

# RED NACIONAL DE DETECCIÓN DE BÓLIDOS



un proyecto de ciencia participativo

Responsable: Gonzalo Tancredi

Con la participación de Manuel Caldas, Álvaro Guaimare, Sebastián Bruzzone

**Depto. Astronomía, Ins. Física, Fac. Ciencias, Udelar**

**Estudiantes de la Lic. Astronomía:** Valeria Abraham, Lucía Velasco, Lucas Barrios, Matías Hernández y varios otros

Con la colaboración de:

Profesores de Secundaria: Heber Pombo, Silvia Martino, Vladimir Pérez, Daniel Fernández, Observatorio de Montevideo, Inspección de Astronomía, Uruguay Educa, ...  
Observatorio Astronómico Los Molinos: Edgardo Acosta, Andrea Maciel, Alberto Ceeretta

Con la financiación de:

CSIC – UDELAR  
PEDECIBA  
Embajada de EEUU en Uruguay



**Semana de la  
Ciencia y la  
Tecnología**  
URUGUAY

# METEOROS



*C. Holtz Photography*



# DEFINICIONES

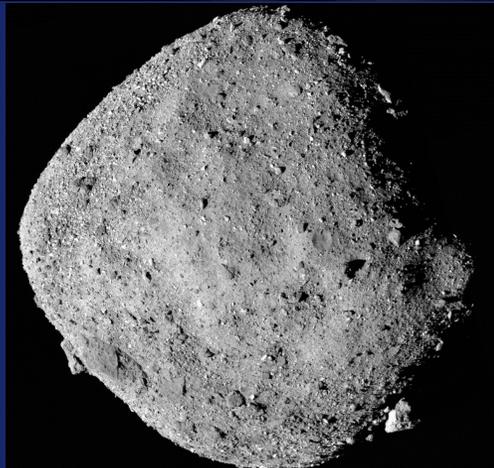
- **Meteoroides:** Cualquier objeto de pequeño tamaño que se mueve en el espacio (fragmentos de asteroides o cometas).
- **Meteoro:** Meteoroides que ingresan a la atmósfera y debido a la fricción con el gas atmosférico producen trazas luminosas.
- **Meteorito:** Fragmentos de meteoros que no se desintegran totalmente y que llegan a la superficie de la Tierra.

# LOS PADRES

**Cometas:** Aglomerado de hielos (H<sub>2</sub>O) y polvo rocoso, que se sublima al acercarse al Sol, y desprende polvo y gases formando una cola.

**Asteroide:** objeto rocoso, monolítico o aglomerado de pequeñas rocas.

Tamaños característicos: cientos de metros a algunas decenas o pocas centenas de km



## METEOR TERMINOLOGY

AMERICAN METEOR SOCIETY - WWW.AMSMETEORS.ORG



**ASTEROID**  
Small rocky, iron or icy debris flying in space.  
From 1 meter to hundreds of kilometers.

**COMET**  
A solid body made of ice, rock, dust and frozen gases. As they fracture and disintegrate, some comets leave a trail of solid debris.  
Nucleus (solid part): tens of kilometers.  
Tail: millions of kilometers.

**METEOROID**  
A small asteroid.  
From microns to 1 meter.



**METEOR SHOWER**  
An annual event, when the Earth passes through a region having a great concentration of debris, such as particles left by a comet. From Earth, it looks like meteors radiate from the same point in the night sky.

**METEOR**  
The light emitted from a meteoroid or an asteroid as it enters the atmosphere.

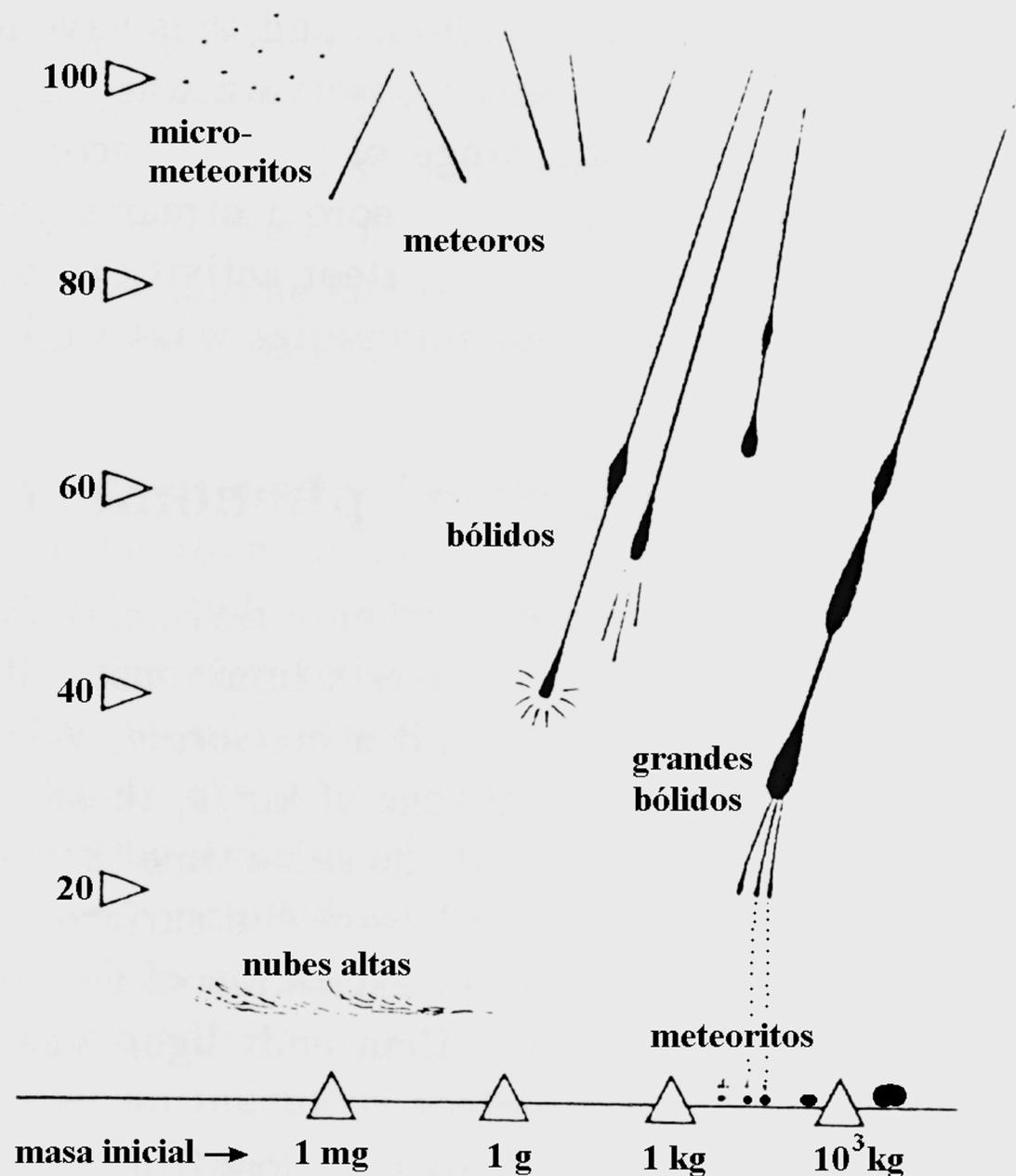
**FIREBALL**  
A meteor brighter than the planet Venus.

**BOLIDE**  
The light emitted by a large meteoroid or an asteroid as it explodes in the atmosphere.

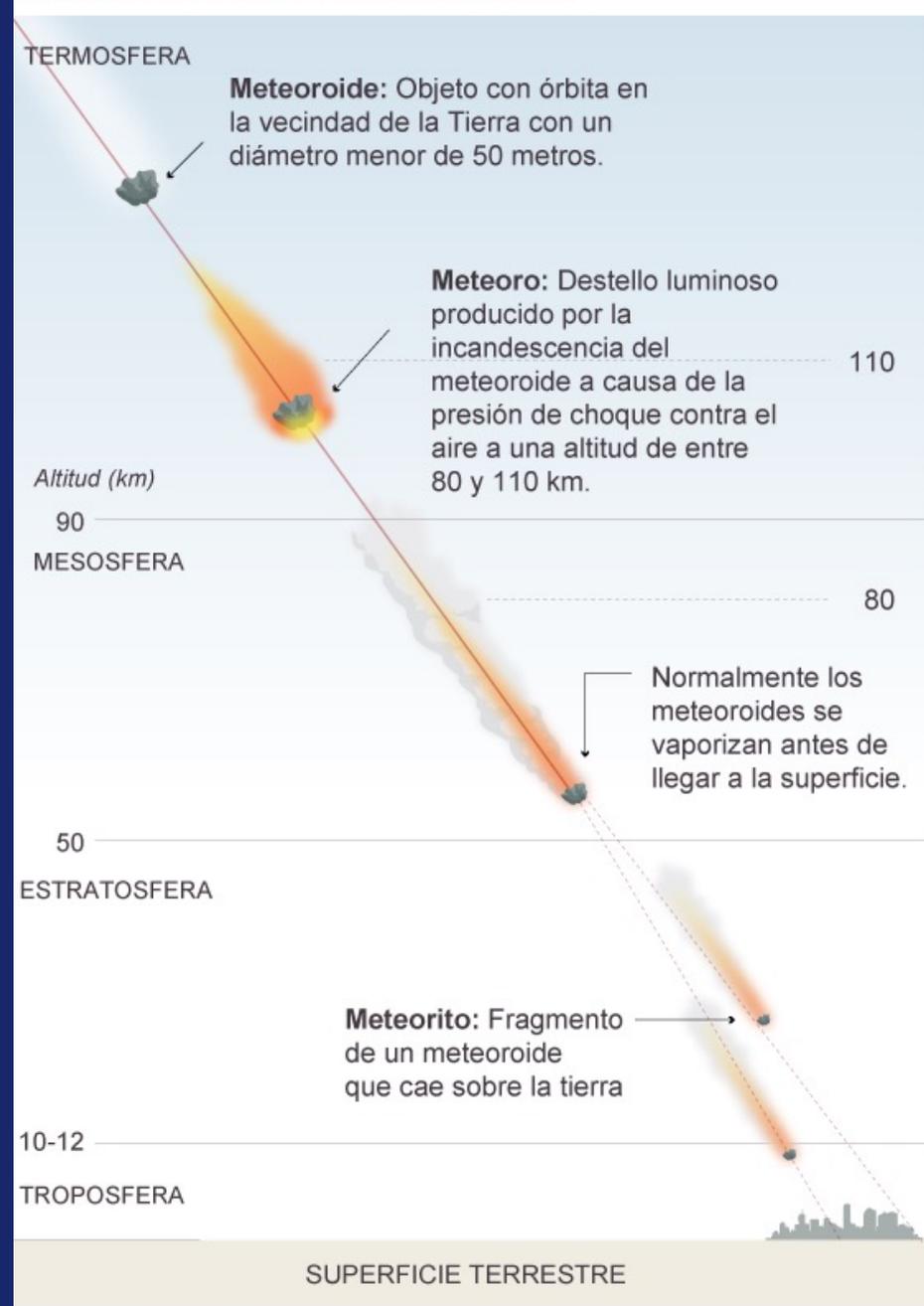
**METEORITE**  
A fragment of a meteoroid or an asteroid that survives passage through the atmosphere and hits the ground.  
From few grams to several dozen of tonnes.



