



TECNICAS DE PRONOSTICO

M.Sc. Christian W. Barreto Schuler



OBJETIVO

CONTENIDO

- I. INTRODUCCIÓN A LA ESTADÍSTICA Y METEOROLOGÍA/CLIMA
- II. REVISION DE PROBABILIDAD
- III. BREVE INTRODUCCION A PYTHON
- IV. ANALISIS EXPLORATORIO DE DATOS, DISTRIBUCIONES EMPIRICAS Y PARAMETRICAS
- V. ANALISIS COMPUESTO
- VI. ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES
- VII. INTRODUCCION A LAS METRICAS DE VALIDACION DE PRONOSTICOS

REFERENCIAS

Wilks, D. (2019). Statistical Methods in the Atmospheric Sciences (4th Ed.). Elsevier. ISBN: 978-0-12-815823-4

Maity, R. (2018). Statistical methods in hydrology and hydroclimatology. Springer. ISBN: 978-981-10-8779-0

Storch, H., & Zwiers, F. (1999). Statistical Analysis in Climate Research. Cambridge: Cambridge University Press. DOI:10.1017/CBO9780511612336

Mudelsen, M. (2014). Climate time series analysis: Classical statistical and Bootstrap methods (2nd Ed). Springer. ISBN: 978-3-319-04450-7

Venegas, S. (2001). Statistical methods for signal detection in climate. DCESS Report #2. Disponible en: <https://www.atmos.colostate.edu/~davet/AT655/notes/VenegasNotes.pdf>

Haslwanter, T. (2016). An Introduction to Statistics with Python: With Applications in the Life Sciences. Springer. ISBN: 978-3-319-28316-6

EVALUACION

PRESENTACION DE PROYECTOS

I. INTRODUCCIÓN A LA ESTADÍSTICA Y METEOROLOGÍA/CLIMA

QUE ES ESTADISTICA?

La estadística es la disciplina que se ocupa del estudio de la variabilidad, del estudio de la incertidumbre y del estudio de la toma de decisiones frente a la incertidumbre.

Fundamentalmente, la estadística se ocupa de la incertidumbre. Evaluar y cuantificar la incertidumbre, así como hacer inferencias y pronósticos frente a la incertidumbre, es parte de la estadística.

Estadística

Descriptiva

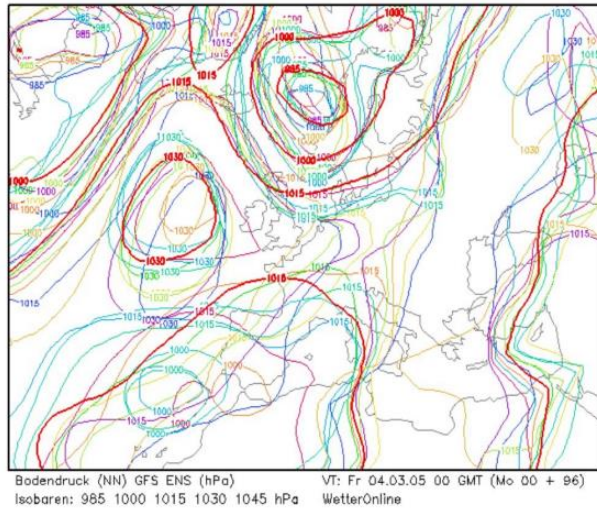
Moda, mediana, percentiles,
Desviación estándar, etc...

Inferencial

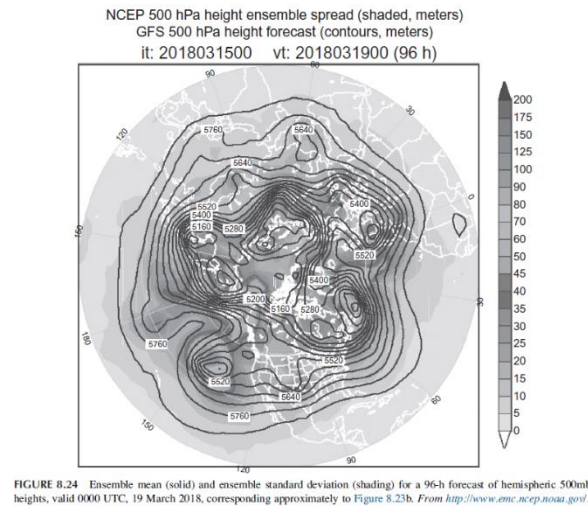
“De la muestra a la población”
Pruebas de hipótesis
T-Tests
Correlaciones
Análisis de regresión

Estadística

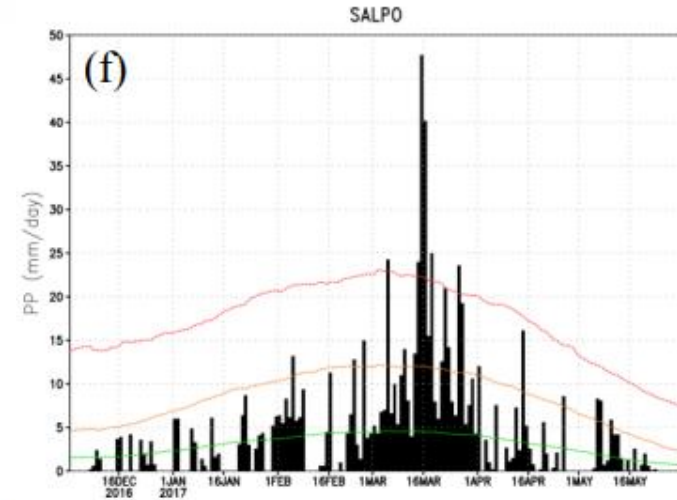
Descriptiva



Lange & Focken, 2005



Wilks, 2019



Son et al., 2020

Tabla 3: Umbrales de precipitación para la Estación Yurimaguas - CORPAC

Umbrales de precipitación	Caracterización de lluvias extremas	Umbrales calculados para la estación Yurimaguas
RR/día > 99p	Extremadamente lluvioso	RR > 80 mm
95p < RR/día ≤ 99p	Muy lluvioso	51 mm < RR ≤ 80
90p < RR/día ≤ 95p	Lluvioso	38 mm < RR ≤ 51
75p < RR/día ≤ 90p	Moderadamente lluvioso	21 mm < RR ≤ 38

SENAMHI, 2014

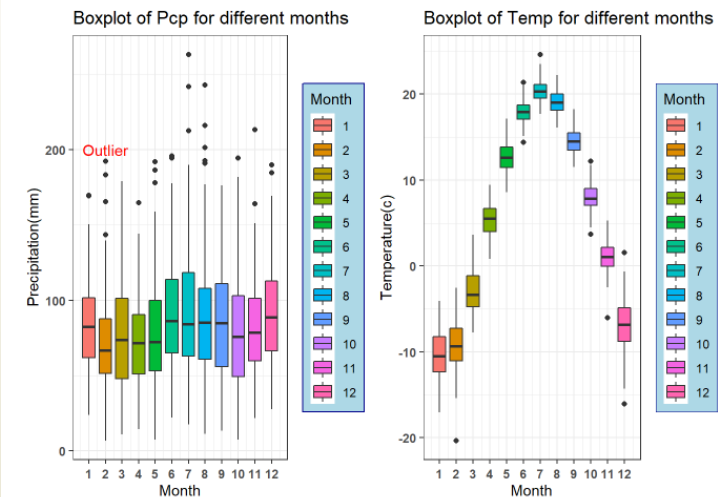


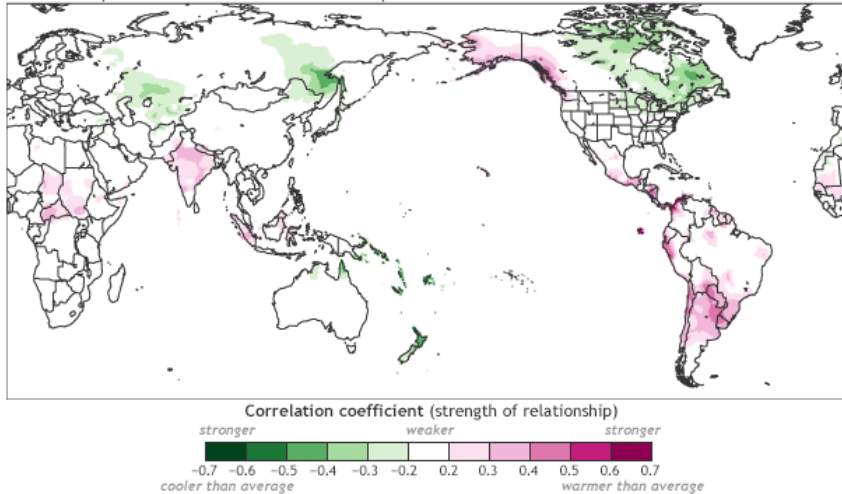
Figure 11) Boxplot of Pcp and Temp for different months

Jalili, 2018

Estadística

Inferencial

Relationship between Nino3.4 SST and temperature for summer 2015



Barnston, 2015

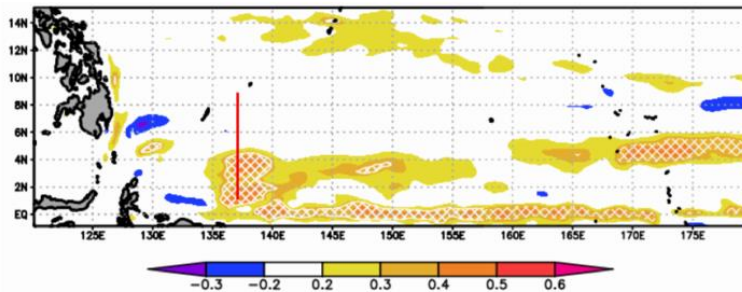


Figure 2. Cross-correlation map of the geostrophic surface current magnitude ($\sqrt{u^2 + v^2}$) and sea surface temperature anomaly (SSTA) at the Niño 3.4 region with no temporal lag. Shaded white tiles denote statistical significance above the 95% confidence level. The red line indicates the meridional line at 137.125° E.

