ax = plt.subplots()
im = ax.imshow(Z)
```




Personalizando la imagen:

- Puedo cambiar el origen (por default lo toma arriba a la izquierda).
- Mapa de colores.
- Puedo poner los ejes con extend pero ojo es el rango que defino.

[17]:
```
from matplotlib import colormaps
list(colormaps)
```

[17]:
```
['magma',
 'inferno',
 'plasma',
 'viridis',
 'cividis',
 'twilight',
 'twilight_shifted',
```

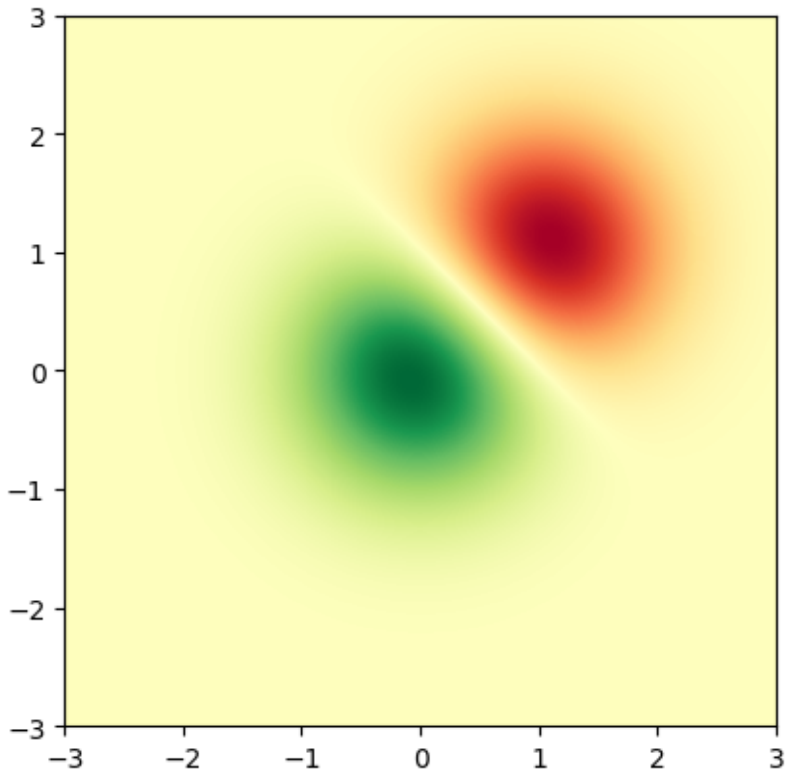
```
'turbo',
'Blues',
'BrBG',
'BuGn',
'BuPu',
'CMRmap',
'GnBu',
'Greens',
'Greys',
'OrRd',
'Oranges',
'PRGn',
'PiYG',
'PuBu',
'PuBuGn',
'PuOr',
'PuRd',
'Purples',
'RdBu',
'RdGy',
'RdPu',
'RdYlBu',
'RdYlGn',
'Reds',
'Spectral',
'Wistia',
'YlGn',
'YlGnBu',
'YlOrBr',
'YlOrRd',
'afmhot',
'autumn',
'binary',
'bone',
'brg',
'bwr',
'cool',
'coolwarm',
'copper',
'cubehelix',
'flag',
'gist_earth',
'gist_gray',
'gist_heat',
'gist_ncar',
'gist_rainbow',
'gist_stern',
```

```
'gist_yarg',
'gnuplot',
'gnuplot2',
'gray',
'hot',
'hsv',
'jet',
'nipy_spectral',
'ocean',
'pink',
'prism',
'rainbow',
'seismic',
'spring',
'summer',
'terrain',
'winter',
'Accent',
'Dark2',
'Paired',
'Pastel1',
'Pastel2',
'Set1',
'Set2',
'Set3',
'tab10',
'tab20',
'tab20b',
'tab20c',
'magma_r',
'inferno_r',
'plasma_r',
'viridis_r',
'cividis_r',
'twilight_r',
'twilight_shifted_r',
'turbo_r',
'Blues_r',
'BrBG_r',
'BuGn_r',
'BuPu_r',
'CMRmap_r',
'GnBu_r',
'Greens_r',
'Greys_r',
'OrRd_r',
'Oranges_r',
```