Altura (km)



## CAÍDA DE METEORITOS SOBRE LA TIERRA

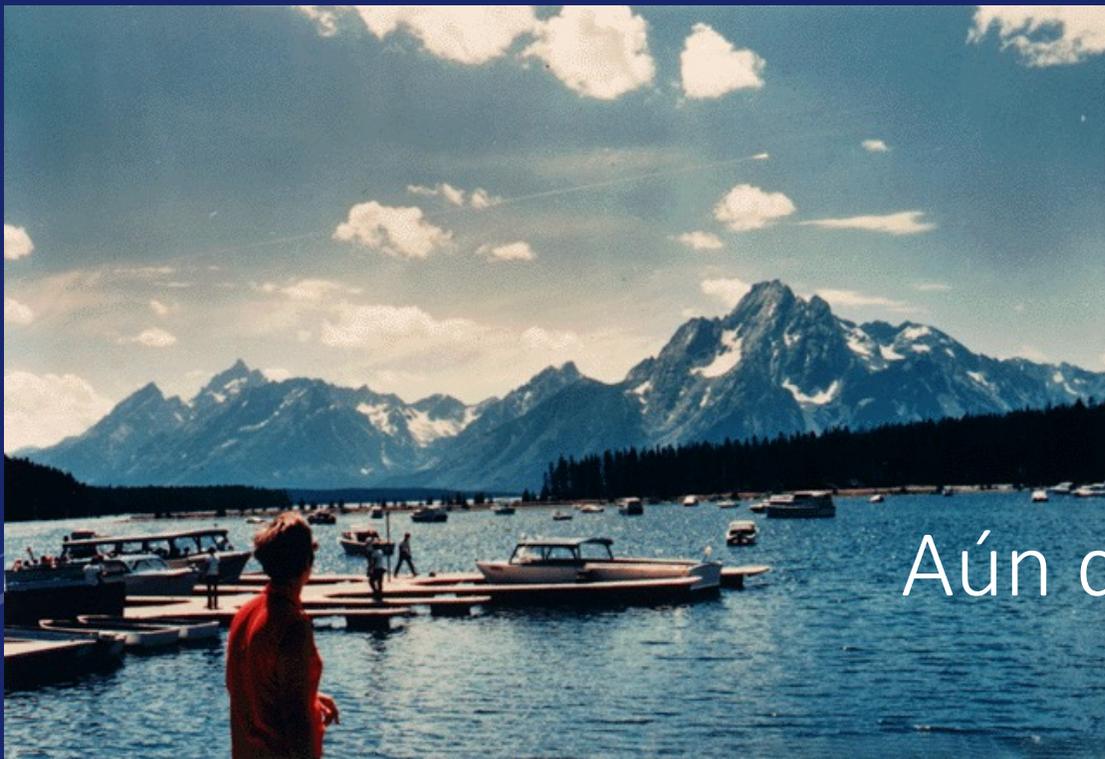


\*Los dibujos no están a escala.

2021-02-23 21:27:03  
Benicassim\_Est

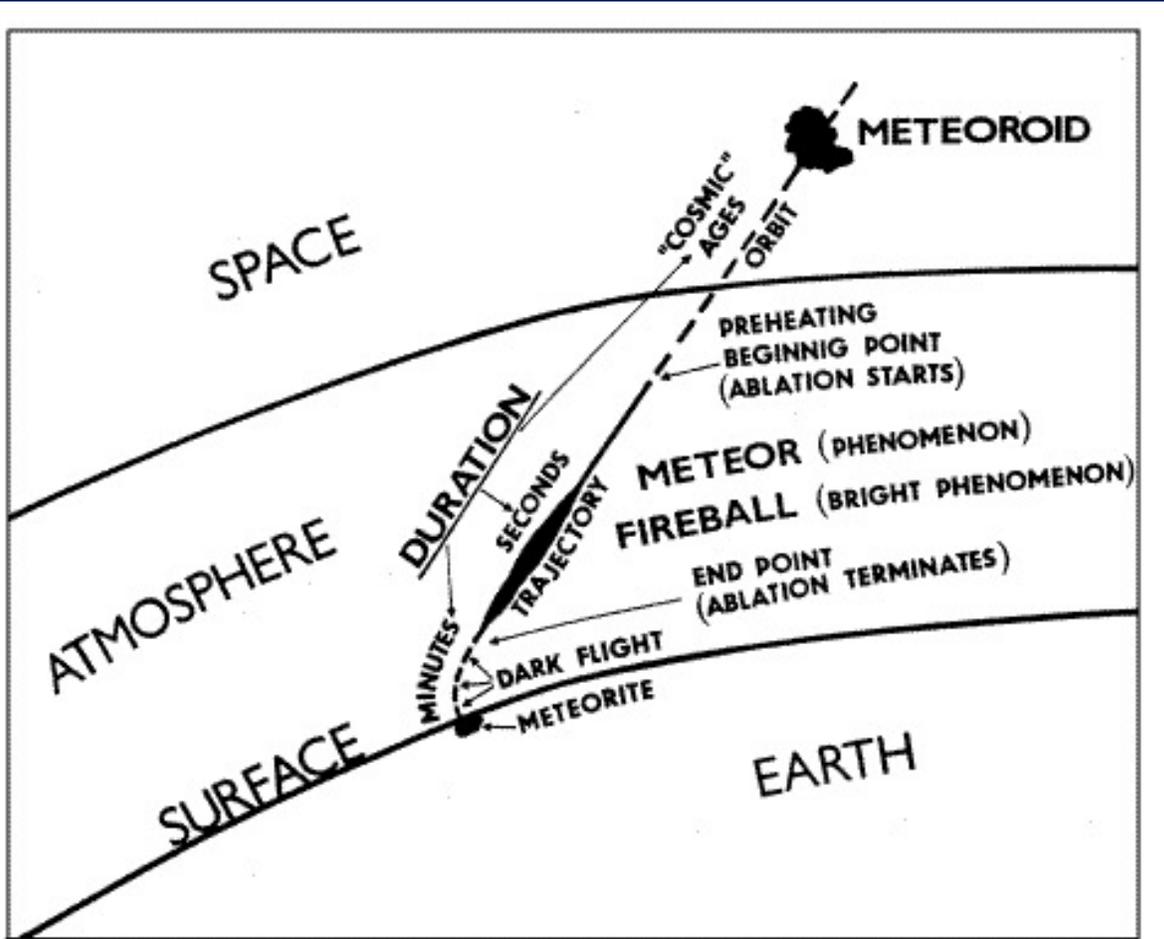
# BÓLIDOS

## BOLIDE - FIREBALLS



Aún de día

# Terminología básica



**Calentamiento** por fricción con gases atmosféricos  
**Velocidad de entrada:** superior a la velocidad de escape desde la superficie terrestre ( $> 11 \text{ km/s}$ )

**Ablación:** Pérdida de material superficial de un meteorito por calentamiento. Se produce ionización, de los componentes atmosféricos y del meteorito.