Jati & Hisaki, 2021

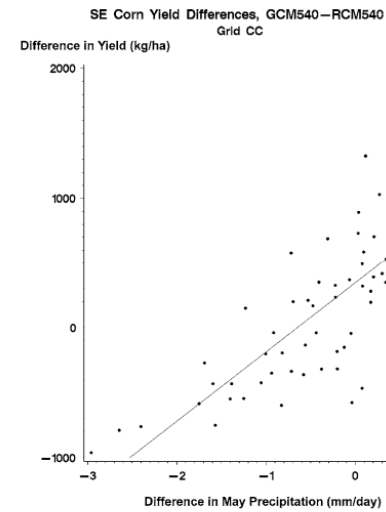
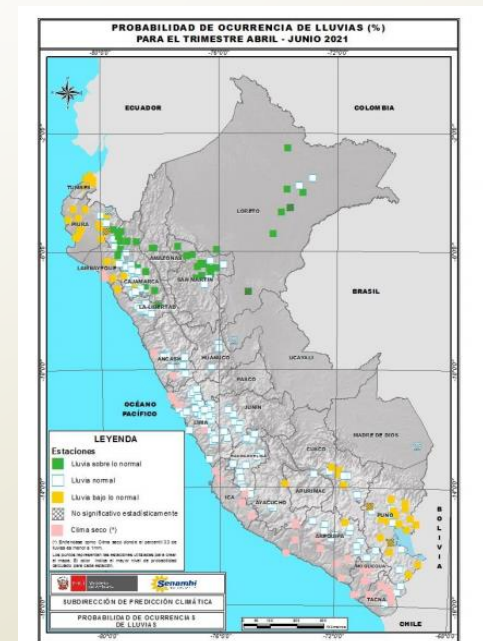


Figure 9. Scatter plot with linear regression line of difference in climate changed yields (GCM-RCM) versus the difference in the climate changed climate variable (GCM-RCM) for May precipitation (mm/day) for the CC grid. Difference in yield of dryland corn is in kg/ha.

Tsvetsinskaya et al., 2003



SENAMHI, 2021

INCERTIDUMBRE SOBRE LA ATMOSFERA

Ya sea en estadística descriptiva o inferencial, en ambos existe el termino incertidumbre.

La atmosfera exhibe variaciones y fluctuaciones que son irregulares.

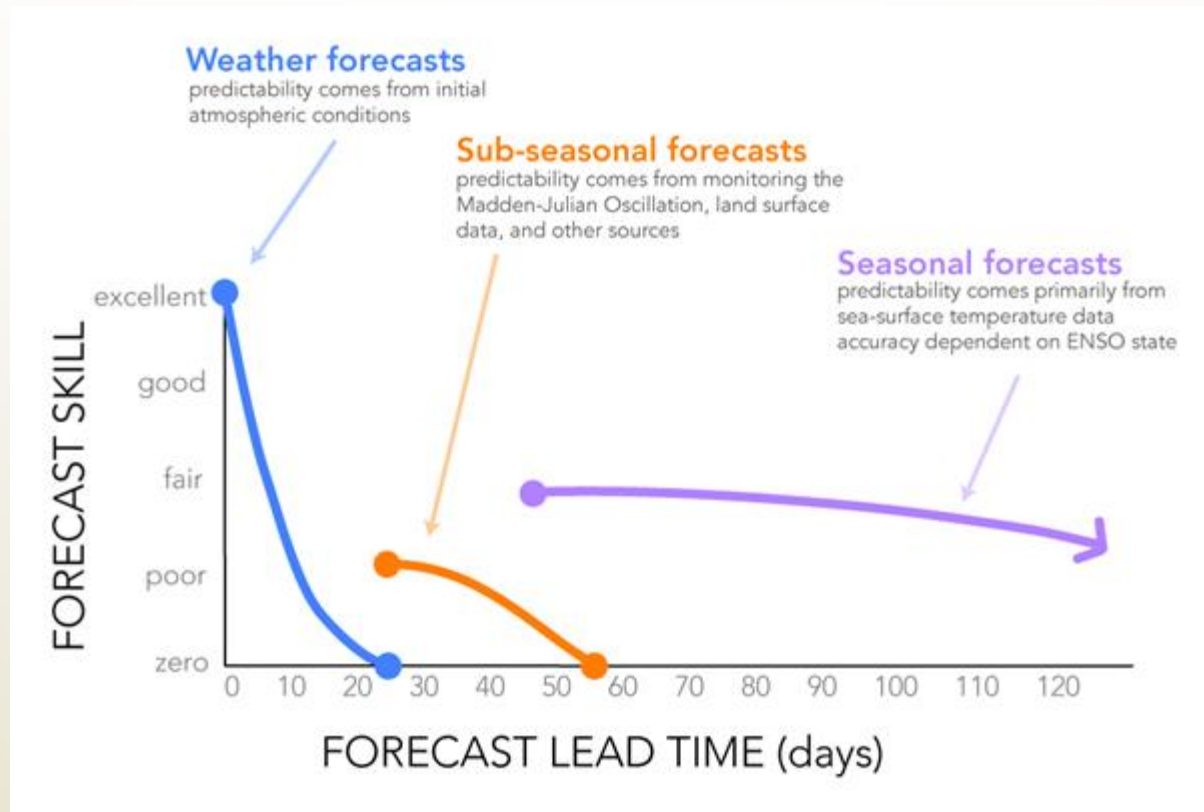
De hecho, la incertidumbre es la razón por la cual se realiza la colección y análisis de una larga cantidad de datos.

Incetidumbre es una característica del pronostico del tiempo, estacional, etc.

Una forma cuantitativa de tratar con la incertidumbre es empleando las herramientas de probabilidad.

***Porque existe incertidumbre en
la atmosfera?***

TIPOS DE PRONOSTICO



NOAA*

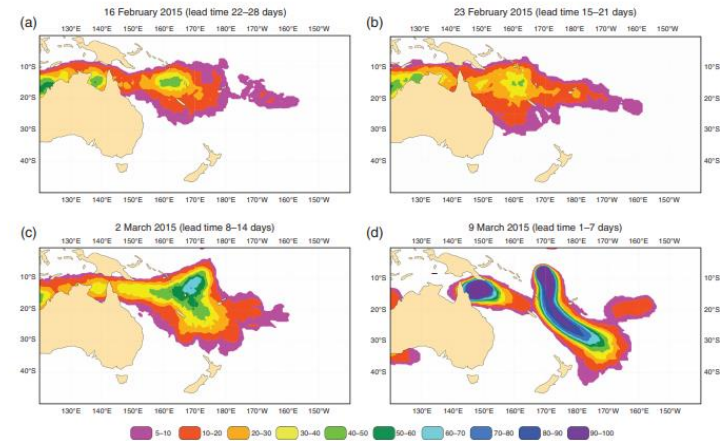
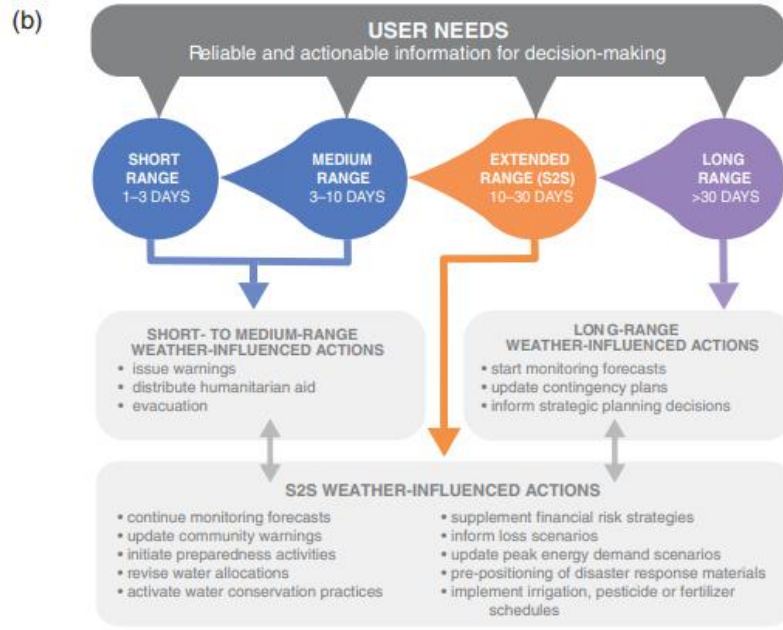
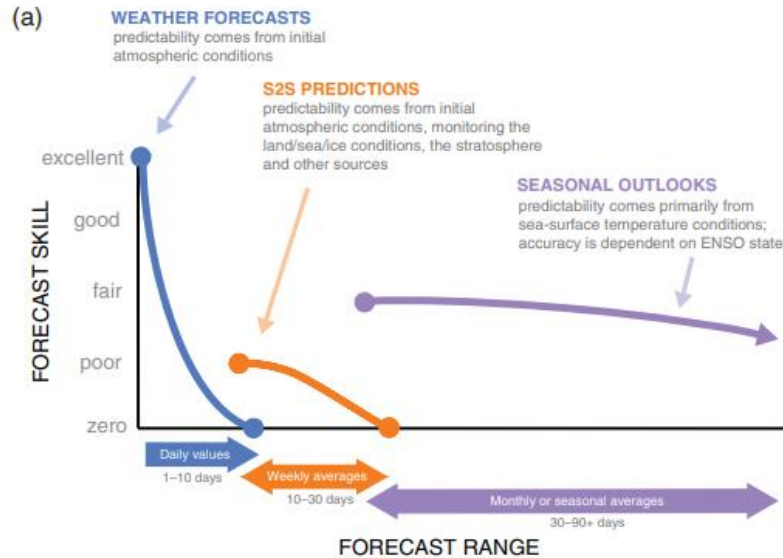