```
'PRGn_r',
'PiYG_r',
'PuBu_r',
'PuBuGn_r',
'PuOr_r',
'PuRd_r',
'Purples_r',
'RdBu_r',
'RdGy_r',
'RdPu_r',
'RdYlBu_r',
'RdYlGn_r',
'Reds_r',
'Spectral_r',
'Wistia_r',
'YlGn_r',
'YlGnBu_r',
'YlOrBr_r',
'YlOrRd_r',
'afmhot_r',
'autumn_r',
'binary_r',
'bone_r',
'brg_r',
'bwr_r',
'cool_r',
'coolwarm_r',
'copper_r',
'cubehelix_r',
'flag_r',
'gist_earth_r',
'gist_gray_r',
'gist_heat_r',
'gist_ncar_r',
'gist_rainbow_r',
'gist_stern_r',
'gist_yarg_r',
'gnuplot_r',
'gnuplot2_r',
'gray_r',
'hot_r',
'hsv_r',
'jet_r',
'nipy_spectral_r',
'ocean_r',
'pink_r',
'prism_r',
```

```
 'rainbow_r',
 'seismic_r',
 'spring_r',
 'summer_r',
 'terrain_r',
 'winter_r',
 'Accent_r',
 'Dark2_r',
 'Paired_r',
 'Pastel1_r',
 'Pastel2_r',
 'Set1_r',
 'Set2_r',
 'Set3_r',
 'tab10_r',
 'tab20_r',
 'tab20b_r',
 'tab20c_r']
```

[18]:
```
