

Evaluación de las tecnologías object storage para almacenamiento y análisis de datos climáticos

Ezequiel Cimadevilla Álvarez

Máster en Ciencia de Datos
Universidad de Cantabria



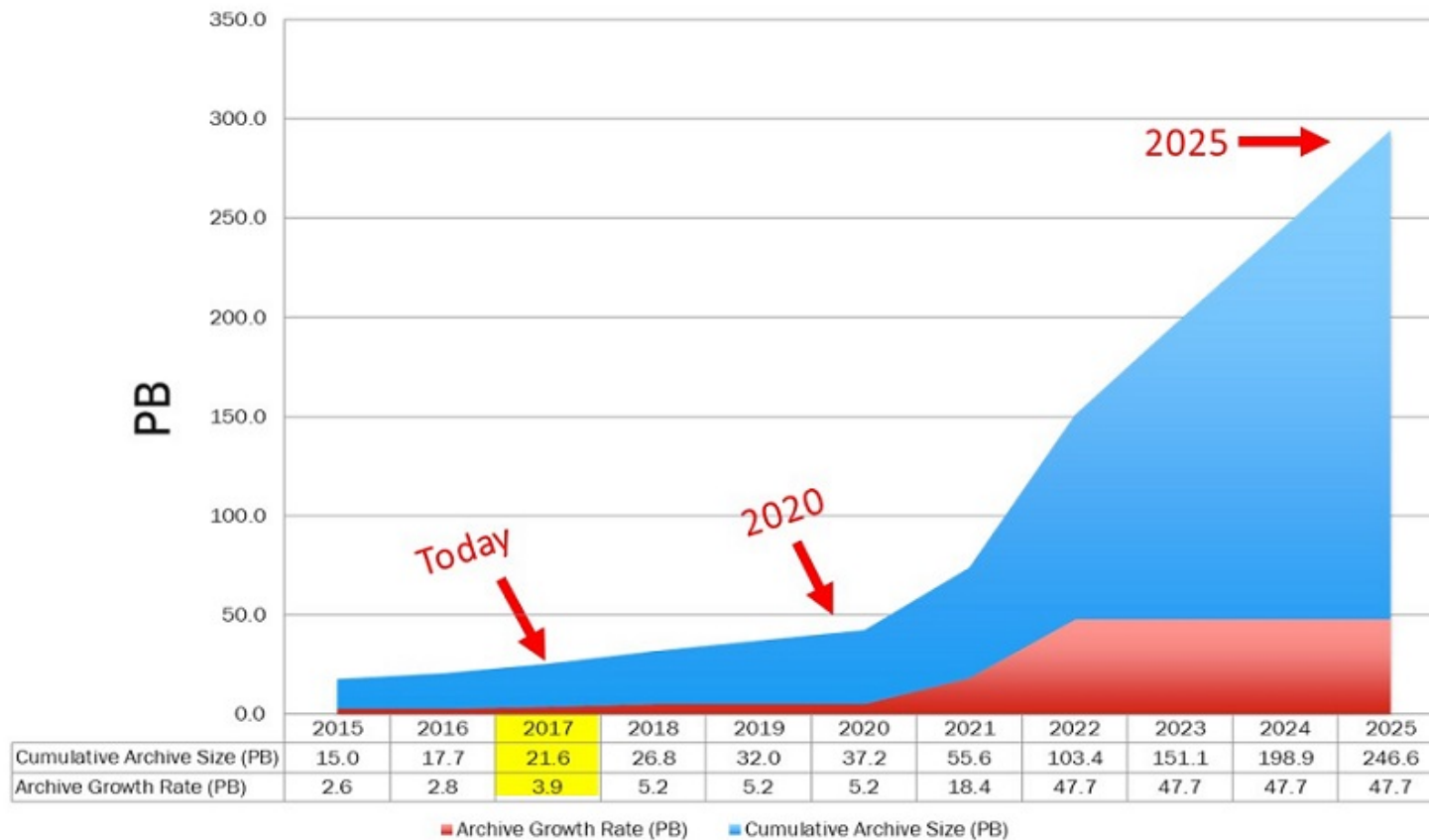
Índice

- Motivación y objetivo
- Datos climáticos
 - Introducción
 - NetCDF
 - Chunking
- Almacenamiento de datos climáticos
 - Sistemas de ficheros POSIX
 - Object storage
 - HDF5 cloud y Zarr
- Metodologías de análisis de datos
 - Descarga local
 - Servicios de análisis de datos
- Evaluaciones HPC y cloud
- Conclusiones y trabajo futuro

Motivación y objetivo

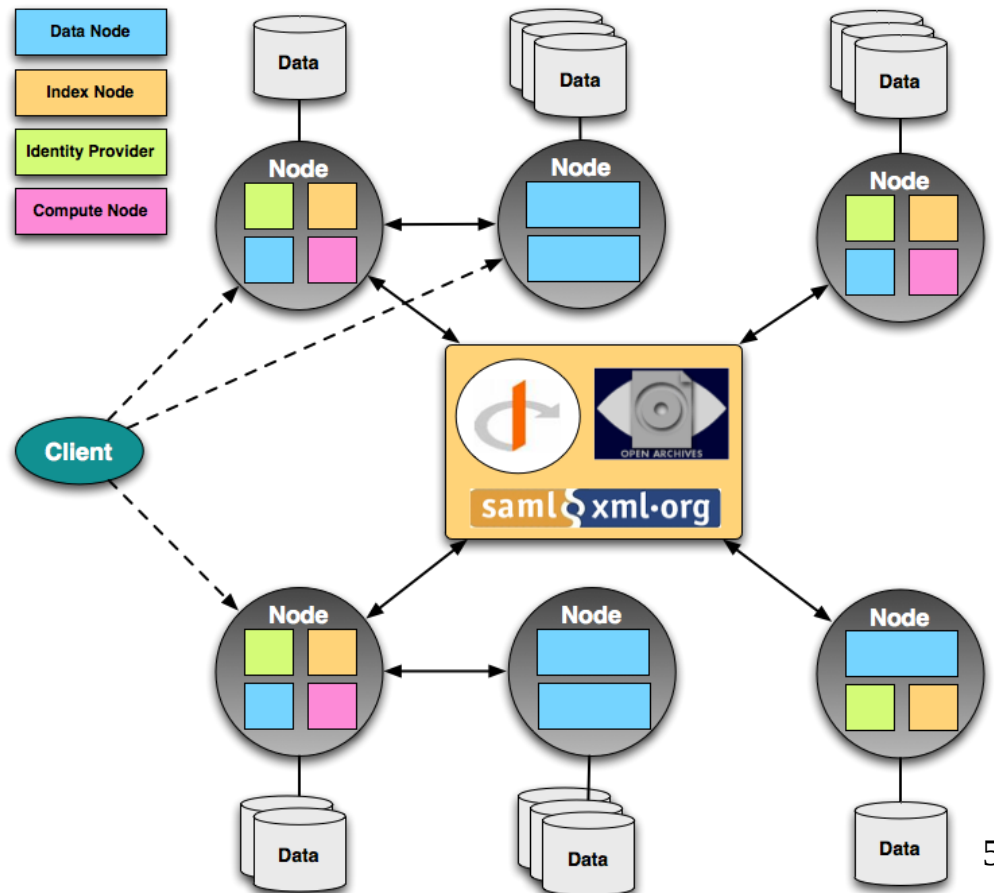
Motivación

- EOSDIS - NASA's Earth Observing System Data and Information System
- 2020 - 37 PB, 2025 - 246 PB



Motivación

- CMIP6 – Sexta fase del marco de trabajo para la mejora del conocimiento sobre cambio climático
 - CMIP3 – 36 TB
 - CMIP5 – 3,3 PB
 - CMIP6 – ¿100 PB?