**Meteoro:** el fenómeno brillante

**Bólide:** meteoro más brillante que Venus  
Comienzo de la fase brillante: a altura  $\sim 100 \text{ km}$

**Duración:** pocos segundos ( $100 / 11 \sim 10 \text{ seg}$ )

**Vuelo oscuro:** cuando finaliza el proceso de ablación y comienza la caída del remanente (meteorito). Ocurre a  $\sim 20 \text{ km}$ . Caída velocidad terminal de  $100 \text{ m/s}$

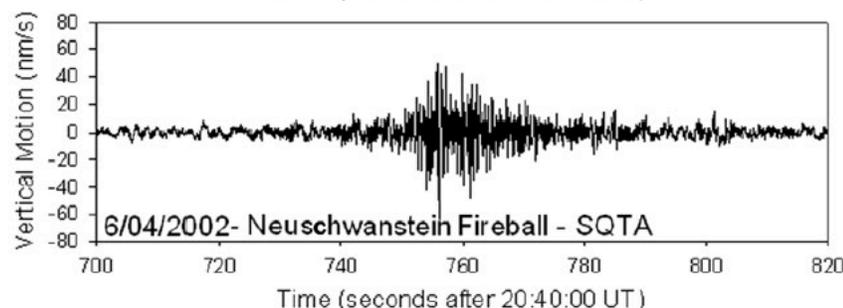
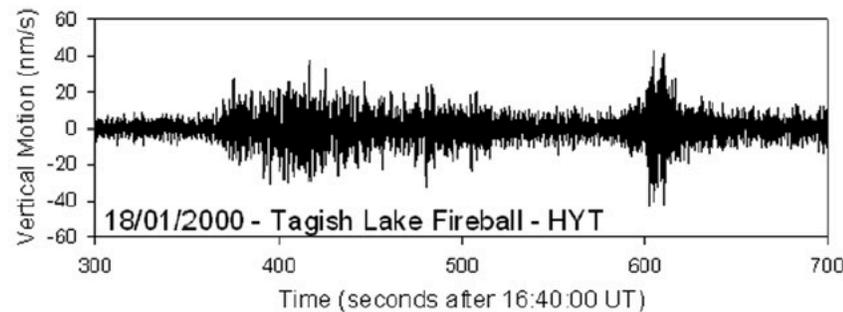
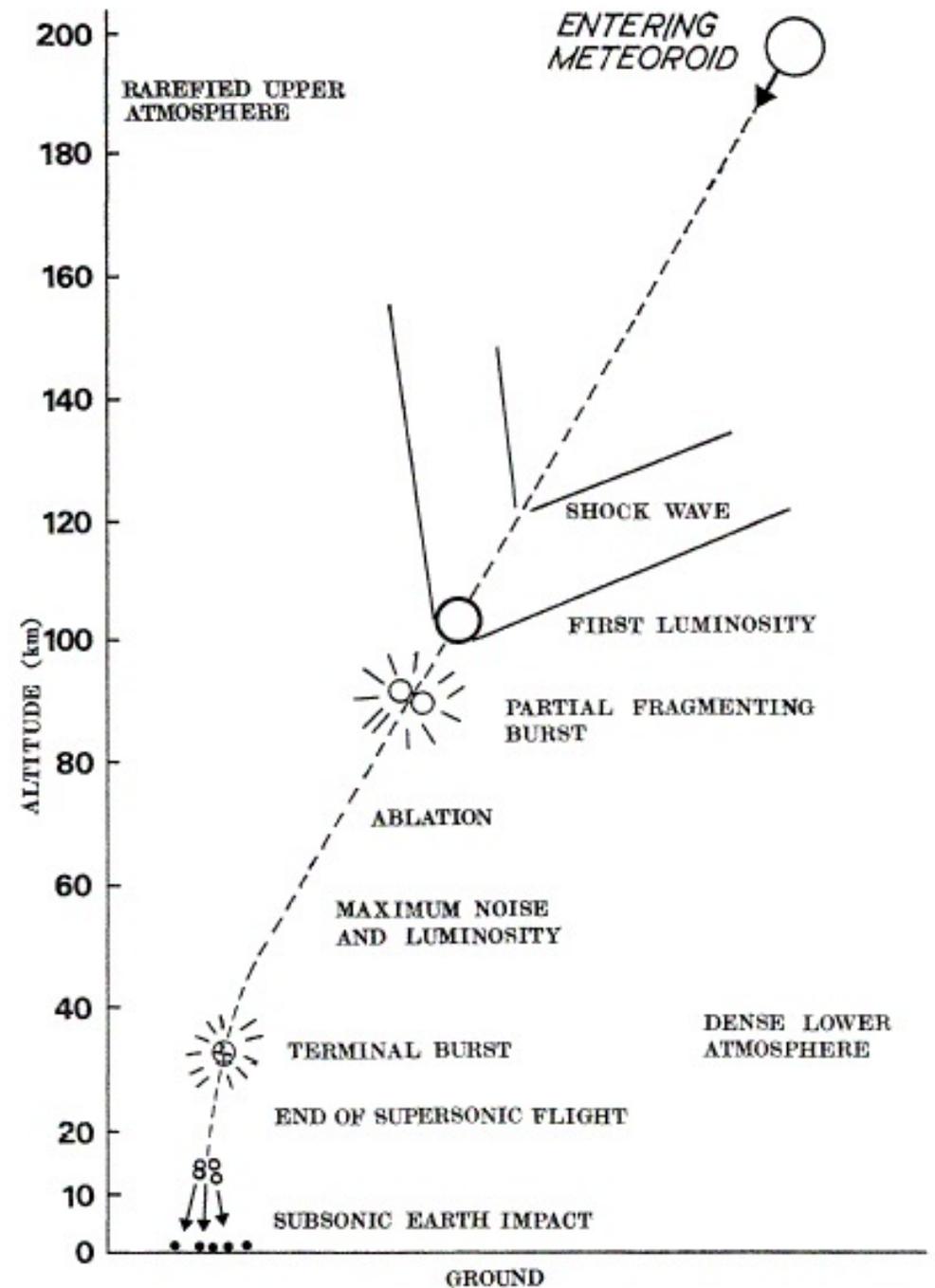
Tiempo de vuelo oscuro:  $20 \text{ km} / 100 \text{ m/s} \sim 200 \text{ seg} > 3 \text{ min}$

# SONIDOS Y SISMOS

Dos sonidos:

- Boom sónico: minutos después del bólido
- Ruido electrofónico: simultáneo con el bólido

Pueden esperarse boom sónico si el bólido es más brillante que la magnitud -8.



Señales sísmicas acopladas al aire relacionadas con bólidos



Peekskill, EEUU, 1992

# METEORITO DE SAN CARLOS (MALDONADO) - 18/9/2015



CHELYABINSK, RUSIA, 15/2/2013

**Meteor Shower (Eastern Russia)**  
**12-15-13**

# Estela de vapor persistente

No emite luz, generalmente se observa de día o en el crepúsculo.

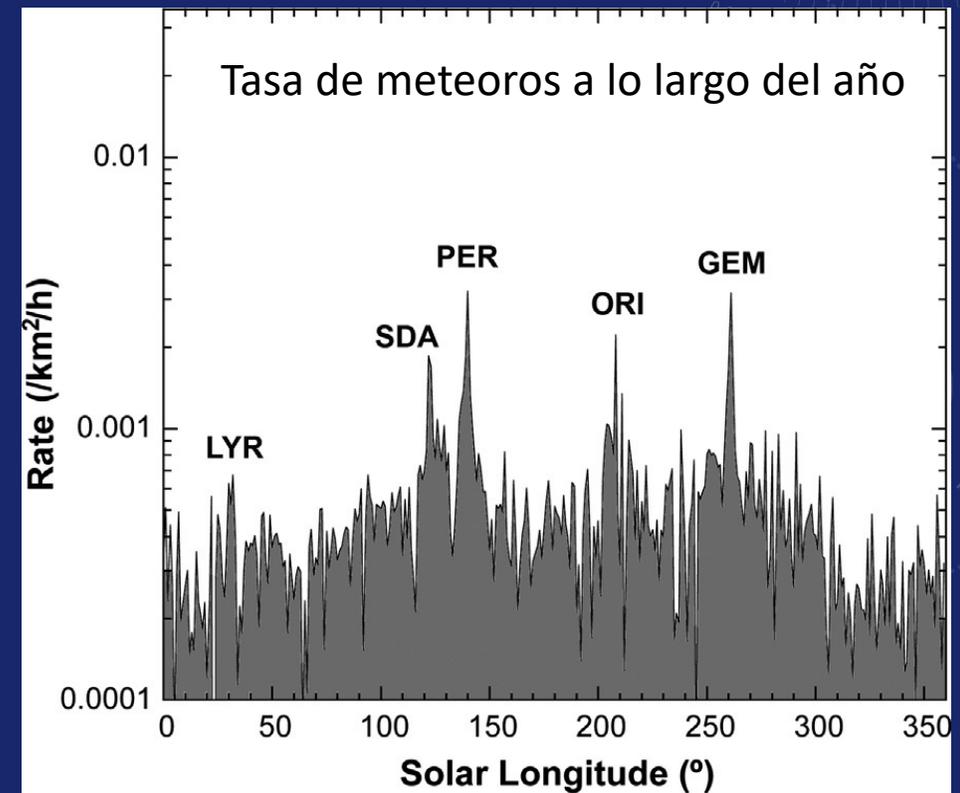
No confundir con las estelas de aviones, visibles en el crepúsculo.