import matplotlib.cm as cm
fig, ax = plt.subplots()
im = ax.imshow(Z,
       interpolation='bilinear',
       cmap=cm.RdYlGn,origin='lower',
       extent=[-3,3,-3,3],
       vmax=abs(Z).max(),
       vmin=-abs(Z).max())
```

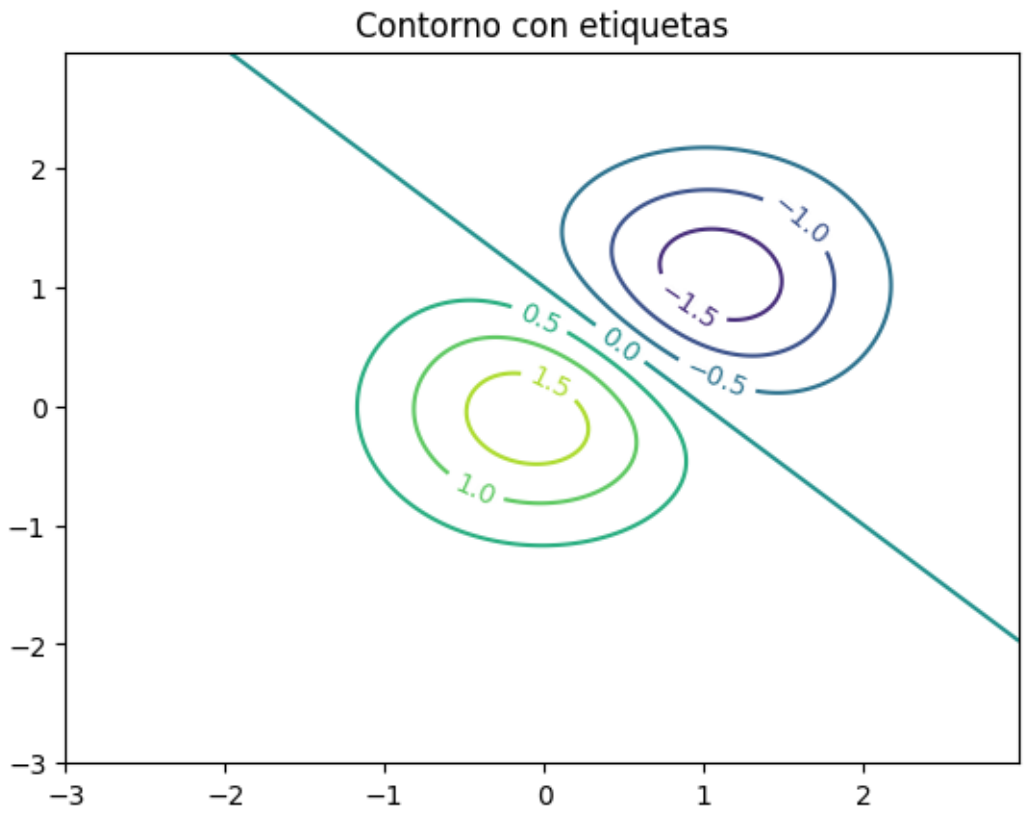



### 1.15 Contornos

Los datos bidimensionales tambien los podemos graficar con contornos. Esto puede remarcar mejor la geometria si son superficies suaves.

[19]:
```
fig, ax = plt.subplots()
CS = ax.contour(X, Y, Z)
ax.clabel(CS, inline=True, fontsize=10)
ax.set_title('Contorno con etiquetas')
```

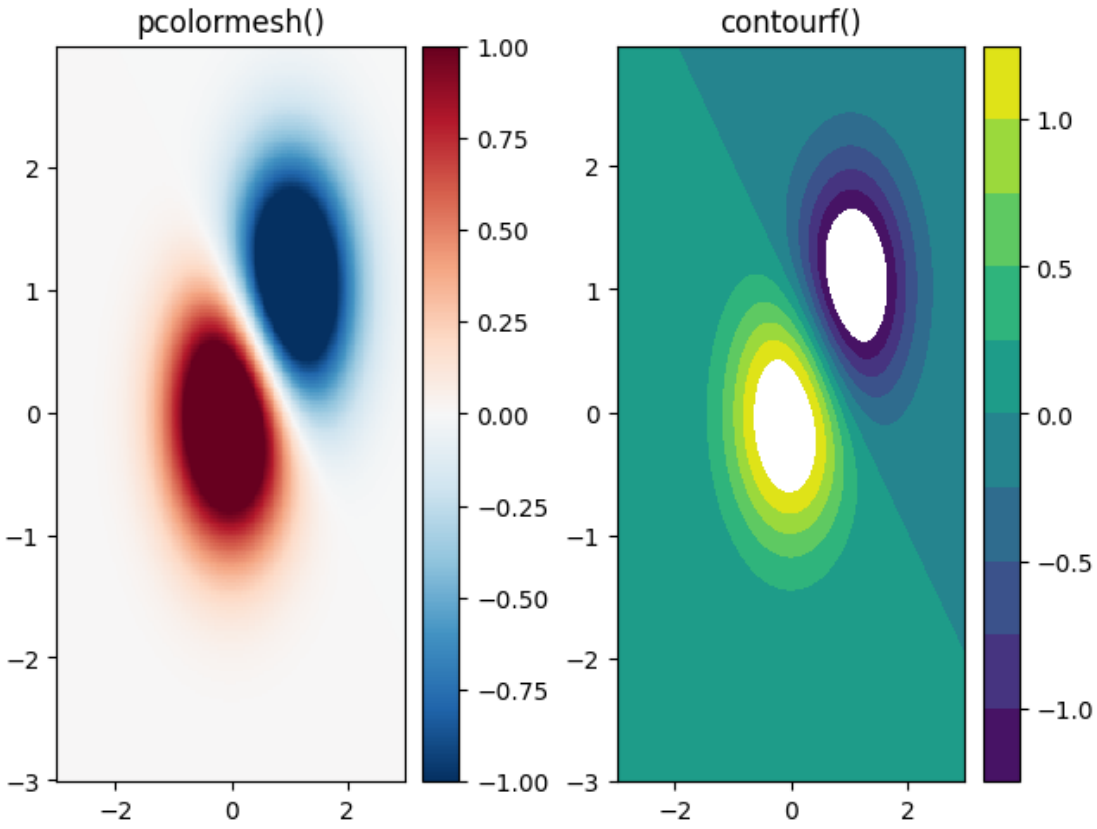
[19]:
```
Text(0.5, 1.0, 'Contorno con etiquetas')
```




Puedo graficar tambien como una imagen pero con los ejes prescriptos a traves de `pcolormesh()`. En el caso de la `imshow()` asume pixels todos equivalentes.