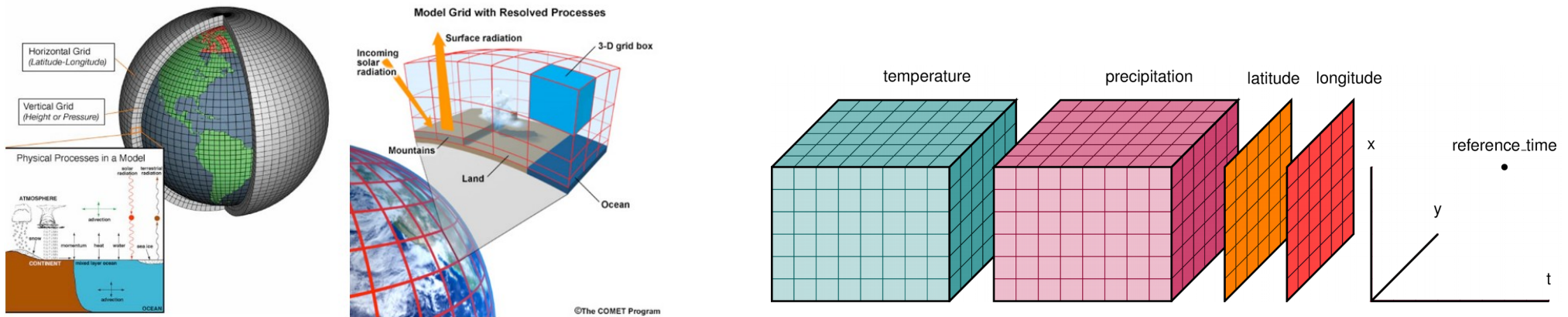
Objetivo

- Análisis del estado del arte sobre almacenamiento en object storage de datos climáticos
- Comparación entre los flujos de trabajo al realizar análisis de datos climáticos
- Despliegue de infraestructuras cloud y HPC

Datos climáticos

Datos climáticos - Introducción

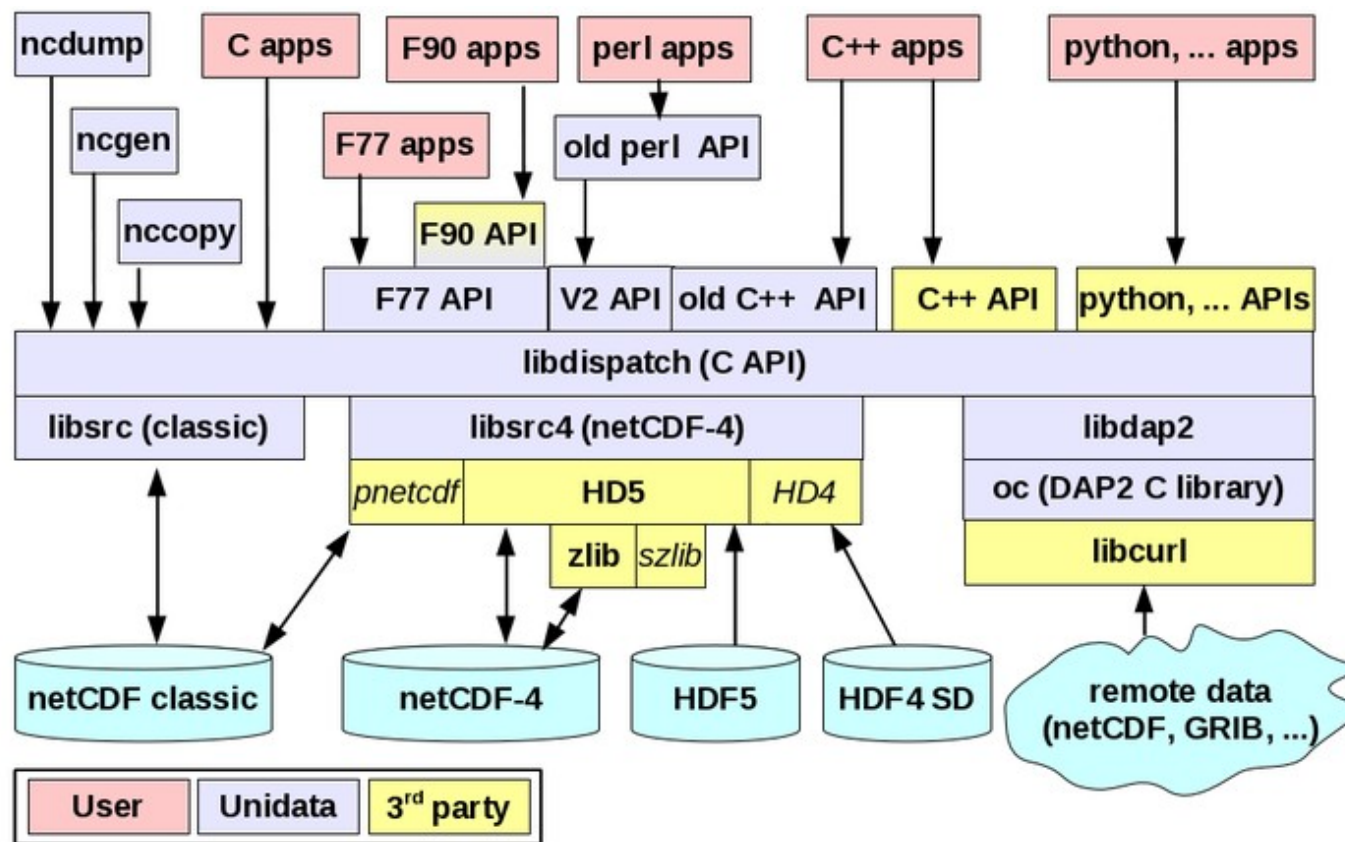
- Son producidos por ESMs, modelos del sistema terrestre
- Son datos multidimensionales



(Image: Maslin and Austin, Nature, 2012, 486, 183)