# ¿Se observan meteoros en cualquier época del año?

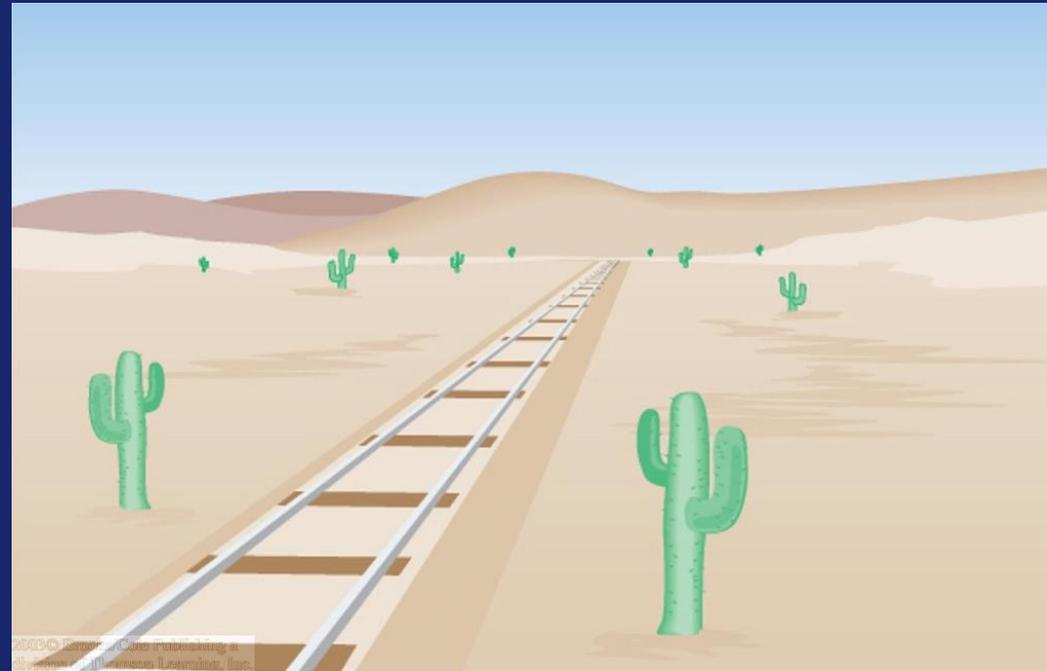
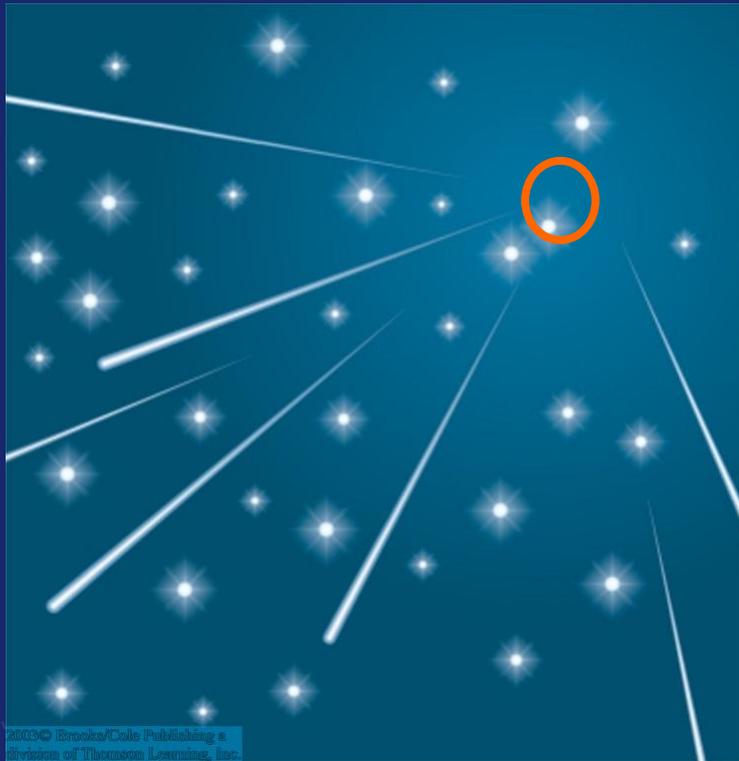
Hay fechas en las cuales la tasa de meteoros es mucho mas alta de lo habitual.

Las denominamos **lluvias de meteoros**.



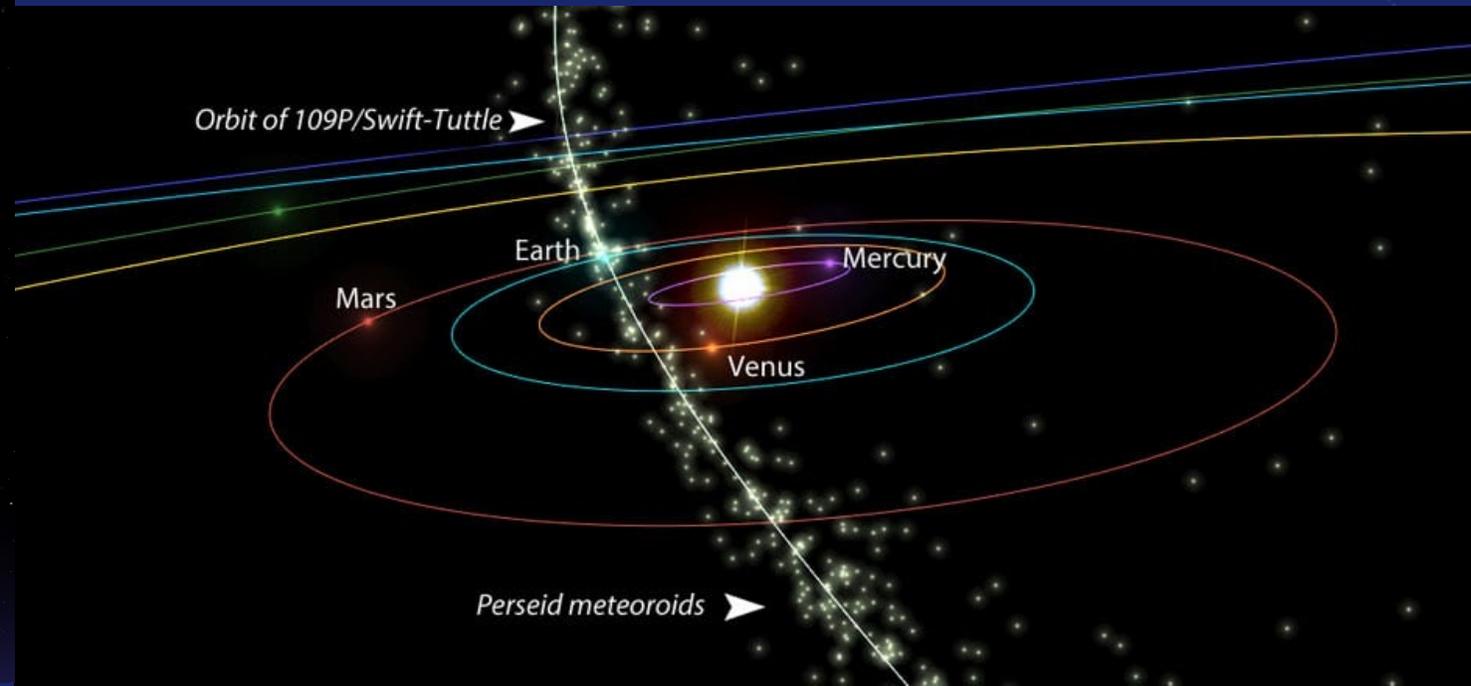
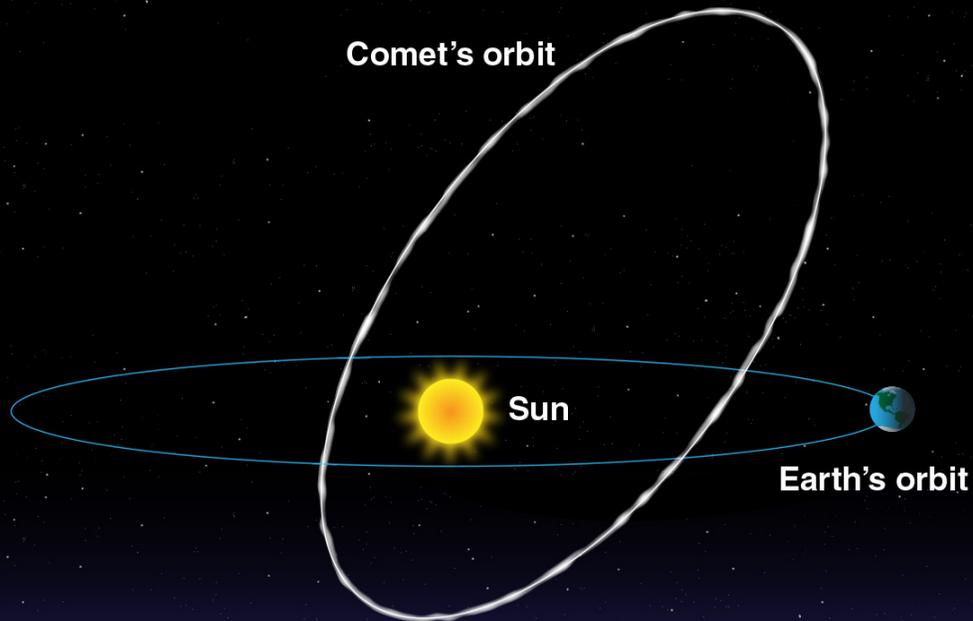
# RADIANTES DE LLUVIAS DE METEOROS

Al graficar las trazas de los meteoros en una lluvia en un mapa celeste, los meteoros parecen provenir de un punto origen común, **el radiante**.



# ORBITAS DE METEOROIDES

- La mayoría de los meteoros aparecen en lluvias, alcanzando su punto máximo periódicamente en fechas específicas del año.
- Los meteoros que contribuyen a una lluvia de meteoros son partículas de polvo que orbitan en el camino de un cometa.
- Las partículas de la cola, se esparcen a lo largo de la órbita del cometa, por efectos no-gravitacionales.



# LLUVIAS DE METEOROS

Las lluvias de meteoros se denominan según su radiante, que se identifica con al nombre de una constelación o estrella próxima a su ubicación.