Si queremos contornos pero llenos con distintos colores, `contourf()`.

[20]:
```
fig, axs = plt.subplots(1, 2,layout='constrained')
pc = axs[0].pcolormesh(X, Y, Z,
    vmin=-1, vmax=1, cmap='RdBu_r')
fig.colorbar(pc, ax=axs[0])
axs[0].set_title('pcolormesh()')
co = axs[1].contourf(X, Y, Z,
     levels=np.linspace(-1.25, 1.25, 11))
fig.colorbar(co, ax=axs[1])
axs[1].set_title('contourf()');
```




### 1.15.1 Ejercicio

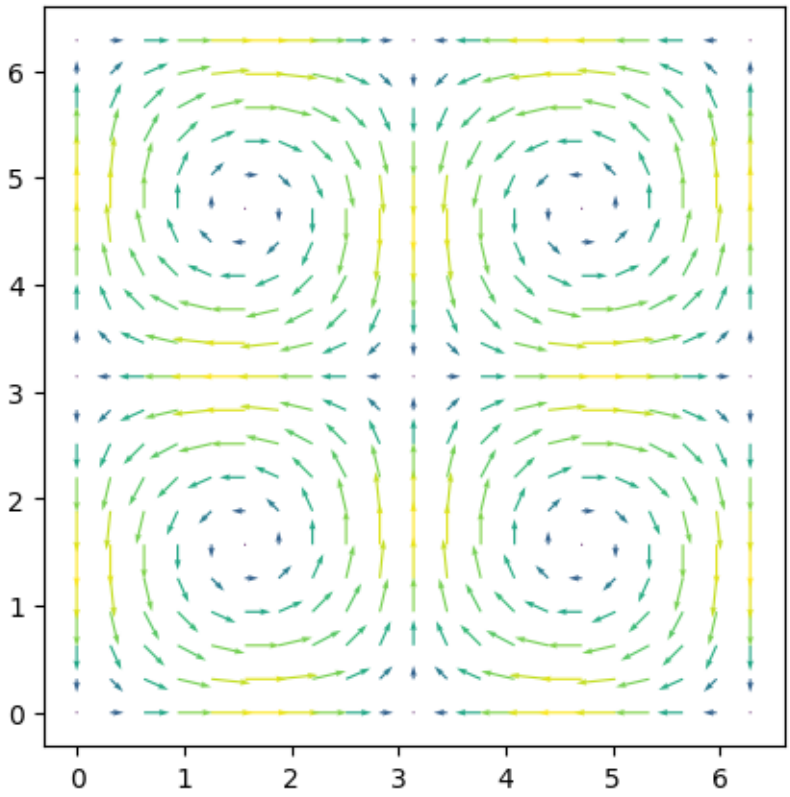
Agregar como argumento de `contourf extend='both'`. Que efecto tiene?

## 1.16 Campos de vectores

Con `quiver` graficamos vectores en un plano. Podemos agregar colores de acuerdo a algun criterio (funcion escalar)

[21]:
```
# Genero la grilla
x = np.arange(0,2*np.pi+2*np.pi/20,2*np.pi/20)
y = np.arange(0,2*np.pi+2*np.pi/20,2*np.pi/20)
X,Y = np.meshgrid(x,y)