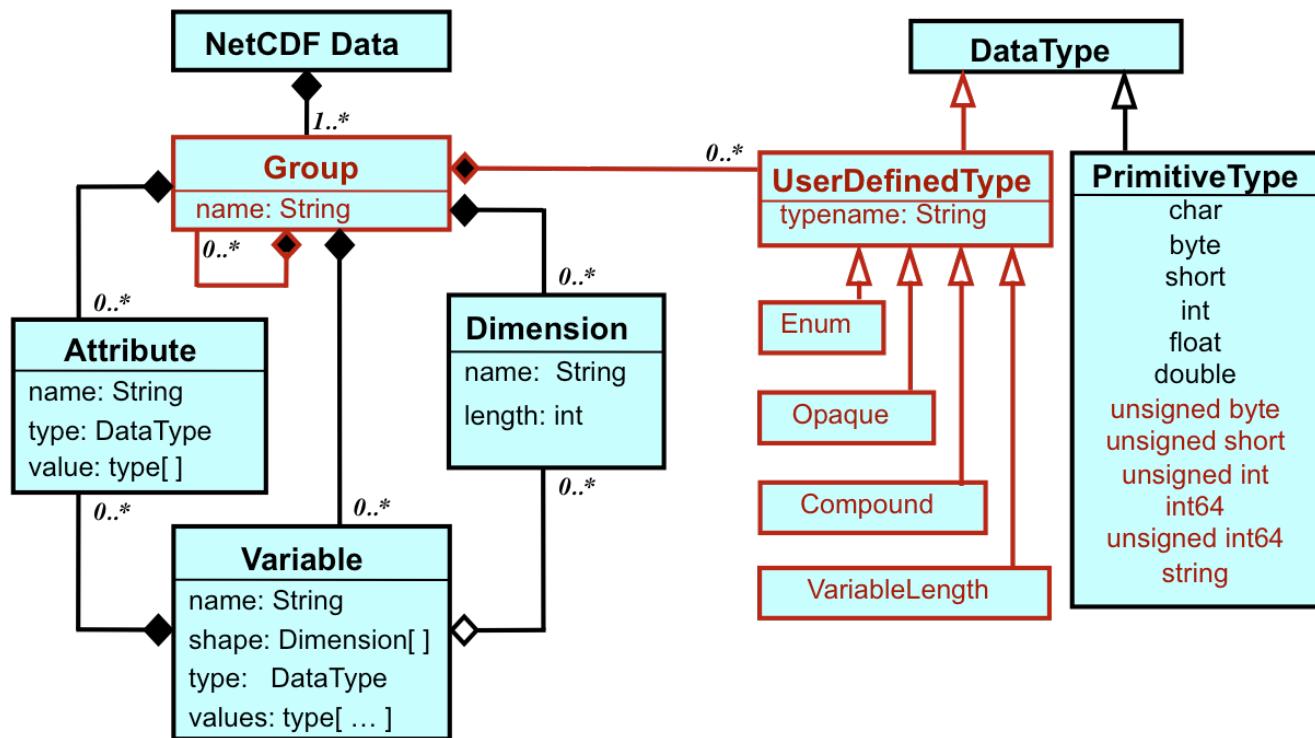
Datos climáticos - NetCDF

- Librería de referencia para trabajar con datos climáticos, escrita en lenguaje C
- Múltiples formatos del almacenamiento y APIs



Datos climáticos - NetCDF

- Modelo de datos formado por grupos, variables multidimensionales, atributos y tipos de datos



Datos climáticos - NetCDF

```
(netcdf) [zequi@hera tap] $ ncdump -h "http://193.146.75.233:8080/thredds/dodsC/chunked/tas_AERhr_CNRM-ESM2-1_historical_r1i1p1f2_gr_185001010030-185412312330.nc"
```

```
netcdf tas_AERhr_CNRM-ESM2-1_historical_r1i1p1f2_gr_185001010030-185412312330 {
```

```
dimensions:
```

```
    time = UNLIMITED ; // (43824 currently)
    axis_nbounds = 2 ;
    lat = 128 ;
    lon = 256 ;
```

```
variables:
```

```
double lat(lat) ;
    lat:axis = "Y" ;
    lat:standard_name = "latitude" ;
    lat:long_name = "Latitude" ;
    lat:units = "degrees_north" ;

double lon(lon) ;
    lon:axis = "X" ;
    lon:standard_name = "longitude" ;
    lon:long_name = "Longitude" ;
    lon:units = "degrees_east" ;

double height ;
    height:name = "height" ;
    height:standard_name = "height" ;
    height:long_name = "height" ;
    height:units = "m" ;
    height:axis = "Z" ;
    height:positive = "up" ;

double time(time) ;
    time:axis = "T" ;
    time:standard_name = "time" ;
    time:long_name = "Time axis" ;
    time:calendar = "gregorian" ;
    time:units = "days since 1850-01-01 00:00:00" ;
    time:time_origin = "1850-01-01 00:00:00" ;
    time:bounds = "time_bounds" ;
    time:_ChunkSizes = 2739 ;

double time_bounds(time, axis_nbounds) ;
    time_bounds:_ChunkSizes = 2739, 2 ;

float tas(time, lat, lon) ;
    tas:online_operation = "average" ;
    tas:cell_methods = "area: time: mean" ;
    tas:interval_operation = "900 s" ;
    tas:interval_write = "1 h" ;
    tas:_FillValue = 1.e+20f ;
    tas:missing_value = 1.e+20f ;
    tas:coordinates = "height" ;
    tas:standard_name = "air_temperature" ;
    tas:description = "Temperature at surface" ;
    tas:long_name = "Surface Temperature" ;
    tas:history = "none" ;
    tas:units = "K" ;
    tas:cell_measures = "area: areacella" ;
    tas:_ChunkSizes = 2739, 8, 32 ;
```

```
// global attributes:
```

```
:Conventions = "CF-1.7 CMIP-6.2" ;
:creation_date = "2018-09-15T06:24:21Z" ;
:description = "CMIP6 historical" ;
:title = "CNRM-ESM2-1 model output prepared for CMIP6 / CMIP historical" ;
```

Dataset: tas_AERhr_CNRM-ESM2-1_historical_r1i1p1f2_gr_185001010030-185412312330.nc
Catalog: <http://193.146.75.233:8080/thredds/catalog/chunked/catalog.html>

dataSize	5745297049
id	chunked/tas_AERhr_CNRM-ESM2-1_historical_r1i1p1f2_gr_185001010030-185412312330.nc

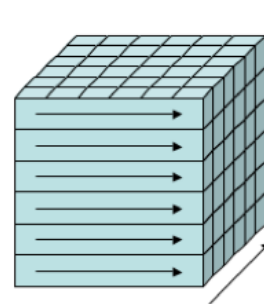
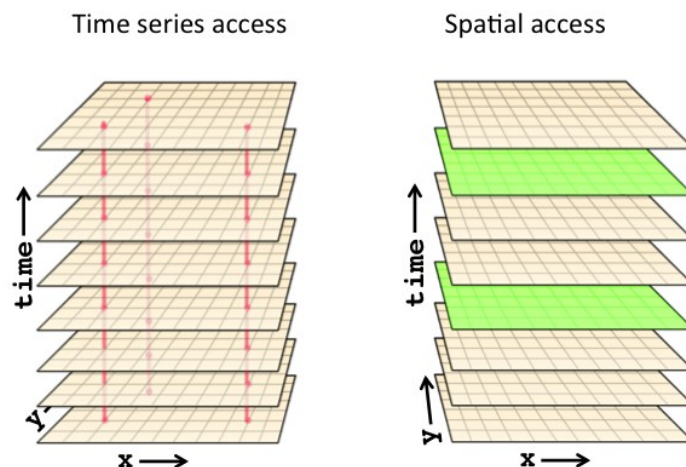
Access Preview

Access:

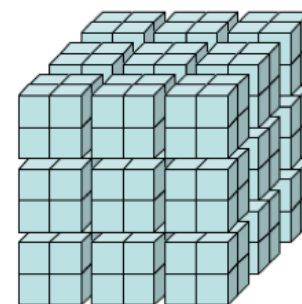
Service	Type	Description
OpenDAP	Data Access	Access dataset through OPeNDAP using the DAP2 protocol.
DAP4	Data Access	Access dataset through OPeNDAP using the DAP4 protocol.
HTTPServer	Data Access	HTTP file download.
WCS	Data Access	Supports access to geospatial data as 'coverages'.
WMS	Data Access	Supports access to georegistered map images from geoscience datasets.
NetcdfSubset	Data Access	A web service for subsetting CDM scientific datasets.
NetcdfSubset	Data Access	A web service for subsetting CDM scientific datasets.
CdmRemote	Data Access	Provides index subsetting on remote CDM datasets, using ncstream.
CdmrFeature	Data Access	Provides coordinate subsetting on remote CDM Feature Datasets, using ncstream.
ISO	Metadata	Provide ISO 19115 metadata representation of a dataset's structure and metadata.
NCML	Metadata	Provide NCML representation of a dataset.
UDDC	Metadata	An evaluation of how well the metadata contained in the dataset conforms to the NetCDF Attribute Convention for Data Discovery (NACDD).

Datos climáticos - Chunking

- Organización de los datos multidimensionales en el almacenamiento
- Enorme variabilidad en los tiempos de acceso



index order

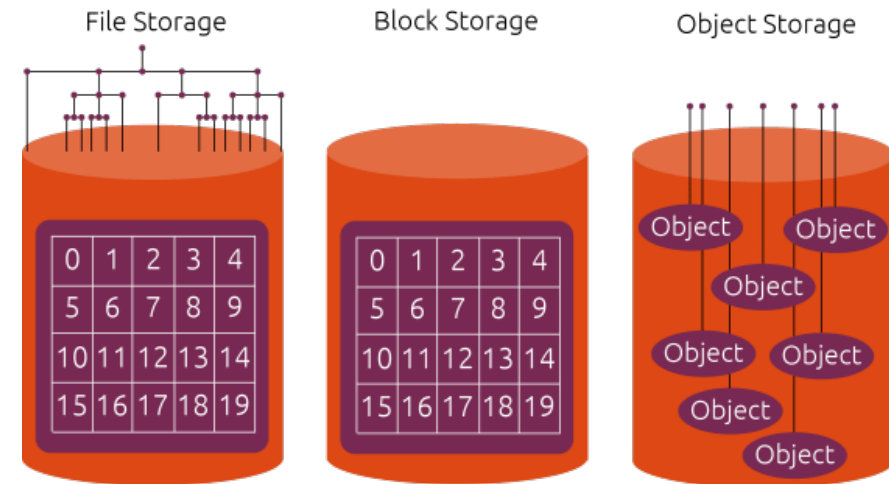
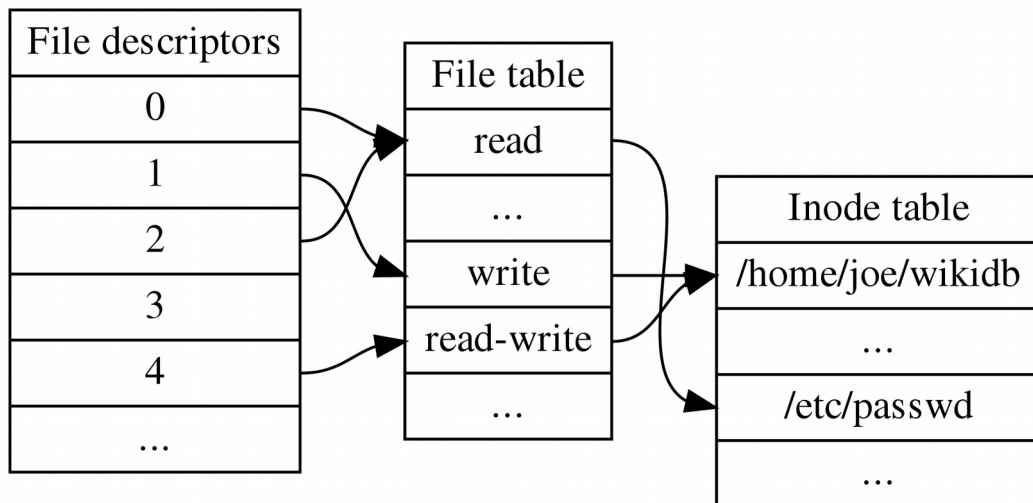


chunked

Almacenamiento de datos climáticos

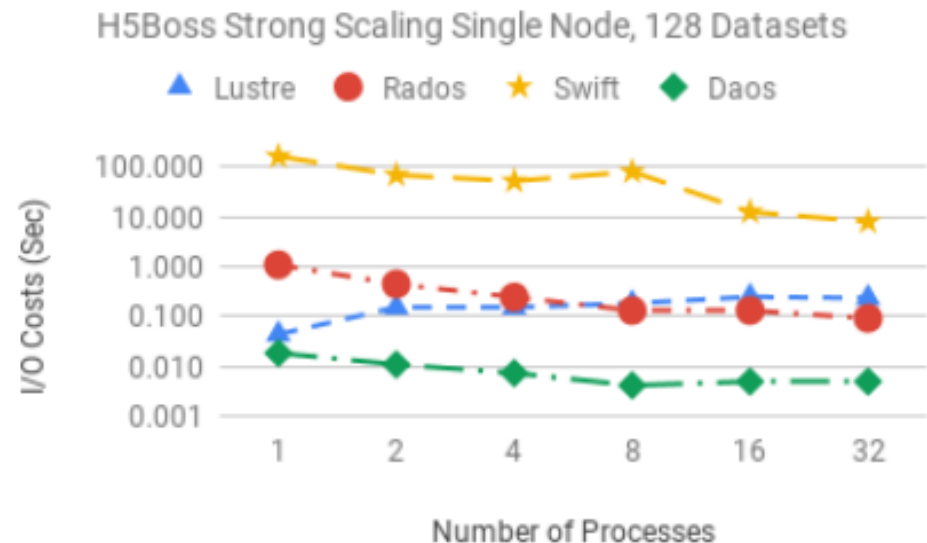
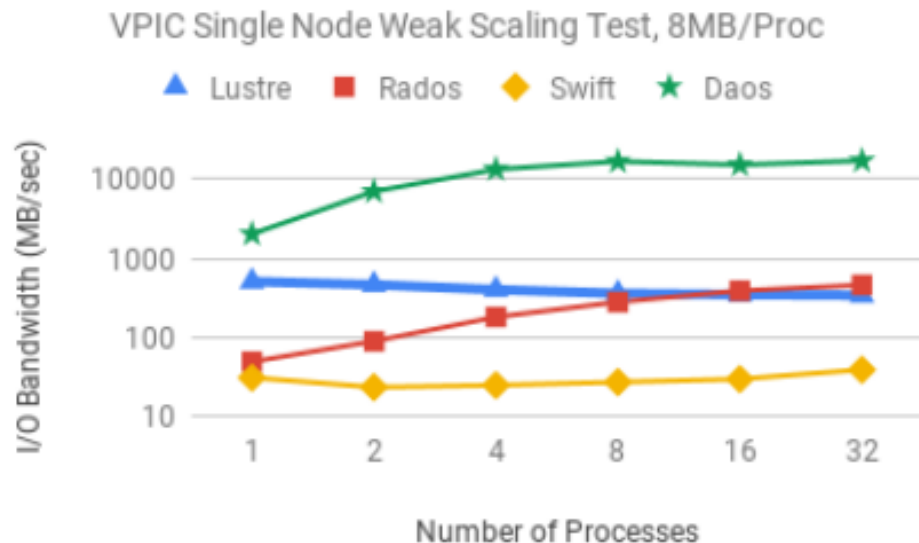
Sistemas de ficheros POSIX