Figure 2. Ensemble prediction of Tropical Cyclone Pam which made landfall in Vanuatu on 13 March 2015. (a)–(d) Weekly averaged probability of a tropical cyclone strike within 300 km for (a) 22–28 days, (b) 15–21 days, (c) 8–14 days and (d) 1–7 days forecast lead time. Predictions made using the European Centre for Medium-range Weather Forecasting Ensemble Prediction System.

White, et al (2017)

CAMBIO CLIMATICO

>VIDEO<

Extreme weather is increasing in frequency and intensity as a result of climate change. The human and economic toll was highlighted with tragic effect by the **torrential rainfall and devastating flooding and loss of life in [#Europe](#) and [#China](#) in the past week.**

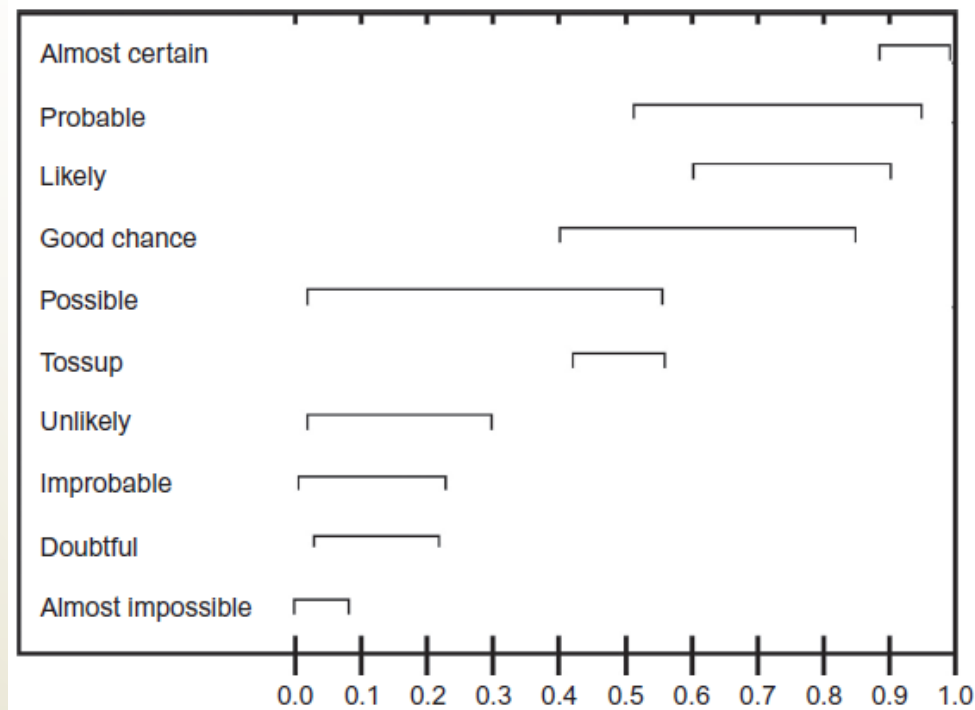
Recent record-breaking **[#heatwaves](#) in North America are clearly linked to global warming.** But, increasingly, heavy rainfall episodes also bear the footprint of climate change. **As the atmosphere gets warmer it holds more moisture which means it will rain more during storms, increasing the risk of floods.**

OMM, 2021*

II. REVISION DE PROBABILIDAD

BACKGROUND

Definición de Probabilidad (AMS): *Es la posibilidad de que un evento ocurra, se representa como numero puro p en el rango $0 \leq p \leq 1$.*



Wilks, 2019

Rangos de probabilidad median correspondiente a 10 descriptores cualitativos de incertidumbre. Basado en 20 estudiantes de posgrado de ciencias sociales

ELEMENTOS DE PROBABILIDAD

Evento (E)

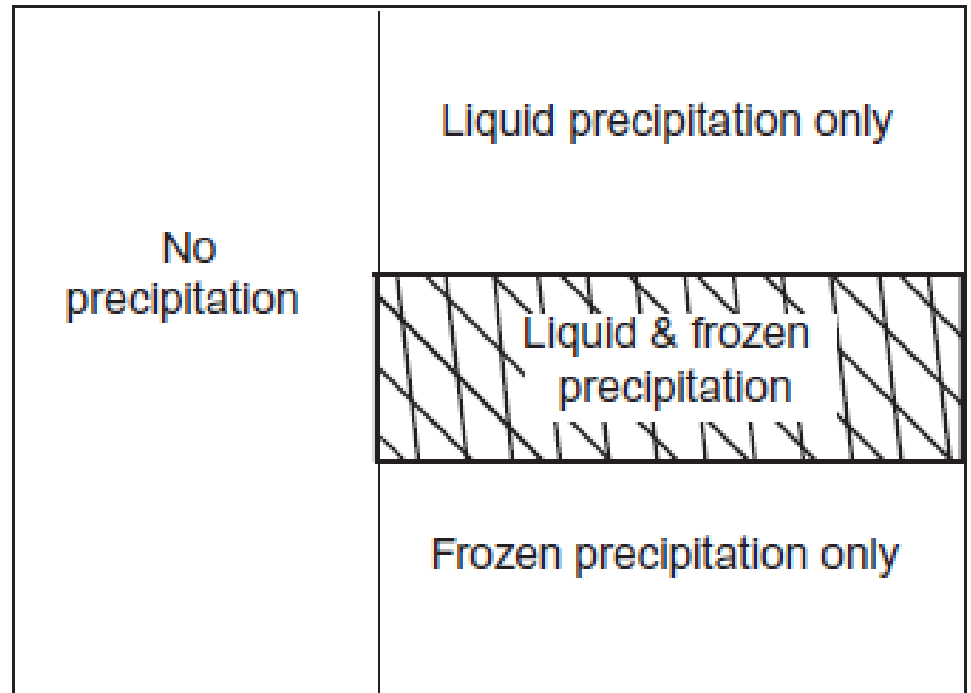
Posible resultado(s) incierto(s)

Un evento puede ser compuesto o elemental.



Espacio muestral (S)

Es el conjunto de todo los posibles eventos elementales. Representa el universo de todo los posibles resultados/eventos.



ELEMENTOS DE PROBABILIDAD

Axiomas de probabilidad

Axioma 1: $0 \leq \Pr\{E\} \leq 1$

Axioma 2: $\Pr\{S\} = 1$

Axioma 3: Si A y B son eventos mutuamente excluyentes, entonces

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B)$$

La probabilidad de que ocurra uno u otro de dos eventos mutuamente excluyentes es la suma de sus dos probabilidades individuales.

SIGNIFICADO DE PROBABILIDAD

Interpretación frecuencial

Es la aplicación mas popular de probabilidades.

La probabilidad de un evento es su frecuencia relativa .

$$\Pr\{E\} = \# \text{ de veces de ocurrencia de } \{E\} / \text{Total de oportunidades}$$

Interpretación (subjetiva) Bayesiana

La interpretación subjetiva es que la probabilidad representa el grado de creencia, o juicio cuantificado, de un individuo en particular sobre la ocurrencia de un evento incierto.

SIGNIFICADO DE PROBABILIDAD

Interpretación frecuencial

Ejemplo: Estimación de probabilidad climatológica

Los últimos 30 años durante el mes de agosto, tenemos $30 \times 31 = 930$ días.