■ Table 25-1 | Meteor Showers

Shower	Dates	Hourly Rate	Radiant*		Associated Comet
			R. A.	Dec.	
Quadrantids	Jan. 2–4	30	15 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup>	50°	
Lyrids	April 20–22	8	18 <sup>h</sup> 4 <sup>m</sup>	33°	1861 I
η Aquarids	May 2–7	10	22 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup>	0°	Halley?
δ Aquarids	July 26–31	15	22 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup>	–10°	
Perseids	Aug. 10–14	40	3 <sup>h</sup> 4 <sup>m</sup>	58°	1982 III
Orionids	Oct. 18–23	15	6 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup>	15°	Halley?
Taurids	Nov. 1–7	8	3 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>	17°	Encke
Leonids	Nov. 14–19	6	10 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup>	22°	1866 I Temp
Geminids	Dec. 10–13	50	7 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup>	32°	

\*R. A. and Dec. give the celestial coordinates (right ascension and declination) of the radiant of each shower.

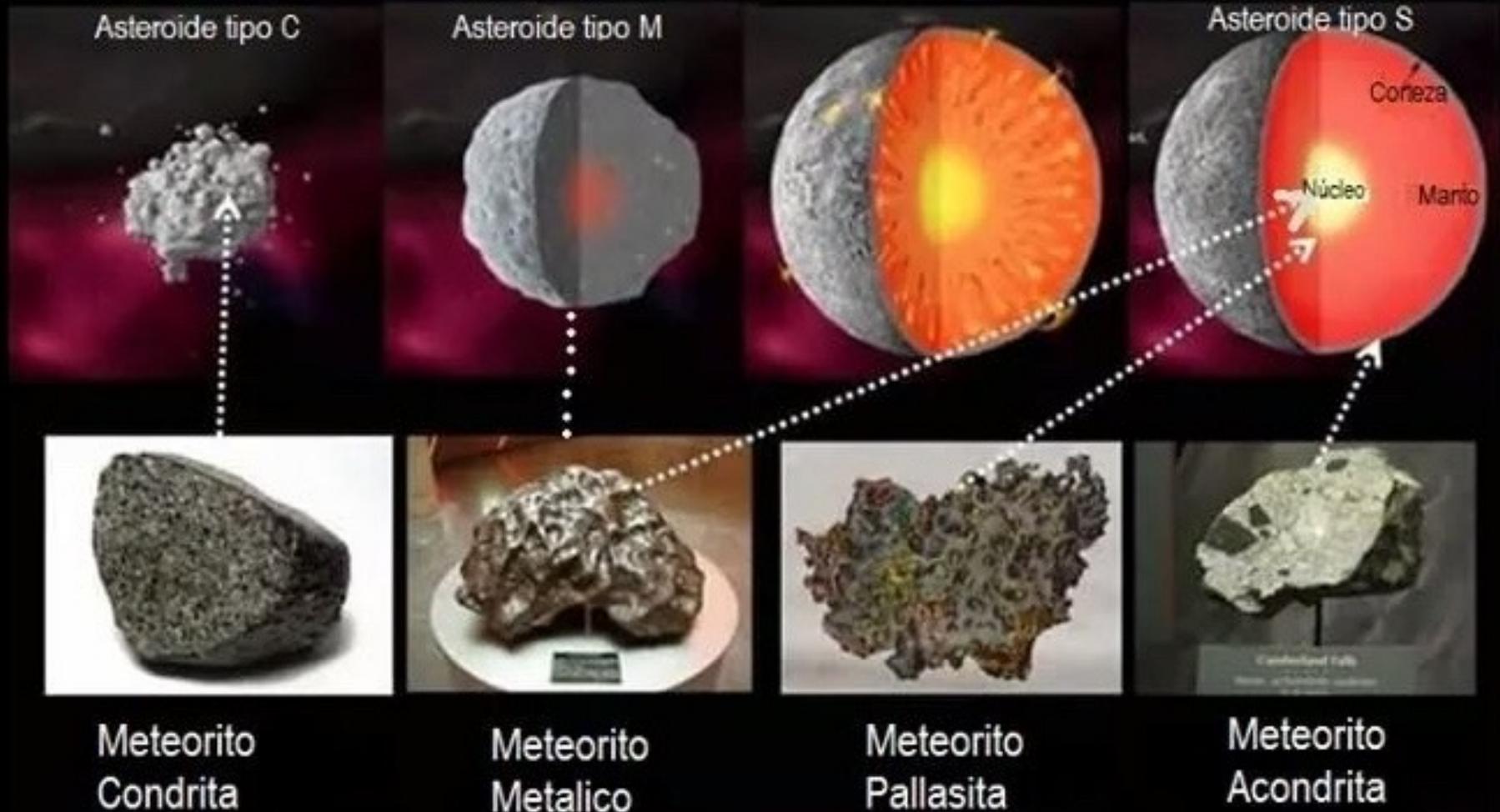
Muy poco  
radiantes en el  
hemisferio sur

Las lluvias de meteoros no producen meteoritos, porque están asociadas a un cuerpo de hielo y polvo como un cometa.

Pero existen meteoros provenientes del ingreso de objetos rocosos, que pueden producir la caída de un meteorito.

¿Que hacemos en caso de que caiga un meteorito?

# Diferentes Tipos de Asteroides y Meteoritos

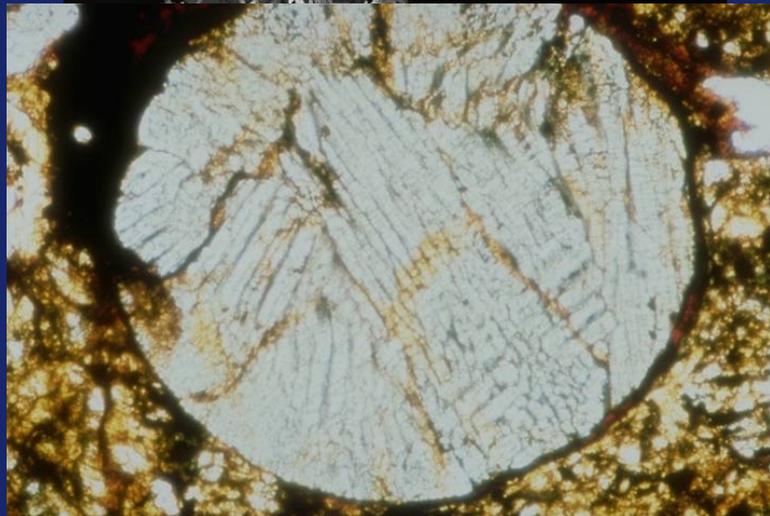


[www.facebook.com/meteorosymeteoritos.net](http://www.facebook.com/meteorosymeteoritos.net)

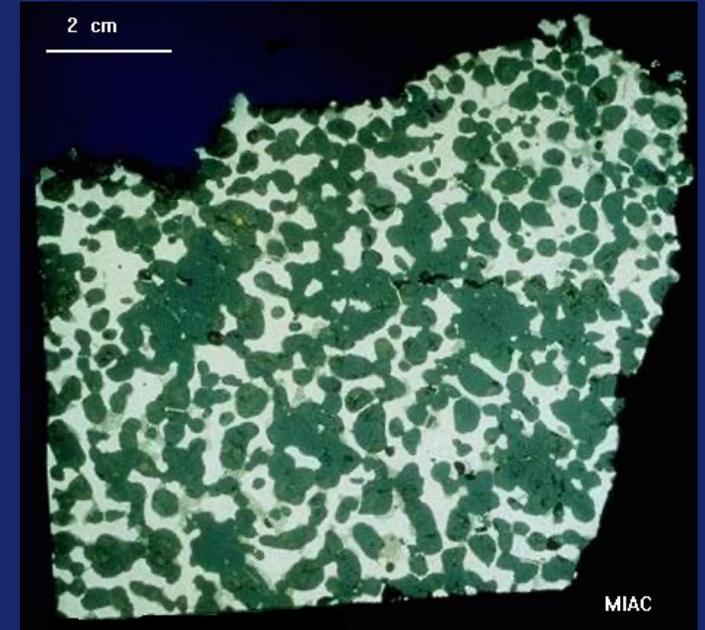
# DETALLE DE CADA TIPO



Cóndrulos en las condritas



Metorito  
metálico-rocoso



Figuras de Widmanstätten en metálicos

Si usted piensa que tiene un meteorito, haga el siguiente test. Si al final del mismo, usted aún piensa que tiene un meteorito, por favor, mándenos una muestra para su análisis completo.



Dirección para mandar muestras:  
Dr. Gonzalo Tancredi  
Depto. Astronomía - Fac. Ciencias  
Iguá 4225  
Montevideo – Uruguay  
Tel: 099927446  
Email: gonzalo@fisica.edu.uy

Adaptado de una versión original elaborada por la Prof. Maria Elizabeth Zucolotto

Red nacional de detección de bólidos

Bólidos del Cono Sur - BOCOSUR

# Visión: un proyecto de Ciencia Ciudadana

Estudiantes y docentes del DA-FCIEN, junto a integrantes de comunidades educativas de todo el país, **participando activamente** en la **generación de conocimiento** científico, colaborando en la **operación y mantenimiento** de la red, y **proponiendo mejoras** a los prototipos. Proponemos una interacción estrecha con docentes/estudiantes de **ciencias, electrónica, robótica, TIC**, etc., y público en general (**aficionados**).

# Objetivos

General: Contribuir al estudio de los meteoros observables en el hemisferio sur, a través de un proyecto de investigación con un componente de ciencia ciudadana.

## Específicos Científicos

- Construir una red de estaciones todo cielo para la detección de bólidos, que permita generar bases de datos de meteoros, reduciendo la asimetría entre del hemisferio norte y sur.
- Determinar frecuencia de bólidos (¿Con que frecuencia puedo observar un bólido de un cierto brillo desde un determinado lugar?)
- Identificar nuevas lluvias de meteoros y corrientes de meteoritos en el hemisferio sur.
- Recuperar meteoritos frescos para su caracterización.