# Campo de velocidades con 4 vortices
u = np.sin(X)*np.cos(Y)
v = -np.cos(X)*np.sin(Y)
color = np.sqrt(u**2 + v**2) # magnitud

fig, ax = plt.subplots(figsize=(5,5))
ax.quiver(X,Y,u,v,color, scale=17)
```

```
ax.set_aspect('equal')
```




### 1.17 Contornos con datos de reflectividad de radar

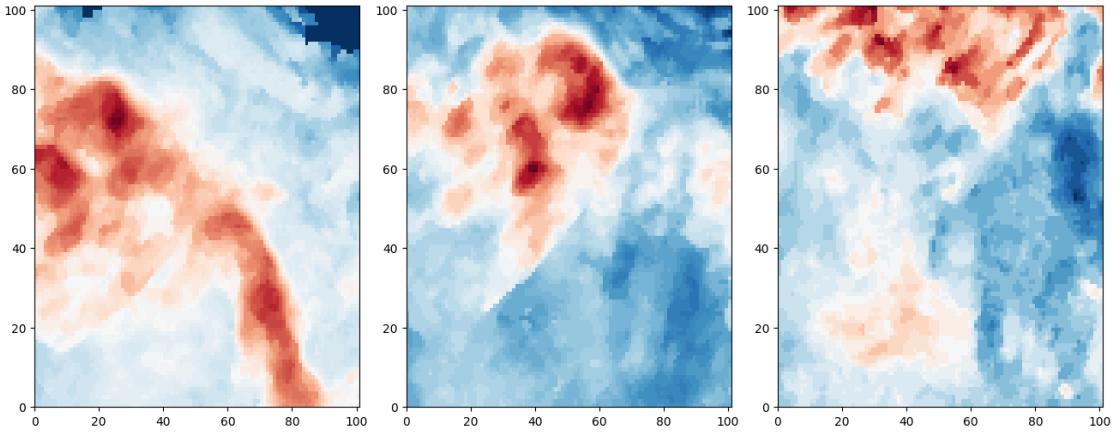
Vamos a cargar datos de reflectividad de radar a distintos tiempos (ntimes,nx,ny)=(15,101,101)

[22]:
```
dat=np.load('storm10.npz')

for key in dat:
    u=dat[key]
u.shape
```

[22]:
```
(15, 101, 101)
```

[23]:
```
plt.set_cmap('RdBu_r') # defino el colormap para todos los graficos
fig, ax = plt.subplots(1, 3,layout='constrained',figsize=(13,5))
ax[0].pcolormesh(u[0,:,:])
ax[1].pcolormesh(u[5,:,:])
ax[2].pcolormesh(u[14,:,:]);
```

```
<Figure size 640x480 with 0 Axes>
```



[24]:
```
from matplotlib.animation import FuncAnimation
from IPython.display import HTML

def anim_update(i,img=u):
    """
    img shape: (n_times,nx_pixels,ny_pixels)
    """
    ax.imshow(img[i], origin='lower')
    ax.set_title(f"Frame {i}", fontsize=20)
    ax.set_axis_off()
    plt.close()