Sobre cierta ubicación ha llovido 420 veces del total de esos días.

Entonces, la probabilidad climatológica de precipitación en ese lugar para el mes de agosto sería $420/930 = 0.451 = 45.1\%$.

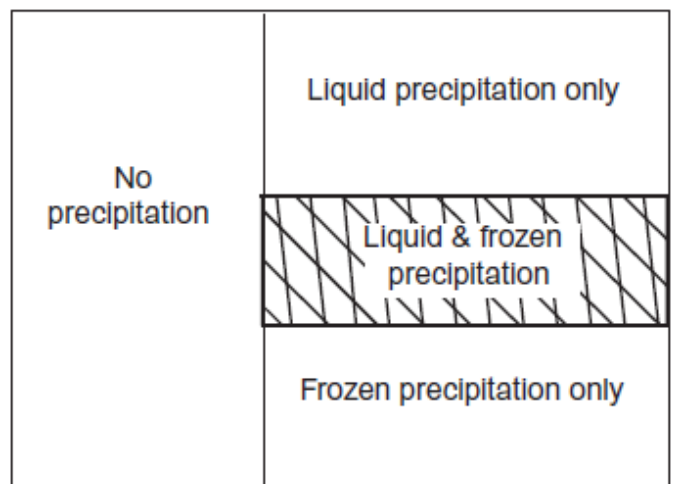
ALGUNAS PROPIEDADES DE PROBABILIDAD

$$0 \leq \Pr\{E\} \leq 1$$

Cuando E_2 ocurre necesariamente cuando E_1 ocurre: $\Pr\{E_1\} \leq \Pr\{E_2\}$

El complemento de un evento $\{E\}$ es el evento (generalmente compuesto) donde $\{E\}$ no ocurre: $\Pr\{E^c\} = 1 - \Pr\{E\}$

Unión de eventos: $\Pr\{E_1 \cup E_2\} = \Pr\{E_1\} + \Pr\{E_2\} - \Pr\{E_1 \cap E_2\}$



Wilks, 2019

Tabla 1. Probabilidades estimadas de las magnitudes de El Niño – La Niña en el Pacífico oriental en el verano diciembre 2018 – marzo 2019.

Magnitud del evento diciembre 2018 - marzo 2019	Probabilidad de ocurrencia
El Niño fuerte - extraordinario	0%
El Niño moderado	8%
El Niño débil	40%
Neutro	50%
La Niña débil	2%
La Niña moderada - fuerte	0%

ENFEN, 2018

ALGUNAS PROPIEDADES DE PROBABILIDAD

Probabilidad Condicional

Cuando estamos interesados en la probabilidad de un evento, dado que algún otro evento ha ocurrido o ocurrirá.

Ejm: Prob. de granizo, dado que ocurra precipitación.

Prob. de vientos fuertes (por encima de umbral), dado que un huracán se aproxime a la costa.

Existe un evento condicionante.

$\Pr\{E_1 \mid E_2\} = \Pr\{E_1 \text{ dado que } E_2 \text{ ha ocurrido o ocurrirá}\}$

$\Pr\{E_1 \mid E_2\} = \Pr\{E_1 \cap E_2\} / \Pr\{E_2\}$

Independencia

Dos eventos son independientes si la ocurrencia o no ocurrencia de uno, no afecta la probabilidad del otro.

$\Pr\{E_1 \mid E_2\} = \Pr\{E_1\} \text{ \& } \Pr\{E_2 \mid E_1\} = \Pr\{E_2\}$

$\Pr\{E_1 \cap E_2\} = \Pr\{E_1\} \Pr\{E_2\}$

Ejemplos

Frecuencia relativa condicional

Tenemos interés de estimar la probabilidad de al menos 0.01 pulgadas de precipitación líquida en Ithaca en Enero, dado que la temperatura mínima es al menos 0°F ($T_{min} \geq 0$).

$$\Pr\{pp \geq 1 \mid T_{min} \geq 0\} =$$

$$\Pr\{pp \geq 1 \mid T_{min} < 0\} =$$

$$\Pr\{pp \geq 1\} =$$

Date	Ithaca		
	Precipitation	Max Temp.	Min Temp.
1	0.00	33	19
2	0.07	32	25
3	1.11	30	22
4	0.00	29	-1
5	0.00	25	4
6	0.00	30	14
7	0.00	37	21
8	0.04	37	22
9	0.02	29	23
10	0.05	30	27
11	0.34	36	29
12	0.06	32	25
13	0.18	33	29
14	0.02	34	15
15	0.02	53	29
16	0.00	45	24
17	0.00	25	0
18	0.00	28	2
19	0.00	32	26
20	0.45	27	17
21	0.00	26	19
22	0.00	28	9
23	0.70	24	20
24	0.00	26	-6
25	0.00	9	-13
26	0.00	22	-13
27	0.00	17	-11
28	0.00	26	-4
29	0.01	27	-4
30	0.03	30	11
31	0.05	34	23
Sum/avg.	3.15	29.87	13.00
Std. dev.	0.243	7.71	13.62

Ejemplos

Persistencia como probabilidad condicional

Persistencia puede ser definido como la existencia de dependencia estadística entre valores sucesivos de la misma variable, o entre ocurrencias sucesivas de un evento.

Normalmente, la fuente de persistencia es que el intervalo de medida es menor que la escala de tiempo del proceso físico en proceso.

En Ithaca,

$\Pr\{\text{pp hoy} \mid \text{pp ayer}\} = ?$

$\Pr\{\text{pp hoy} \mid \text{no pp ayer}\} = ?$

**Estas dos probabilidades condicionales, también
Constituyen una “condicional climatológica”**

Date	Ithaca		
	Precipitation	Max Temp.	Min Temp.
1	0.00	33	19
2	0.07	32	25
3	1.11	30	22
4	0.00	29	−1
5	0.00	25	4
6	0.00	30	14
7	0.00	37	21
8	0.04	37	22
9	0.02	29	23
10	0.05	30	27
11	0.34	36	29
12	0.06	32	25
13	0.18	33	29
14	0.02	34	15
15	0.02	53	29
16	0.00	45	24
17	0.00	25	0
18	0.00	28	2
19	0.00	32	26
20	0.45	27	17
21	0.00	26	19
22	0.00	28	9
23	0.70	24	20
24	0.00	26	−6
25	0.00	9	−13
26	0.00	22	−13
27	0.00	17	−11
28	0.00	26	−4
29	0.01	27	−4
30	0.03	30	11
31	0.05	34	23
Sum/avg.	3.15	29.87	13.00
Std. dev.	0.243	7.71	13.62

CONTINUARA ...

III. BREVE INTRODUCCION A PYTHON

III. BREVE INTRODUCCION A PYTHON

- INSTALACION ANACONDA
- JUPYTER & SPYDER
- LIBRERIAS
- LECTURA DE DATOS
- VISUALIZACION

INSTALACION

PYTHON

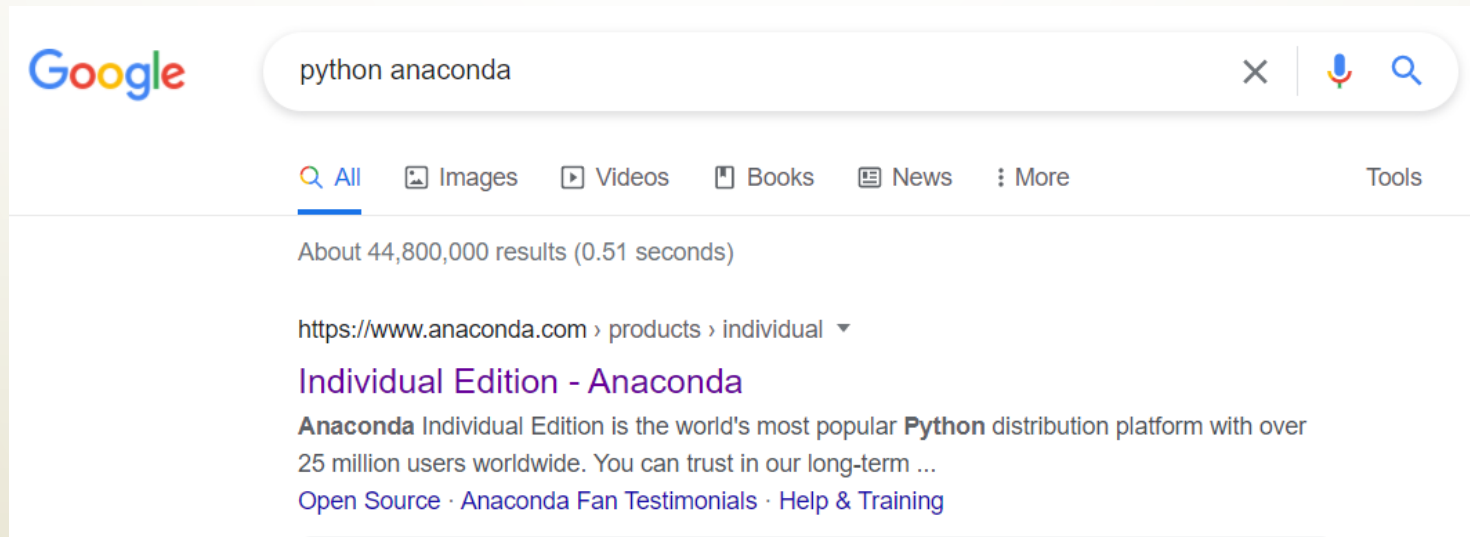
Python es un lenguaje de programación **multiplataforma** potente y fácil de aprender. Tiene estructuras de datos de alto nivel eficientes y un simple pero efectivo sistema de programación orientado a objetos. La elegante sintaxis de Python y su **tipado dinámico**, junto a su **naturaleza interpretada** lo convierten en un lenguaje ideal para scripting y desarrollo rápido de aplicaciones en muchas áreas, para la mayoría de plataformas.