## Específicos Educativos

- Promover la participación de las comunidades educativas en la operación, mantenimiento y reducción de datos de equipamiento científico.
- Contribuir a la divulgación y promoción de la Ciencia en las referidas comunidades mediante la difusión de los resultados obtenidos.



# Estructura de funcionamiento

# Estructura: Grupos

## Hardware

Desarrollo, armado,  
instalación y  
mantenimiento de  
estaciones

## Operación

Operación de las  
estaciones

## Software

Desarrollo de  
software para  
operación de las  
estaciones

## Comunidad

Interacción con las  
comunidades  
educativas y difusión

## Análisis

Análisis de  
resultados y  
desarrollo de  
software para  
automatización de  
clasificación

# Hardware de las estaciones

## Prototipo 1

Cada estación cuenta con:

- Caja estanca
- Cámara CCTV de alta sensibilidad con lente ojo de pez
- Domo de policarbonato
- miniPC NUC con disco SSD
- Pastilla GPS
- Conexión por ethernet y WiFi
- Sensor de temperatura
- Calentador para desempañar
- Ventilador para enfriar
- Salida de aire

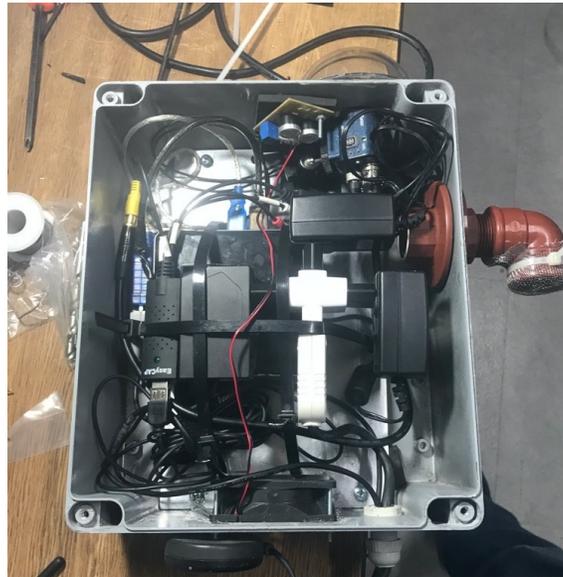
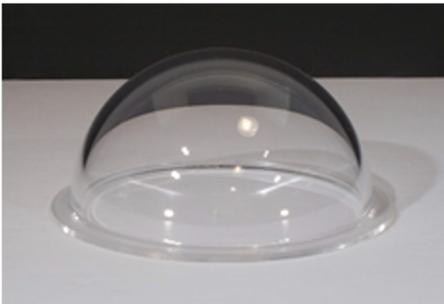
Cámara Watec 902



Lente Arecont Vision (f/2.0, 1.55mm)



Domo de policarbonato



Costo total de cada estación: ~ USD 1500

# Red: Fase 1

Mapa de las 7 estaciones instaladas o a instalarse durante la Fase 1 del proyecto.

Situación a Junio 2021:

**Montevideo** – Facultad de Ciencias – operativa

**Florida** – Liceo de Casupá – operativa

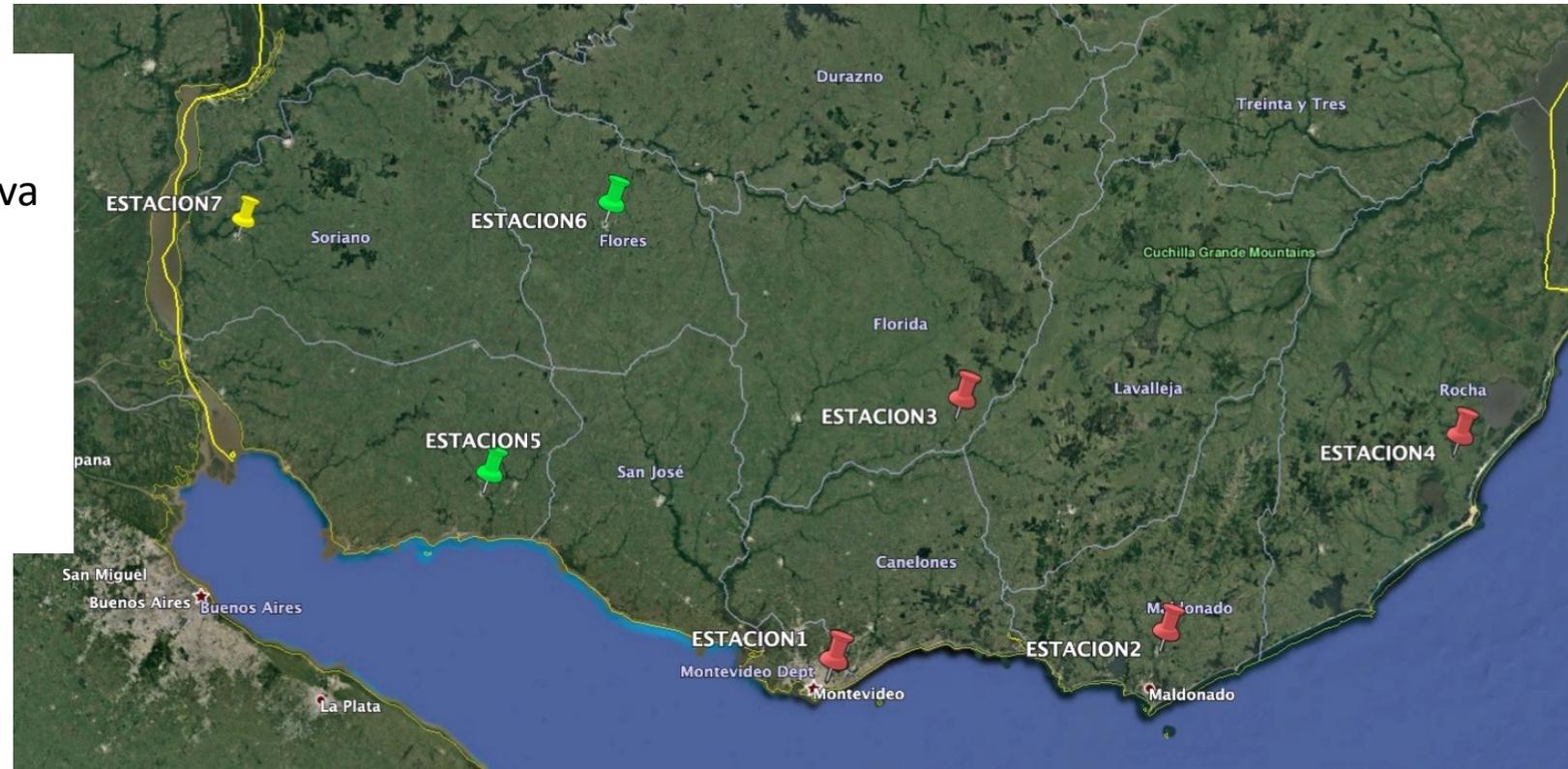
**Maldonado** – Liceo de San Carlos – operativa

**Rocha** – Liceo de Castillos – lugar asignado

**Colonia** – Liceo de Rosario – lugar asignado

**Flores** – Liceo de Trinidad – lugar asignado

**Soriano** – Liceo de Dolores – lugar asignado



# Estaciones



Estación 1, azotea de la Facultad de Ciencias.