- Múltiples metadatos asociados a los ficheros
- Semánticas de fuerte consistencia
- Limitaciones de escalabilidad en sistemas de ficheros en paralelo (Lustre, GPFS)



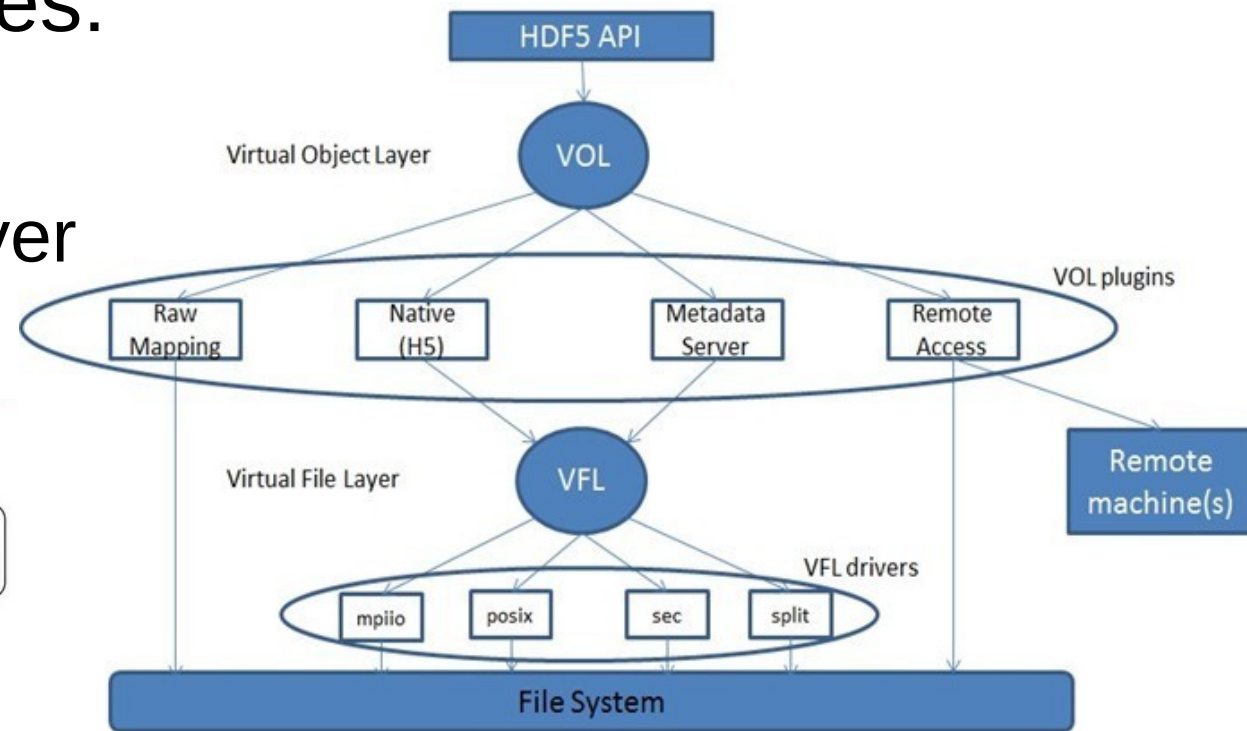
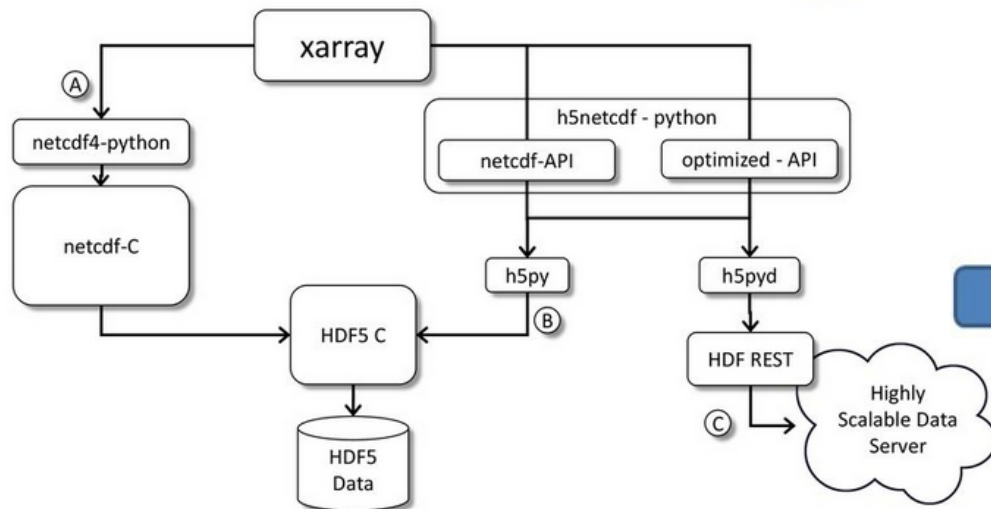
Object storage

- Espacio de nombres plano sin metadatos
- Acceso mediante operaciones atómicas sin estado
- Inmutabilidad de los objetos



HDF5 cloud

- HDF5 no puede acceder a datos almacenados en object storage
- Posibles soluciones:
 - FUSE
 - Virtual Object Layer
 - HSDS



Zarr

- Librería escrita en Python para almacenamiento de arrays multidimensionales
- Modelo de datos muy similar a netCDF
- La abstracción de almacenamiento es MutableMapping de Python
- Encaja tanto en sistemas de ficheros como en object storage
- Metadatos y chunks se almacenan en objetos distintos

Metodologías de análisis de datos

Descarga local

- Metodología tradicional de análisis de datos
- Imposible de llevar a cabo cuando los datasets superan el almacenamiento local
- Requiere la instalación de software de análisis en el cliente