ANACONDA

Anaconda es una plataforma de ciencia de datos de código abierto que reúne las mejores herramientas para la ciencia de datos. Incluye más de 100 paquetes populares basados en Python, Scala y R. Con la ayuda de su administrador de paquetes, conda, los usuarios pueden trabajar con cientos de paquetes en diferentes lenguajes y realizar preprocesamiento, modelado y agrupamiento de datos. , clasificación y validación con facilidad.

INSTALACION

VAMOS A : <https://www.anaconda.com/products/individual>





Individual Edition

Your data science toolkit

With over 25 million users worldwide, the open-source Individual Edition (Distribution) is the easiest way to perform Python/R data science and machine learning on a single machine. Developed for solo practitioners, it is the toolkit that equips you to work with thousands of open-source packages and libraries.

Anaconda Individual Edition

Download 

For Windows

Python 3.8 • 64-Bit Graphical Installer • 477 MB

Get Additional Installers



Anaconda Installers

Windows

Python 3.8

64-Bit Graphical Installer (477 MB)

32-Bit Graphical Installer (409 MB)

MacOS

Python 3.8

64-Bit Graphical Installer (440 MB)

64-Bit Command Line Installer (433 MB)

Linux

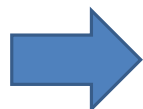
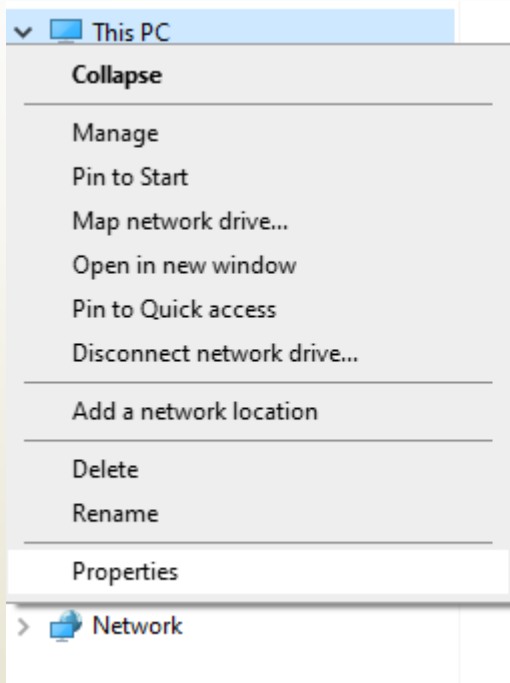
Python 3.8

64-Bit (x86) Installer (544 MB)

64-Bit (Power8 and Power9) Installer (285 MB)

64-Bit (AWS Graviton2 / ARM64) Installer (413 M)

64-bit (Linux on IBM Z & LinuxONE) Installer (292 M)



View basic information about your computer

Windows edition

Windows 10 Home

© Microsoft Corporation. All rights reserved.

System

Processor:	Intel(R) Core(TM) i7-7700HQ CPU @ 2.80GHz 2.81 GHz
Installed memory (RAM):	16.0 GB (15.9 GB usable)
System type:	64-bit Operating System, x64-based processor
Pen and Touch:	Touch Support with 10 Touch Points

File name: Anaconda3-2021.05-Windows-x86_64

Save as type: Application



Anaconda3-2021.05-Windows-x86_64.exe

<https://repo.anaconda.com/archive/Anaconda3-2021.05-Windows-...>

3.4 MB/s - 382 MB of 477 MB, 27 secs left

Pause

Cancel

Anaconda3 2021.05 (64-bit) Setup



Welcome to Anaconda3 2021.05 (64-bit) Setup

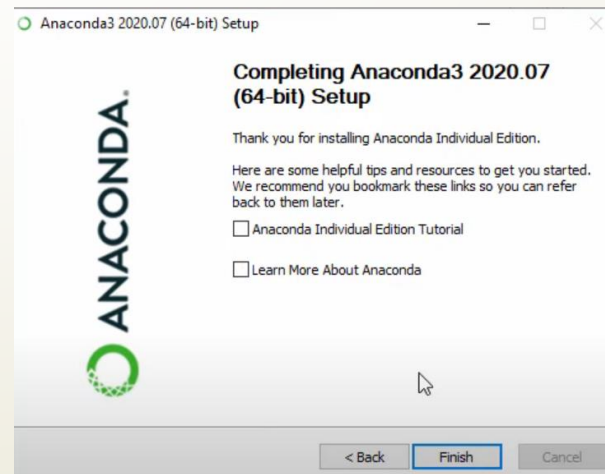
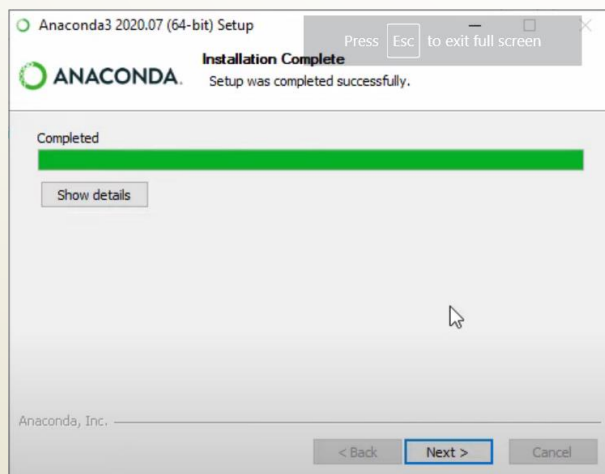
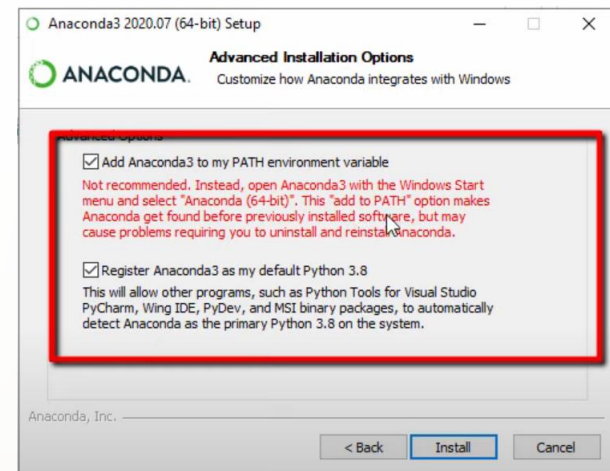
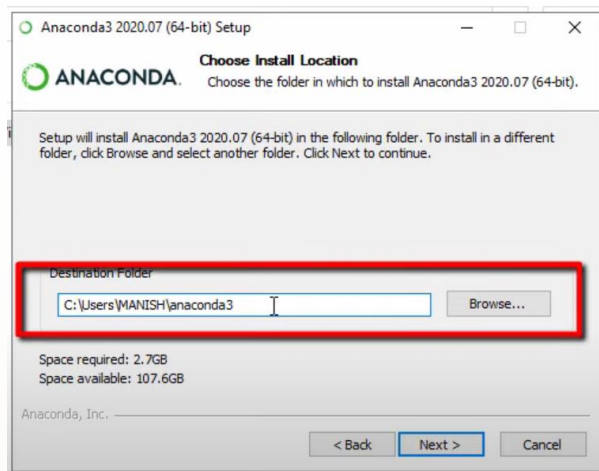
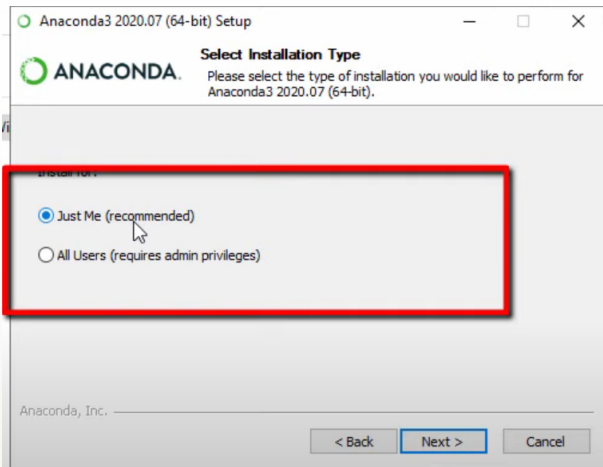
Setup will guide you through the installation of Anaconda3 2021.05 (64-bit).