Estación 3, Liceo de Casupá, Florida

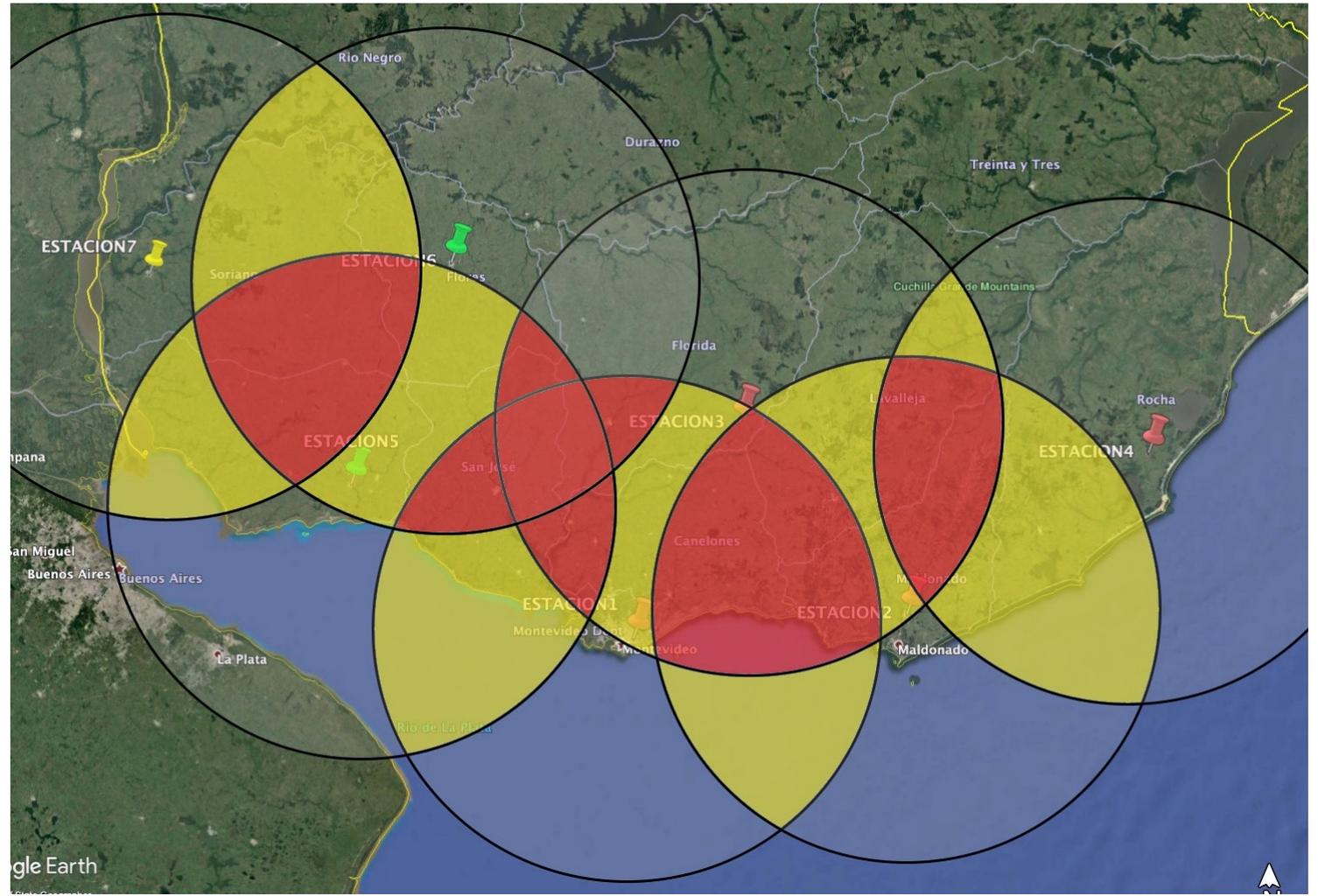


Estación 2, Liceo de San Carlos, Maldonado



# Cobertura en Fase 1

Los colores indican zona cubierta por una estación (gris), por dos estaciones (amarillo) y por tres o más (rojo). Los círculos tienen un radio de 100 km e indican la cobertura de cada estación, asumiendo un FOV efectivo de  $120^\circ$  y una altura de bólide de 80 km.



# Red: Fase 2

Apoyo de:

Proyecto CSIC – UdelaR

Embajada de los EEUU en Uruguay

.....

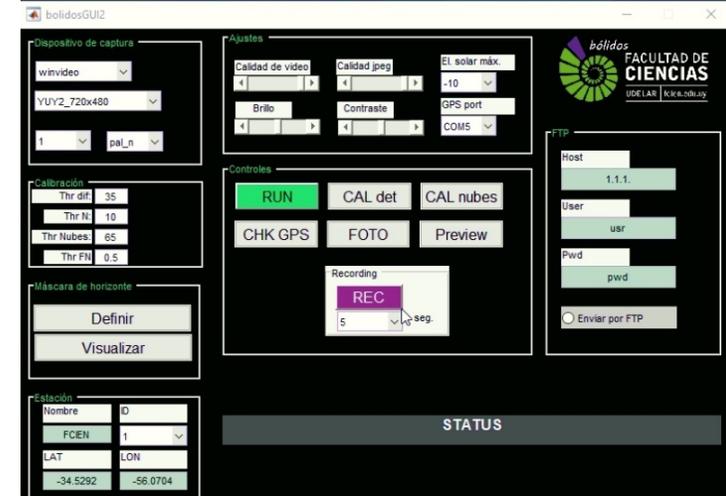
- Fabricación de 11 estaciones más en 2021-22
- Contratación de 4 becarios para tareas del proyecto
- Costos de instalación



# Operación

Aplicación “*bolidos*”. Componentes:

- Control del hardware
- Definición de los parámetros vinculados a la estación
- Inicio y finalización de la adquisición de videos en función de la altura del Sol calculada.
- Procesamiento inicial de los videos: se comparan dos *frames* con una corta diferencia de tiempo, si la resta entre los *frames* muestra variaciones sustanciales, se considera que hay un evento y se comienza la grabación hasta que las diferencias desaparezcan.
- Se graba el video y un log del evento.



# Grupo Operación

## Tareas:

- Chequeo de la continuidad de la operación de todas las estaciones.
- Mantenimiento de SO y limpieza de discos.
- Chequeo de la transmisión de datos al servidor.
- Análisis de eventos. Clasificación.
- Procesamiento de eventos (astrometría, fotometría). Aplicación *“postpro”*

# Grupo Comunidad

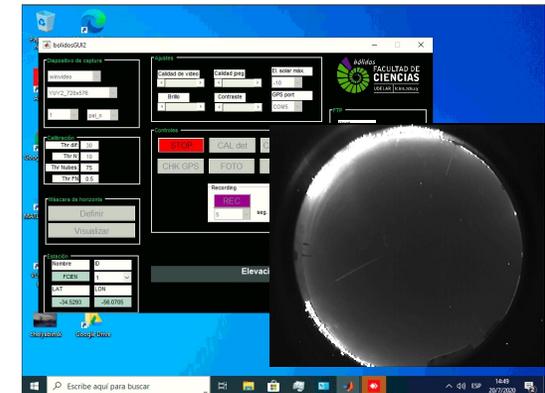
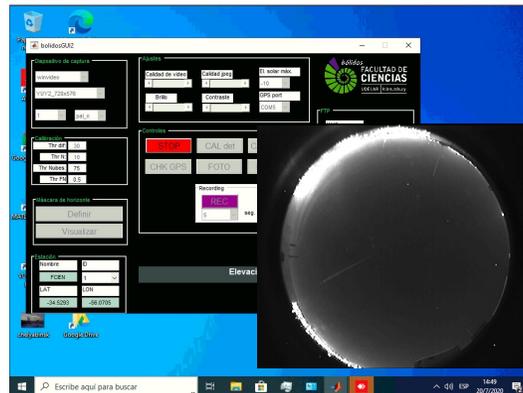
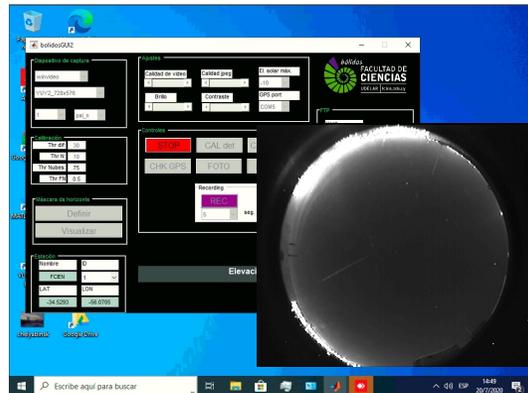
1. Interacción con las comunidades educativas: grupos de docentes y estudiantes secundarios (Grupos Operativos de la Red de Bólidos-GOReB). Los grupos participarán en:
  - Clasificación de los videos en las distintas categorías.
  - Chequeo básico del funcionamiento de la estación.
  - Reportes de avistamiento de bólidos.
  - Búsqueda de meteoritos, en caso de que se haga la predicción de una caída.
2. Difusión del proyecto:
  - Desarrollo y mantenimiento sitio web.
  - Presencia en redes sociales y comunicados de prensa.
  - Charlas en centros educativos.