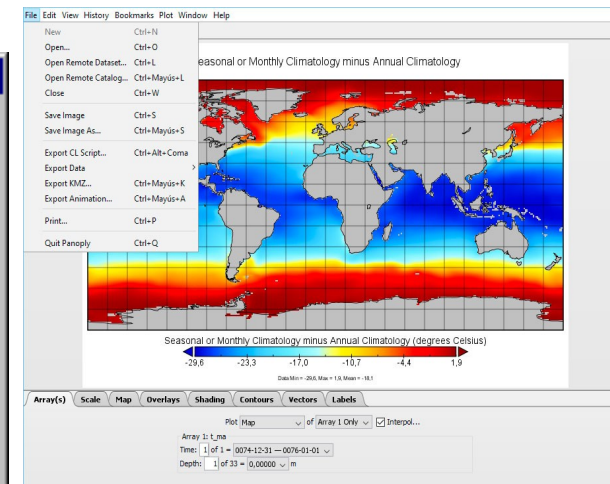
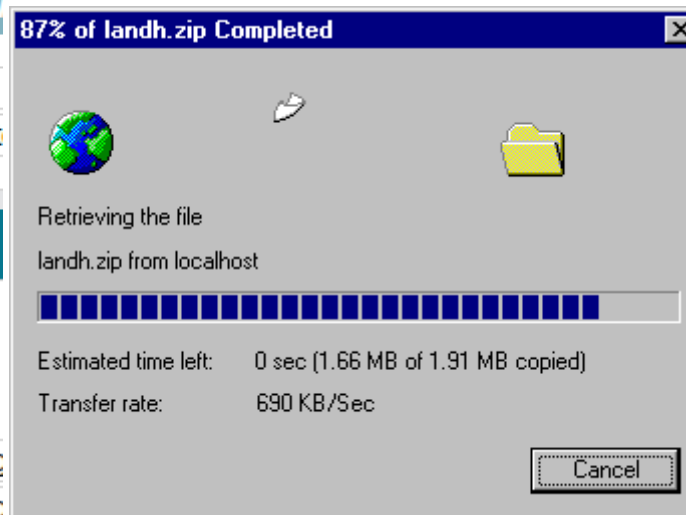
Dataset: tas_AERhr_CNRM-ESM2-1_historic
Catalog: <http://193.146.75.233:8080/thredds/>

dataSize	5745297049
id	chunked/tas_AERhr_CNRM-ESM2-1_hist

Access **Preview**

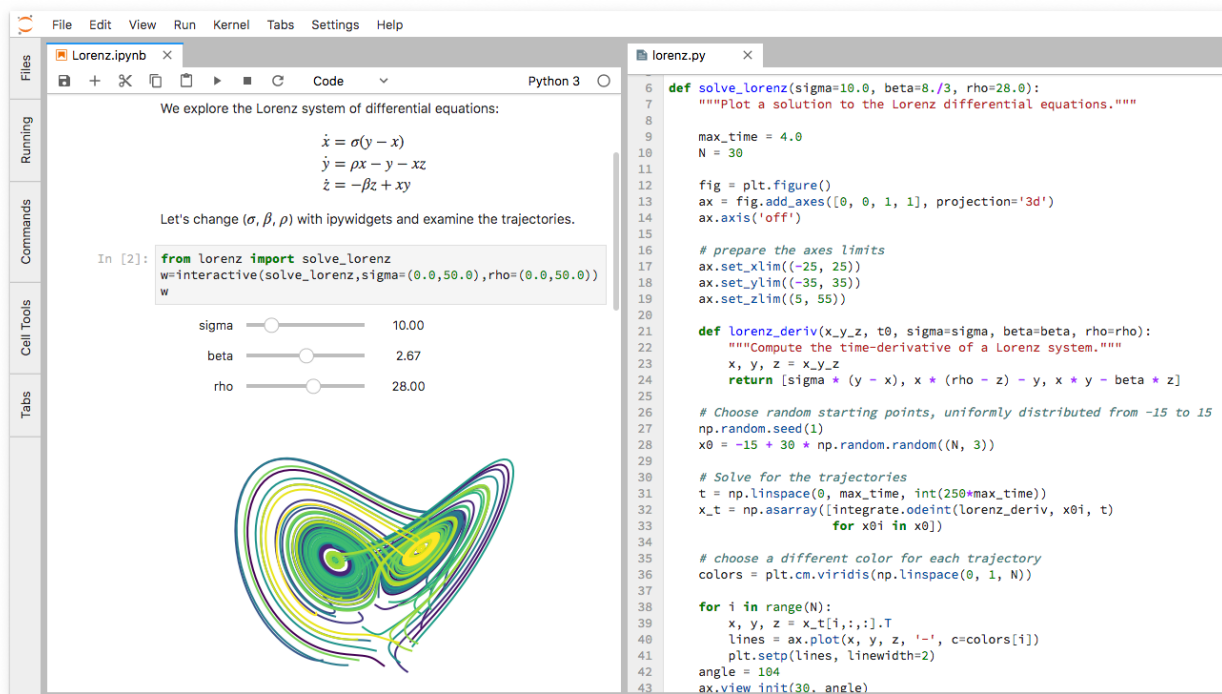
Access:

Service	Type	
OpenDAP	Data Access	Access dataset through OpenDAP
DAP4	Data Access	Access dataset through DAP4
HTTPServer	Data Access	HTTP file download.



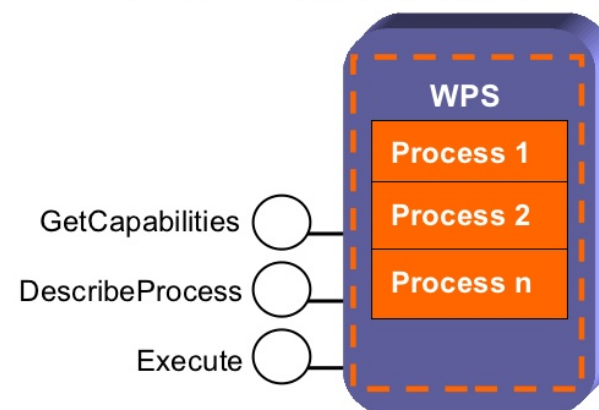
Servicios de análisis de datos

- Acercar la computación a los datos
- Python Jupyter Notebook y JupyterHub
- Web Processing Services, OGC