It is recommended that you close all other applications before starting Setup. This will make it possible to update relevant system files without having to reboot your computer.

Click Next to continue.

Next >

Cancel

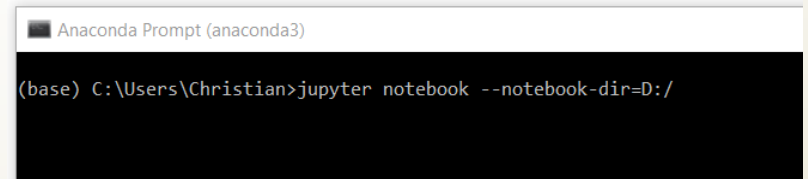
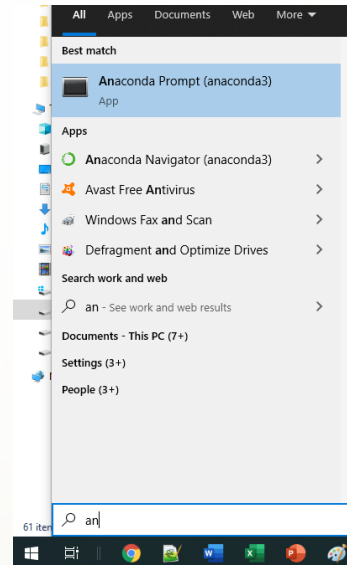
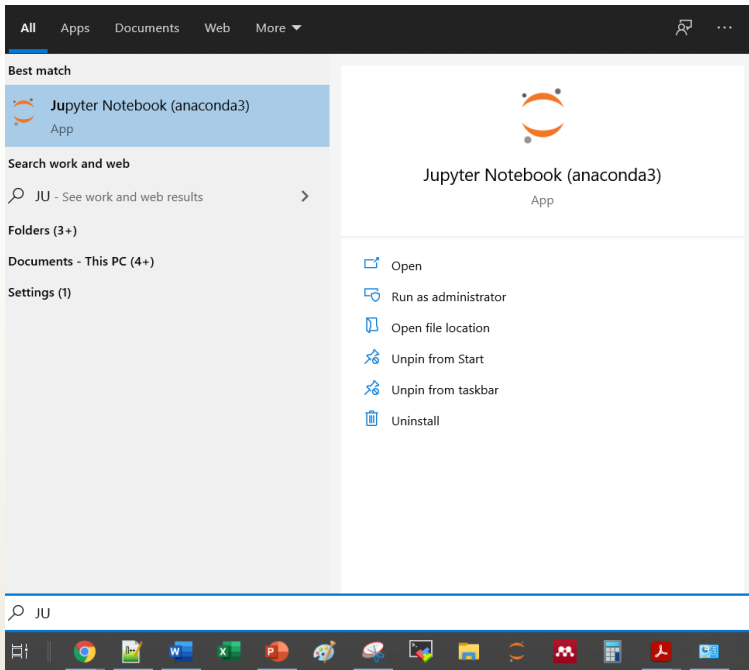


JUPYTER NOTEBOOK

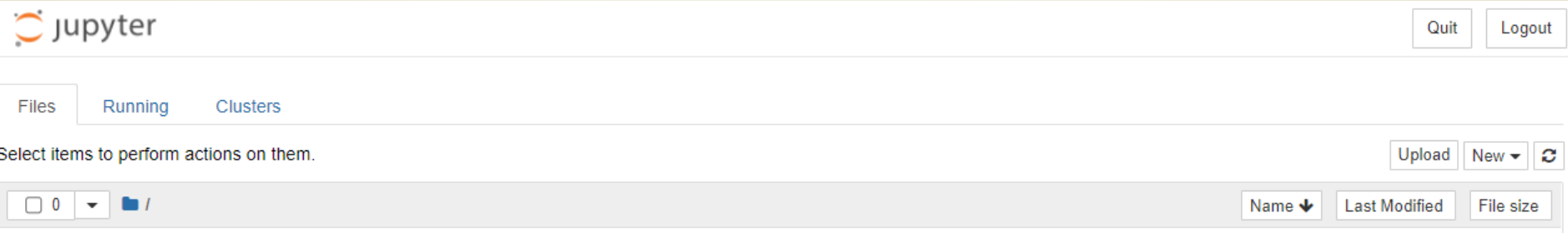
&

SPYDER

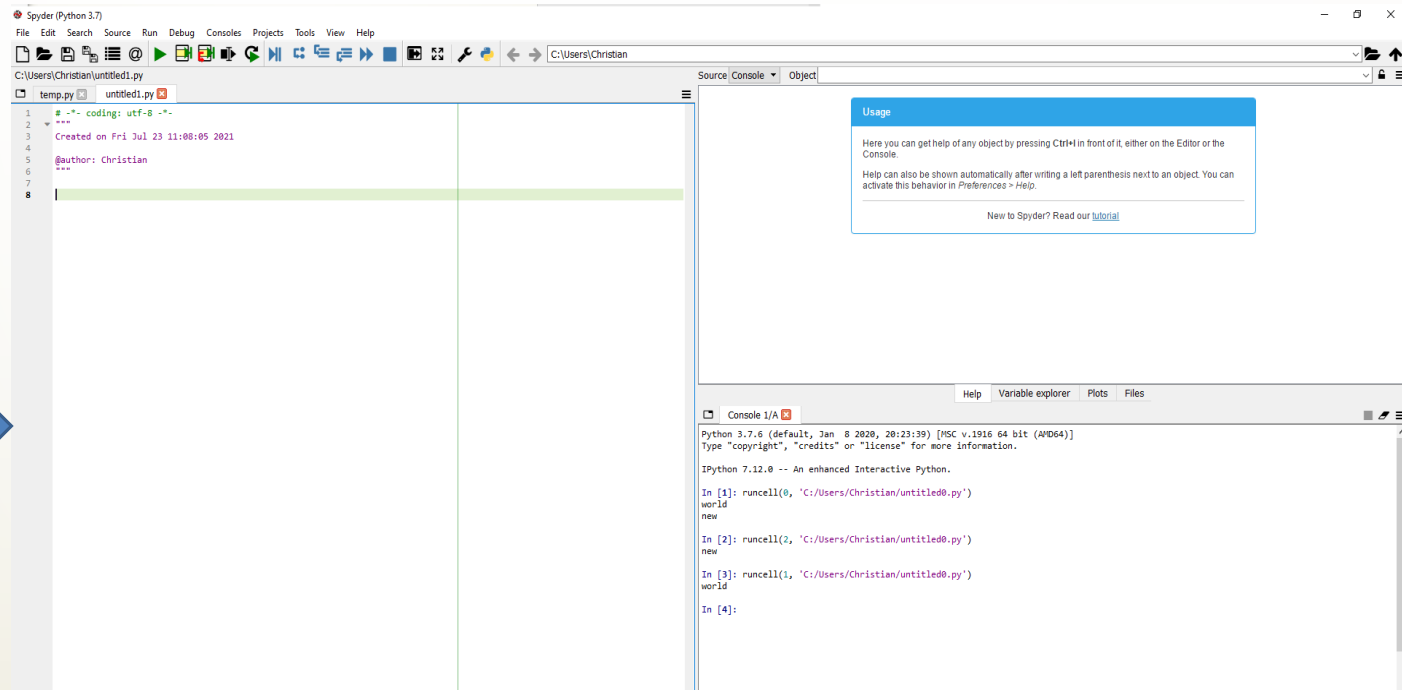
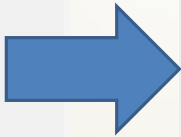
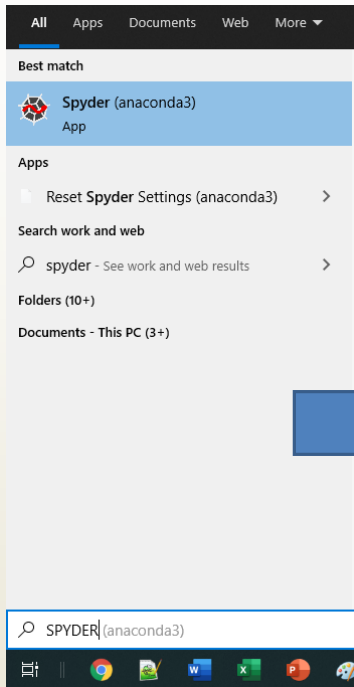
JUPYTER NOTEBOOK