**Sitio web:** <http://bolidos.astronomia.edu.uy/>

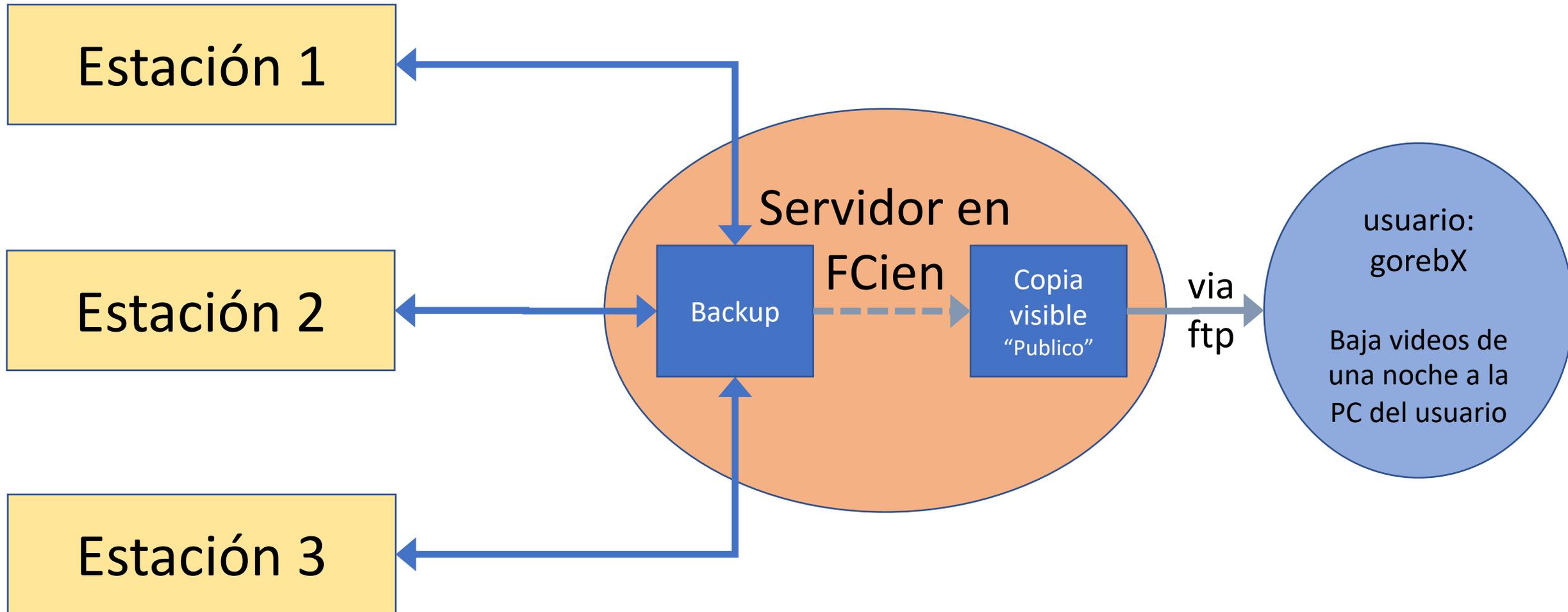


Funcionamiento

# Funcionamiento: Control



# Funcionamiento: Reporte



# Funcionamiento: Clasificación

- Luego de bajados los videos, cada grupo procederá a hacer la clasificación de los videos según categorías predefinidas
- Se llena la planilla de reporte y se sube en un formulario web.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	Nombre video	Dia	Hora	Número de grupo	Nombre(s) de clasificador	Fecha de la clasificación	Bórido	Avión	Animal	Nubes	Otros	Comentarios
1	Station_1_2021-03-05-20-01-02.avi	2021-03-05	20-01-02	1		2021-04-06		x				
2	Station_1_2021-03-05-20-01-08.avi	2021-03-05	20-01-08	1		2021-04-06		x				
3	Station_1_2021-03-05-20-02-23.avi	2021-03-05	20-02-23	1		2021-04-06		x				
4	Station_1_2021-03-05-20-02-28.avi	2021-03-05	20-02-28	1		2021-04-06						
5	Station_1_2021-03-05-20-19-36.avi	2021-03-05	20-19-36	1		2021-04-06	x					no es seguro
6	Station_1_2021-03-05-20-19-55.avi	2021-03-05	20-19-55	1		2021-04-06			x			
7	Station_1_2021-03-05-20-20-17.avi	2021-03-05	20-20-17	1		2021-06-19				x		
8	Station_1_2021-03-05-20-20-58.avi	2021-03-05	20-20-58	1		2021-06-19				x		
9	Station_1_2021-03-05-20-21-15.avi	2021-03-05	20-21-15	1		2021-06-19				x		
10	Station_1_2021-03-05-20-30-41.avi	2021-03-05	20-30-41	1		2021-06-19				x		
11	Station_1_2021-03-05-20-32-49.avi	2021-03-05	20-32-49	1		2021-06-19					x	no logro identificar
12	Station_1_2021-03-05-21-51-01.avi	2021-03-05	21-51-01	1		2021-06-19						
13	Station_1_2021-03-05-23-51-04.avi	2021-03-05	23-51-04	1		2021-06-19			x			
14	Station_1_2021-03-06-02-22-53.avi	2021-03-06	02-22-53	1		2021-06-19					x	tormenta eléctrica

# Clasificación: categorías

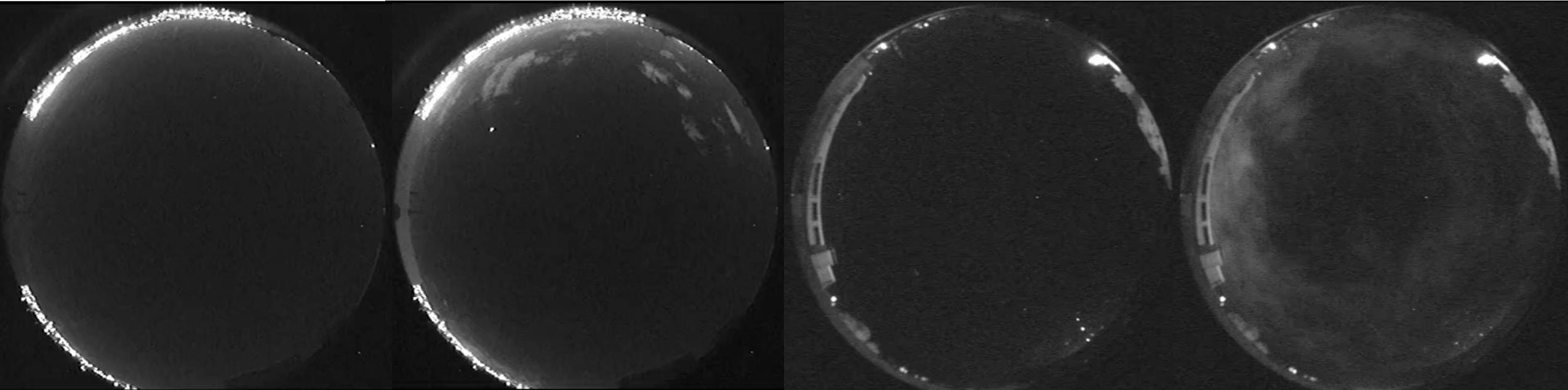
Meteoros

Aviones

Animales

Nubes

Otros



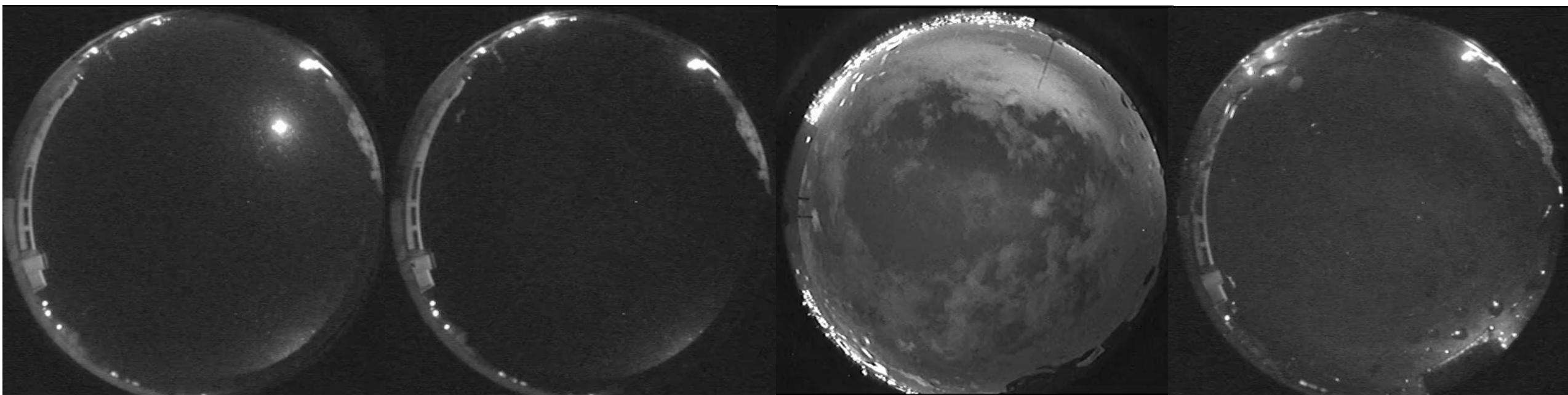
# Clasificación: categorías

Meteoros

Animales

Nubes

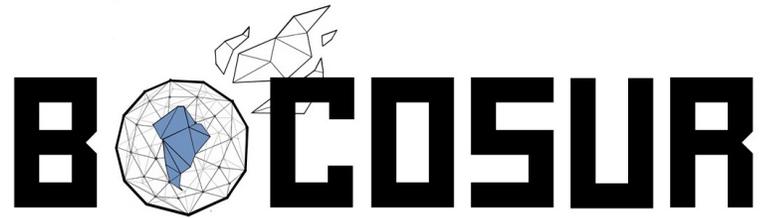
Otros



# Si no clasificás videos, también podés ayudar ...

## Reportes de avistamiento de bólidos

Formato sencillo



[¿VISTE UN BÓLIDO?](#)

Formato avanzado



[Report a Fireball](#)

### Reporte de bólido

LEER ANTES DE COMENZAR A COMPLETAR EL FORMULARIO:

Por favor, NO reportar eventos de más de 30 segundos, la gran mayoría de bólidos son visibles solo por unos pocos segundos.

Por favor, NO reportar eventos recurrentes, tener en cuenta que el avistamiento de un bólido es un evento poco común en la vida de una persona.

Por favor, NO reportar objetos lentos y parpadeantes, o luces cruzando el cielo en grupos de 2 o 3.

Para referencia de cómo se ve un bólido en el cielo, puede visitar nuestra sección

(<http://bolidos.astronomia.edu.uy/bolidos-detectados/>.)

Por último, se solicita ser lo más precisos posible en las respuestas, su reporte es importante, nos ayuda a detectar eventos científicamente interesantes y contribuye a nuestra base de datos para futuras investigaciones.

# Análisis de datos

- Con observaciones simultáneas desde 3 estaciones podemos determinar:
  - Trayectoria pre-atmosférica y órbita heliocéntrica (Ecs. Matemáticas de Trigonometría y Álgebra)
  - Lugar de posible caída de meteorito – Organizar búsqueda
- Las clasificaciones de los grupos servirán para “educar” un algoritmo de Machine Learning para clasificación automática.
- Análisis estadístico de frecuencia de bólidos
- Identificación de nuevas lluvias y posibles corrientes de meteoritos



# Planes futuros

- Desarrollar minicursos y tutoriales para participar del proyecto
- Primer minicurso: Segunda quincena de Junio con grupos pilotos
- A partir del registro de participantes, enviaremos una invitación para participar de próximas ediciones de los minicursos
- Instalación de nuevas estaciones en algunos lugares seleccionados, pero a ajustar con los grupos locales (autoridades liceales, ...)

Por comunicaciones:

[redbolidos@fcien.edu.uy](mailto:redbolidos@fcien.edu.uy)

[gonzalo@fisica.edu.uy](mailto:gonzalo@fisica.edu.uy)

# Resultado esperado

**Mediante la experimentación con la investigación**

**Nuevos jóvenes interesados en las Ciencias**