fig, ax = plt.subplots(figsize=(5, 5))
anim = FuncAnimation(fig, anim_update, frames=15, interval=150)
# anim.save('colour_rotation.gif', dpi=80, writer='imagemagick') # Guarda la␣
 ↪animacion
HTML(anim.to_jshtml())
```

[24]:
```
<IPython.core.display.HTML object>
```

### 1.18 Histograma de datos de radar y precipitacion en Cordoba

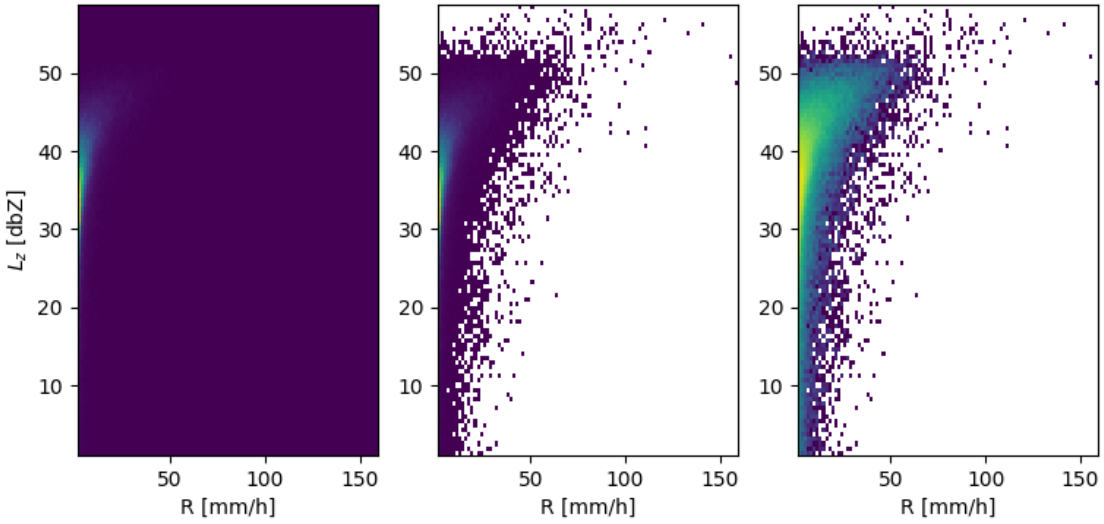
Los radares miden reflectividad sin embargo lo que nos interesa es conocer es la precipitacion (mm/h)

[25]:
```
''' Cargo base de datos de radar de reflectividad en Cordoba y la precipitacion␣
 ↪resultante '''
plt.set_cmap('viridis') # vuelvo al default
dat=np.load('radar_data.npz')
R=dat['R'] # Precipitacion en mm/h
dbZ=dat['dbZ'] # Reflectividad del radar en dbZ
```

```
H, yedges, xedges = np.histogram2d(dbZ,R,bins=100)
# Notar que el histograma me da vuelta las dependencias
# usar .T o invertir los datos de entrada np.(y,x)
Hmasked = np.ma.masked_where(H==0,H) # Mask pixels with a value of zero

# Grafico
fig,ax = plt.subplots(1,3,figsize=(9,4))
ax[0].pcolormesh(xedges,yedges,H )
ax[1].pcolormesh(xedges,yedges,Hmasked )
ax[2].pcolormesh(xedges,yedges,np.log(H) )
#ax[2].plot(Raxis,dbZaxis,label='Marshall law');
ax[0].set(xlabel='R [mm/h]',ylabel=r'$L_z$ [dbZ]')
ax[1].set(xlabel='R [mm/h]')
ax[2].set(xlabel='R [mm/h]');
```

```
/tmp/ipykernel_24392/3265190168.py:16: RuntimeWarning: divide by zero
encountered in log
  ax[2].pcolormesh(xedges,yedges,np.log(H) )
```