`jupyter notebook --notebook-dir=D:/`



SPYDER



PAQUETES DE PYTHON PARA ESTADISTICA

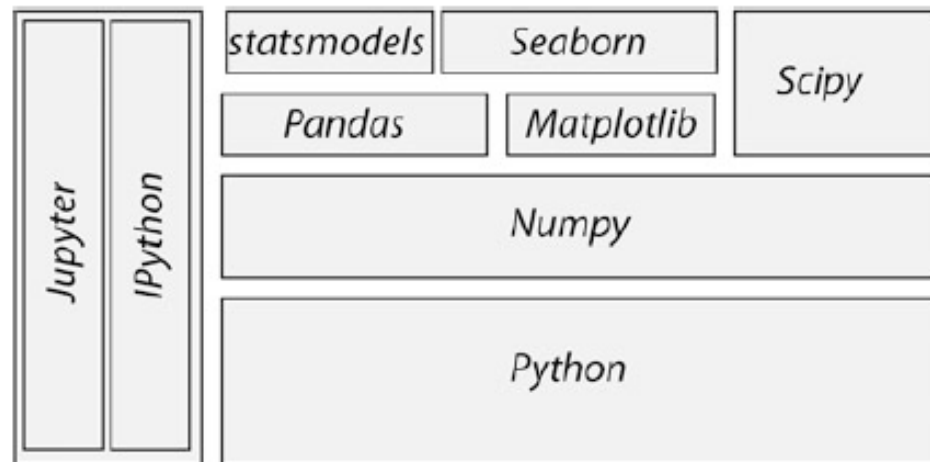


Fig. 2.1 The structure of the most important *Python* packages for statistical applications

PAQUETES DE PYTHON PARA ESTADISTICA

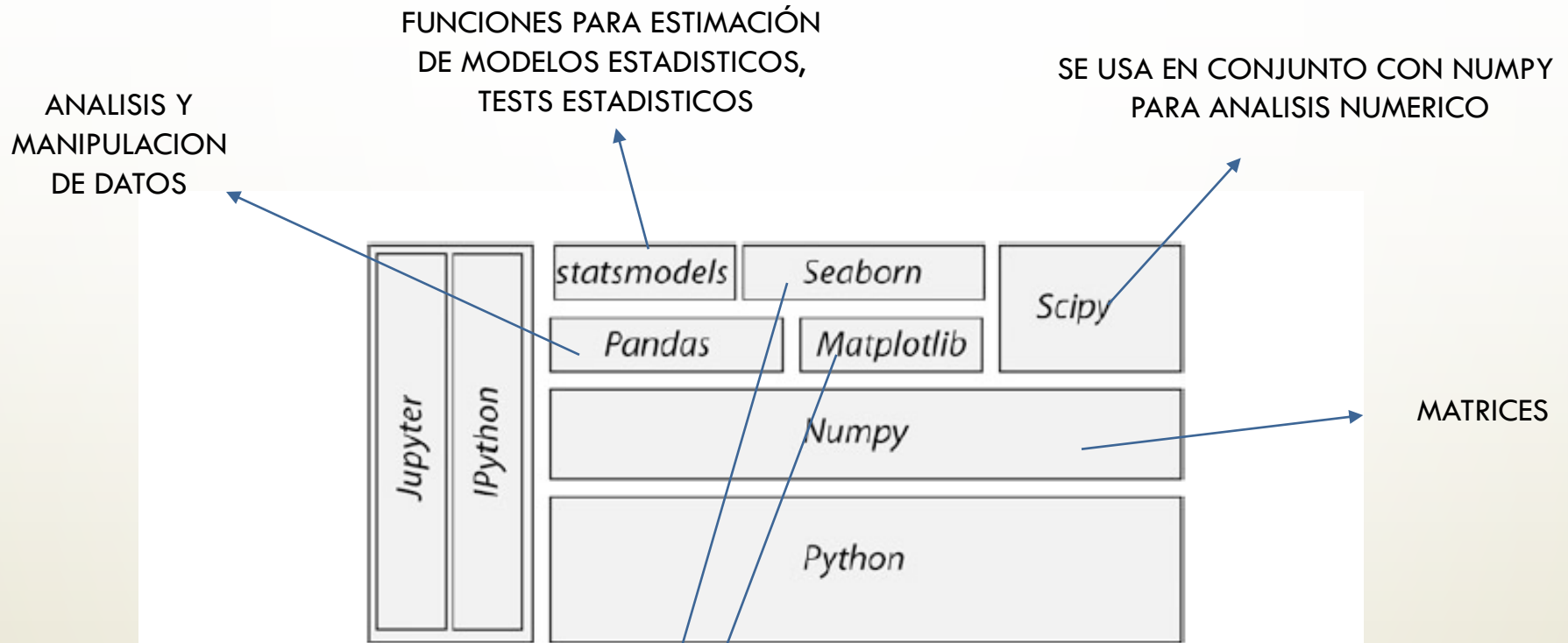


Fig. 2.1 The structure of the most important *Python* packages for statistical applications

COMANDOS BASICOS SOBRE PYTHON

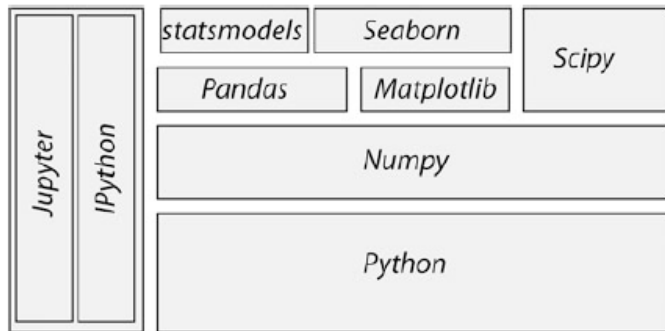


Fig. 2.1 The structure of the most important *Python* packages for statistical applications

```
pip list
```

```
pip install [paquete]
```

```
Pip install [paquete] -U
```

```
pip show numpy
```

```
import numpy
```

```
import numpy as np
```

```
dir(np)
```

```
from numpy import log10 as l10
```

```
help(pandas)
```

>>> Go to jupyter

COMANDOS BASICOS SOBRE PYTHON

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import scipy as sp
import pandas as pd
import seaborn as sns
```

Resetear/limpiar variables

```
%reset -sf
```

```
from IPython import get_ipython
get_ipython().magic('reset -sf')
```

TIPOS DE DATOS BASICOS

Numero entero -> int

Numero decimal -> float

Carácter -> chr

Cadena de texto -> str

Booleano -> bool

TIPOS DE DATOS

...Listas, tuplas, diccionarios....

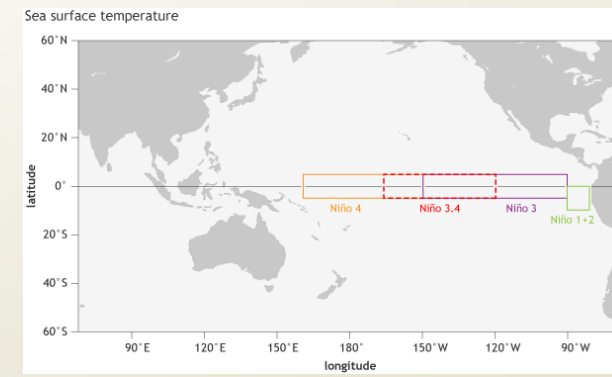
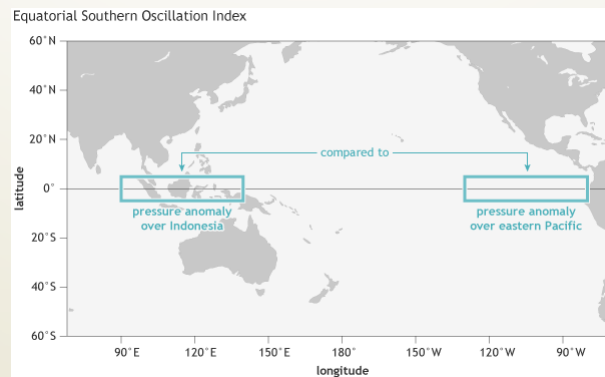
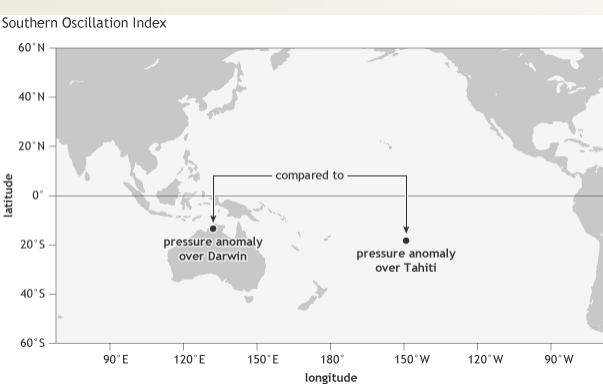
MAS INFORMACIÓN

- [HTTPS://DOCS.PYTHON.ORG/ES/3/TUTORIAL/INDEX.HTML](https://docs.python.org/es/3/tutorial/index.html)
- HASLWANTER, T. (2016). AN INTRODUCTION TO STATISTICS WITH PYTHON: WITH APPLICATIONS IN THE LIFE SCIENCES. SPRINGER. ISBN: 978-3-319-28316-6
- YAN, Y., YAN, J. (2018). HANDS-ON DATA SCIENCE WITH ANACONDA. PACKT. ISBN: 978-1-78883-119-2

EJERCICIO EN PYTHON

1. *CONTINUACION DE CAP. I (PROB. EN ESTACION ITHACA, NY)*
2. *EJERCICIO CON DATOS SOI, Y TSM (NINO3.4 & NINO 1+2)*

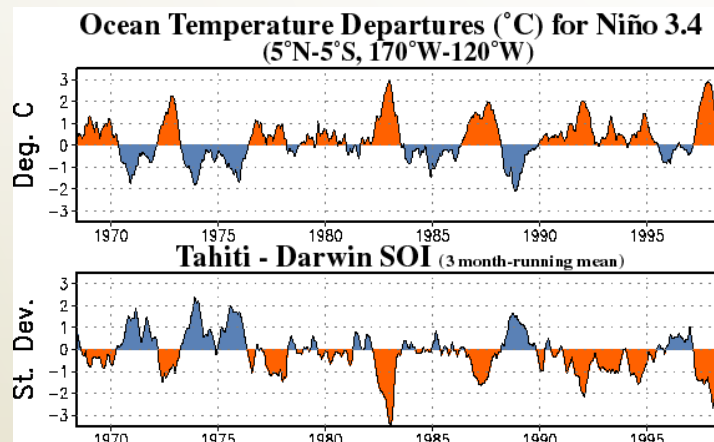
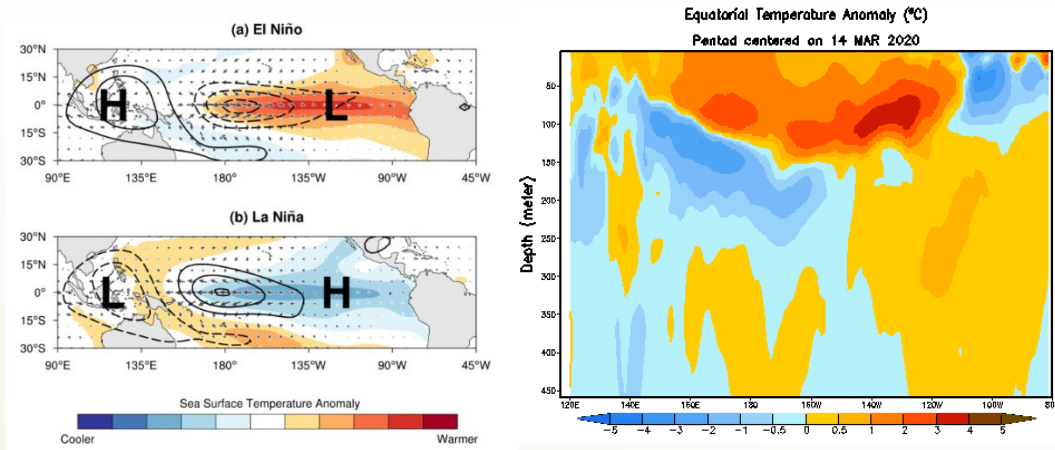
SOI: El índice de oscilación del sur o SOI representa la diferencia en la presión del aire promedio medida en Tahití y Darwin, Australia. Más específicamente, el SOI se calcula como la diferencia en los promedios mensuales de la presión media estandarizada al nivel del mar en cada estación.



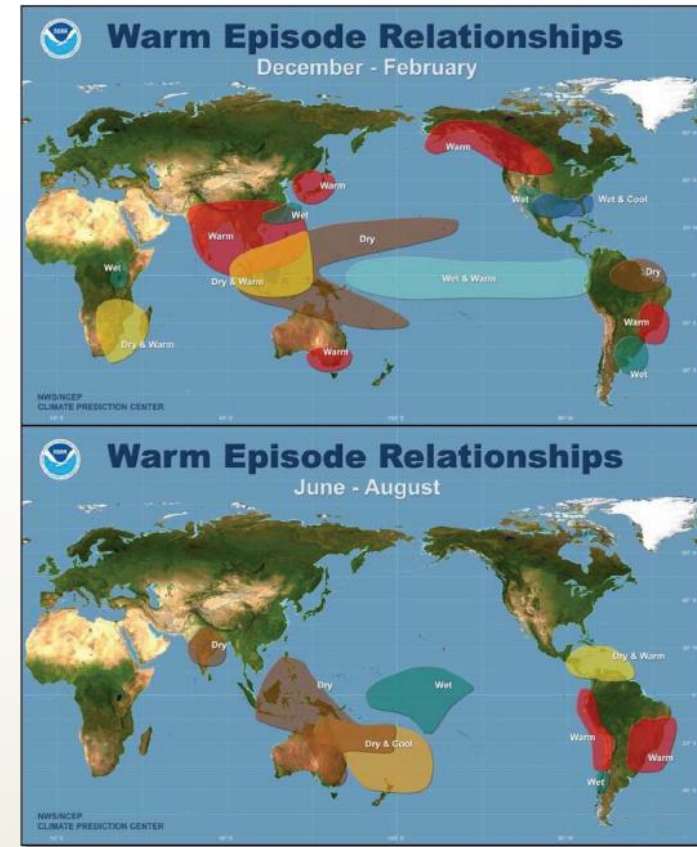
Barnston, 2015*

*<https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/why-are-there-so-many-enso-indexes-instead-just-one>

EL NIÑO

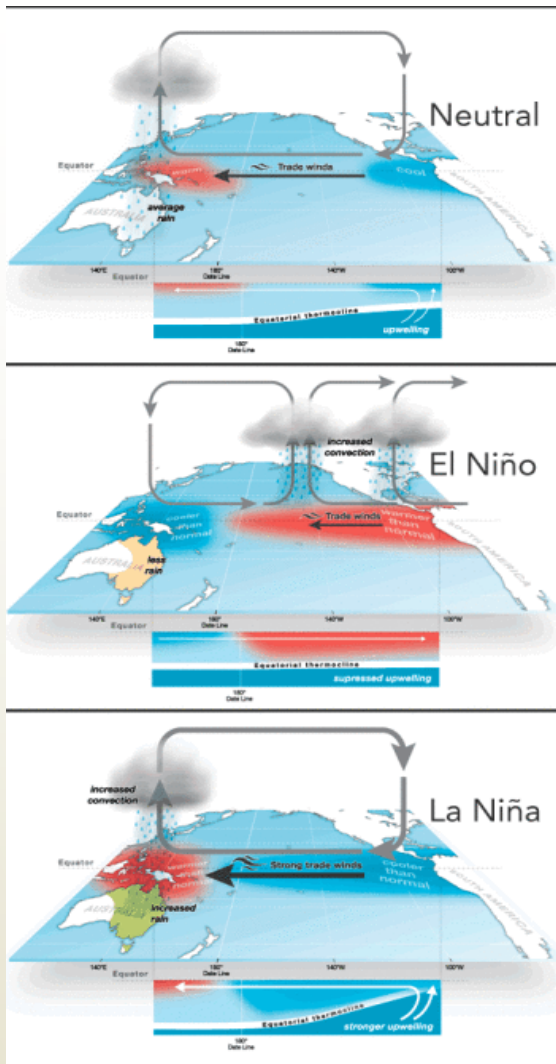


CPC/NOAA*

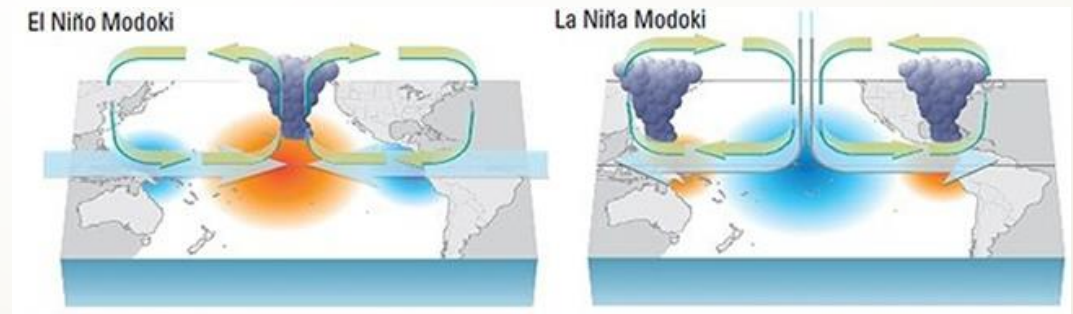


CPC/NOAA*

*https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensocycle/soi.shtml



IRI*



INOCAR**

*<https://iri.columbia.edu/our-expertise/climate/enso/enso-essentials/>

**<https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/articulos/770-el-nino-la-nina-enso-enos-el-nino-modoki-el-nino-canonical-el-nino-extraordinario-el-nino-godzilla-el-nino-costero-el-nino-oriental-en-que-consisten-realmente-y-como-afectan-al-ecuador>

DATA DE INDICES

- [HTTPS://PSL.NOAA.GOV/DATA/CLIMATEINDICES/LIST/](https://PSL.NOAA.GOV/DATA/CLIMATEINDICES/LIST/)
- [HTTPS://WWW.CPC.NCEP.NOAA.GOV/DATA/INDICES/](https://WWW.CPC.NCEP.NOAA.GOV/DATA/INDICES/)

>>> Go to jupyter