Web-based Geoprocessing

Data → Information

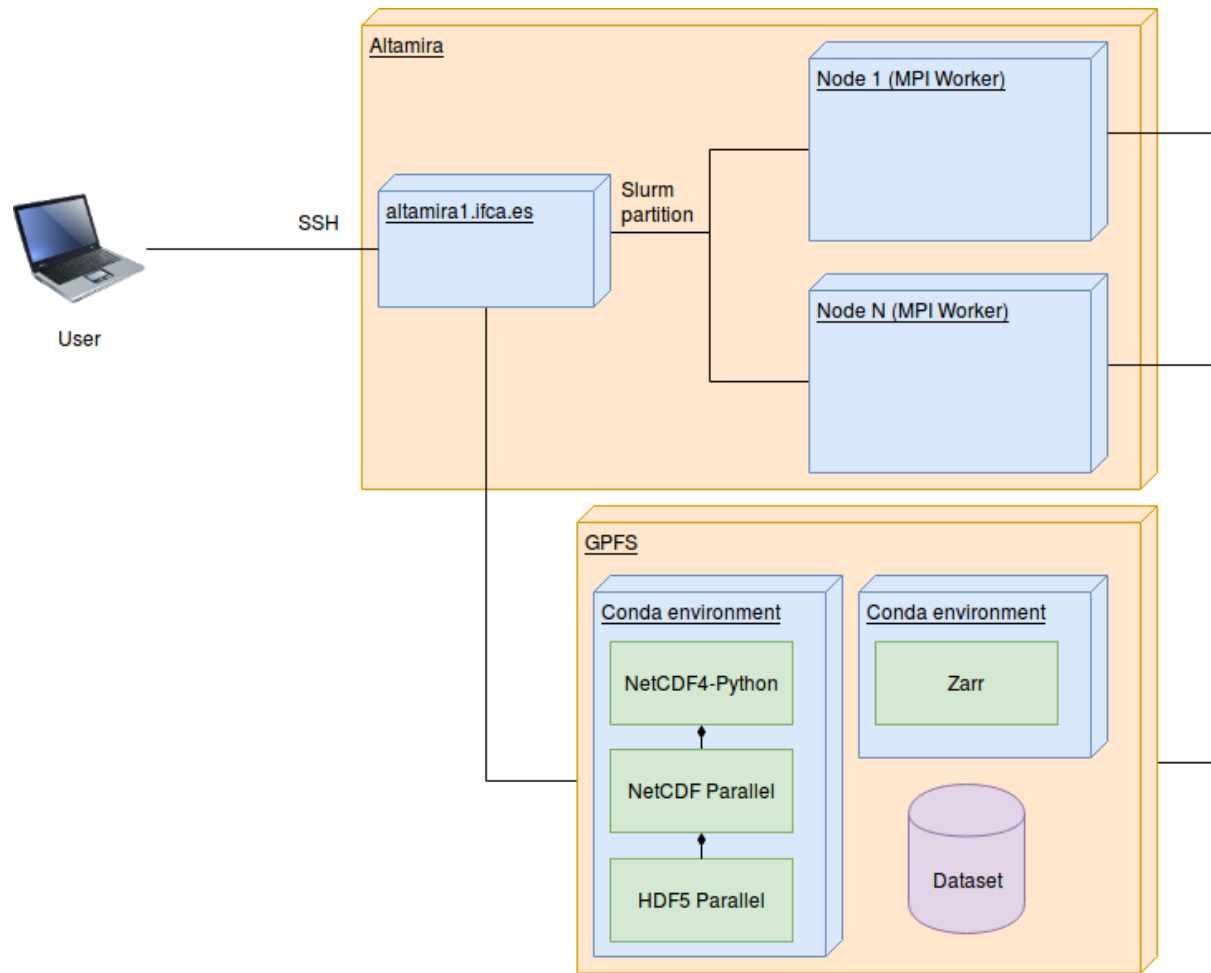


Evaluaciones HPC y cloud

Evaluaciones HPC y cloud

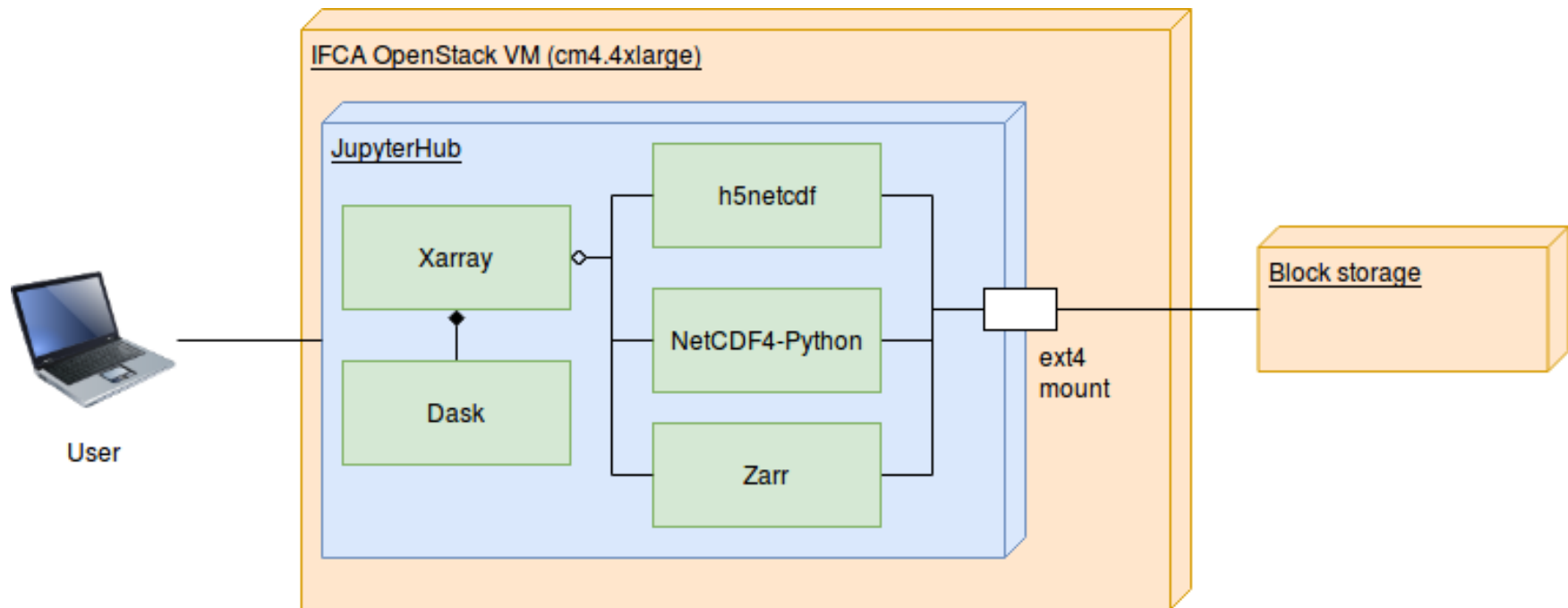
- El objetivo es desarrollar pruebas de concepto que muestren las características e infraestructura necesaria de cada tipo de acceso
- Visualización preliminar de la eficiencia de cada tipo de acceso
- Test sobre tres infraestructuras distintas, 1 HPC y 2 cloud
- Despliegue automatizado mediante Ansible
- Comparación de acceso en serie y paralelo

Acceso local HPC



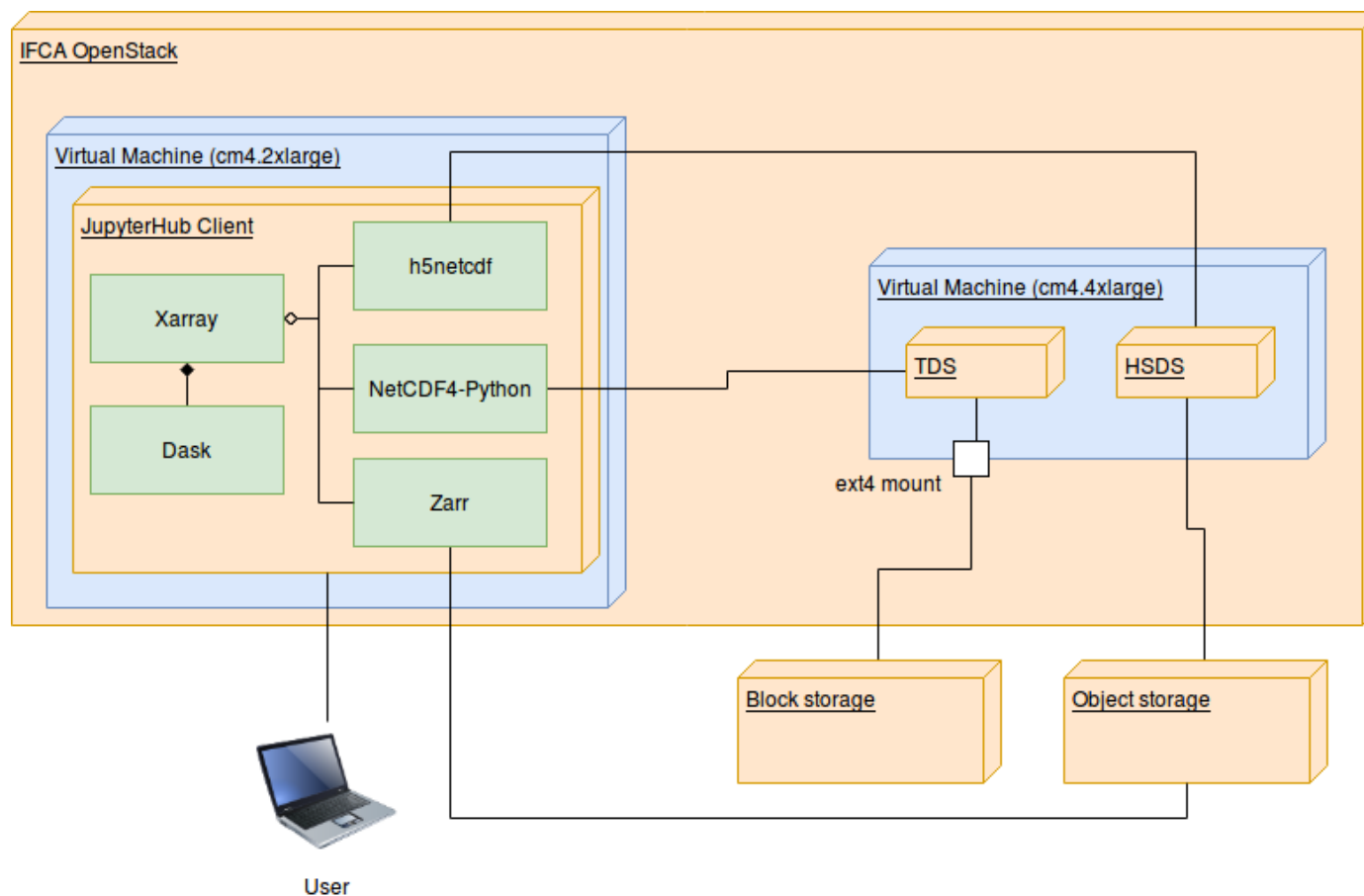
Librería / Tasks	NetCDF4 Independent	NetCDF4 Collective	Zarr
2	145,04s	-	86,82s
4	80,22s	29,52s	37,35s
8	39,73s	17,75s	14,43s

Acceso local cloud



Librería / Acceso	netCDF4	Zarr	h5netcdf
Serie	146,2s	148,8s	128,7s
Threads	90,5s	49,1s	109,1s
Speed up	1,61	3	1,17

Acceso remoto cloud

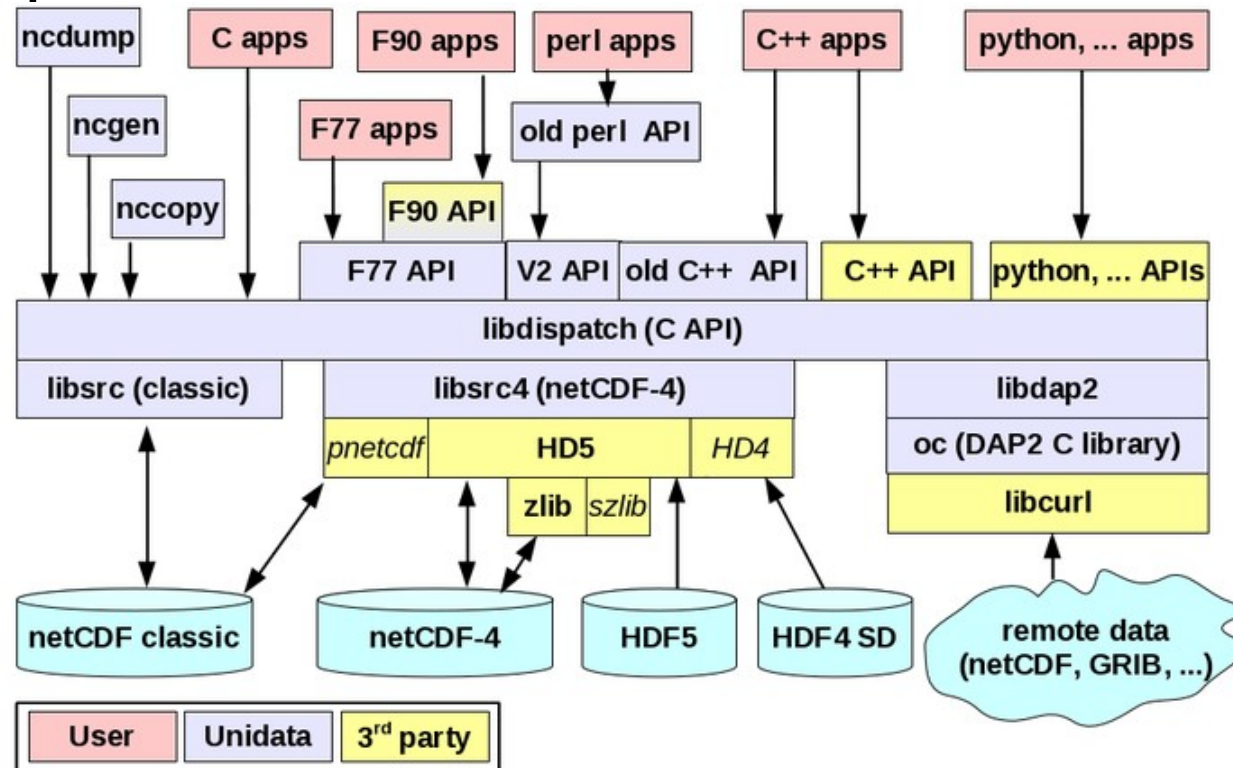


Librería / Acceso	netCDF4 - TDS	Zarr	h5netcdf - HSDS
Serie	302,9s	1273,6s	-
Threads	279,7s	97s	-
Speed up	1,08	13,12	-

Conclusiones y trabajo futuro

Conclusiones

- El movimiento de los datos a object storage (cloud) forma parte del presente
 - ¿Adaptar netCDF a object storage?
 - ¿Adoptar una nueva librería en la comunidad?



Trabajo futuro

- Explicación de las diferencias en los tiempos de acceso
- Extensión del entorno cloud a un clúster en el que realizar paralelismo distribuido
- Evaluación de casos de uso más complejos de minería de datos o machine learning
- Uso de un dataset de mayor tamaño en las pruebas

Evaluación de las tecnologías object storage para almacenamiento y análisis de datos climáticos

Ezequiel Cimadevilla Álvarez

Máster en Ciencia de Datos
Universidad de Cantabria



CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