```
<Figure size 640x480 with 0 Axes>
```



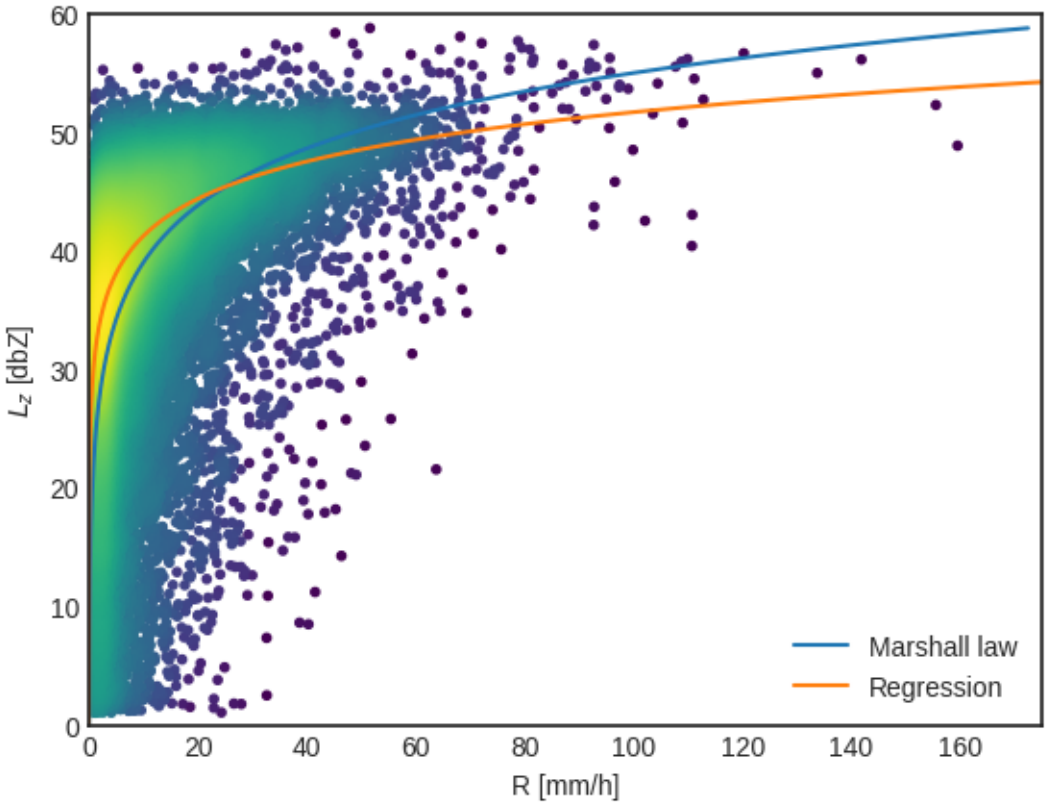

## 1.19 Scatterplot con densidad de probabilidad continua (KDE)

[26]:
```
# KDE densidad de probabilidad
#     OJO esto puede llevar tiempo en una PC peque~na
xy = np.vstack([R,dbZ])
z = gaussian_kde(xy)(xy) # quiero poner con  color  en los puntos
# la frecuencia/densidad de probabilidad en c/punto
```

```
# ordeno para que grafique a lo ultimo los puntos de mas frecuencia
idx = z.argsort() # los ultimos los de mayor z
x, y, z = R[idx], dbZ[idx], z[idx]

# Scatterplot grafica los puntos y agregar color por la frec
fig,ax = plt.subplots()#1,2,figsize=(7,4))
ax.scatter(x,y,c=np.log(z),marker='.' )
ax.set(xlabel='R [mm/h]',ylabel=r'$L_z$ [dbZ]',xlim=(0,175),ylim=(0,60))

# Uso una ley clasica, Marshall y Palmer, para relacionar las variables
def dbZ2R(dbZ,a=200,b=5./8.): #b=1.6): # default parameters
    return (10**(0.1*dbZ)/a)**b
dbZaxis=np.linspace(0,dbZ.max(),500)
Raxis=dbZ2R(dbZaxis)
ax.plot(Raxis,dbZaxis,label='Marshall law');
```

### 1.20 Regresion de los datos

[ ]:
```
logZ, logR = 0.1* np.log(10)*dbZ, np.log(R)
regr=np.polyfit(logR, logZ, 1)
Rregr=dbZ2R(dbZaxis,a=np.exp(regr[1]),b=regr[0])

# Grafico
fig,ax = plt.subplots()#1,2,figsize=(7,4))
ax.scatter(x,y,c=np.log(z),marker='.' )
ax.set(xlabel='R [mm/h]',ylabel=r'$L_z$ [dbZ]',xlim=(0,175),ylim=(0,60))
ax.plot(Raxis,dbZaxis,label='Marshall law');
ax.plot(Rregr,dbZaxis,label='Regression');
ax.legend();
```


60
50
40
30
20
10
0
$L_Z$ [dbZ]
0
20
40
60
80
100
120
140
160
R [mm/h]
Marshall law
Regression

[ ]: