

# Master de Astrofísica



Universidad Complutense de Madrid

## **Formación y Evolución de Galaxias**

### **Práctica 1**

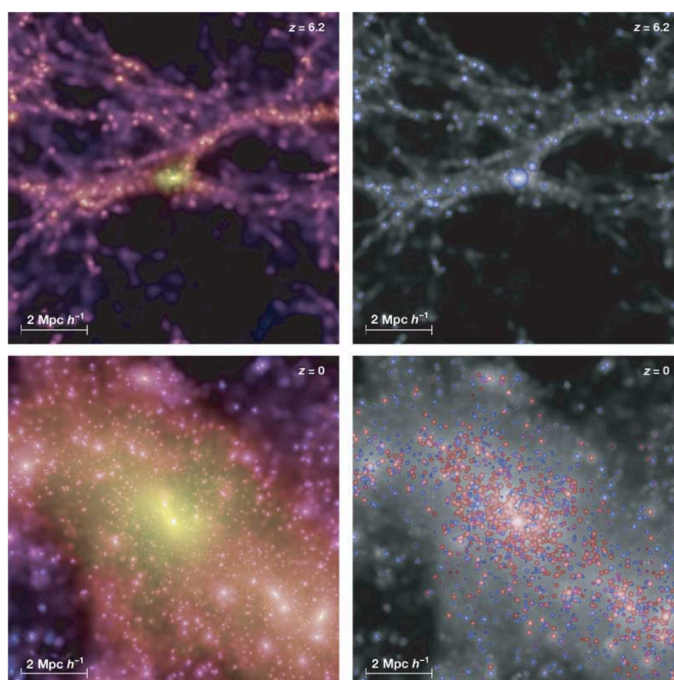
Análisis de árboles de fusiones en  
simulaciones numéricas

## Introducción:

En las clases de teoría se muestra la utilidad de las simulaciones numéricas de N-cuerpos como herramienta para trazar la evolución de la materia oscura en el Universo, constituyendo una herramienta fundamental para nuestra comprensión tanto de la formación y evolución de las galaxias como de los parámetros cosmológicos que gobiernan la evolución del Universo como un todo. La capacidad predictiva de estas simulaciones es especialmente importante cuando estas se combinan con modelos semi-analíticos (SAMs), que tienen como objetivo predecir no sólo la evolución de la materia oscura sino también de los bariones (gas y estrellas) en los correspondientes halos de materia oscura.

Una de las herramientas más potentes que ponen a nuestra disposición estos modelos es la posibilidad de determinar la historia de fusiones que, dentro del escenario de formación jerárquica de galaxias más aceptado comúnmente hoy, han determinado en gran medida las propiedades de las galaxias observadas en la actualidad.

En esta práctica haremos uso de los resultados de la simulación *Millennium* (<http://gavo.mpa-garching.mpg.de/Millennium/>) que se describe en detalle en Springel et al. (2005, Nature 435, 629-636) y en de Lucia y Blaizot (2007, MNRAS 375, 2). En la figura siguiente se muestran algunas de las predicciones de estas simulaciones, tanto para la parte de materia oscura (simulación de N-cuerpos) como de la componente bariónica (SAMs).

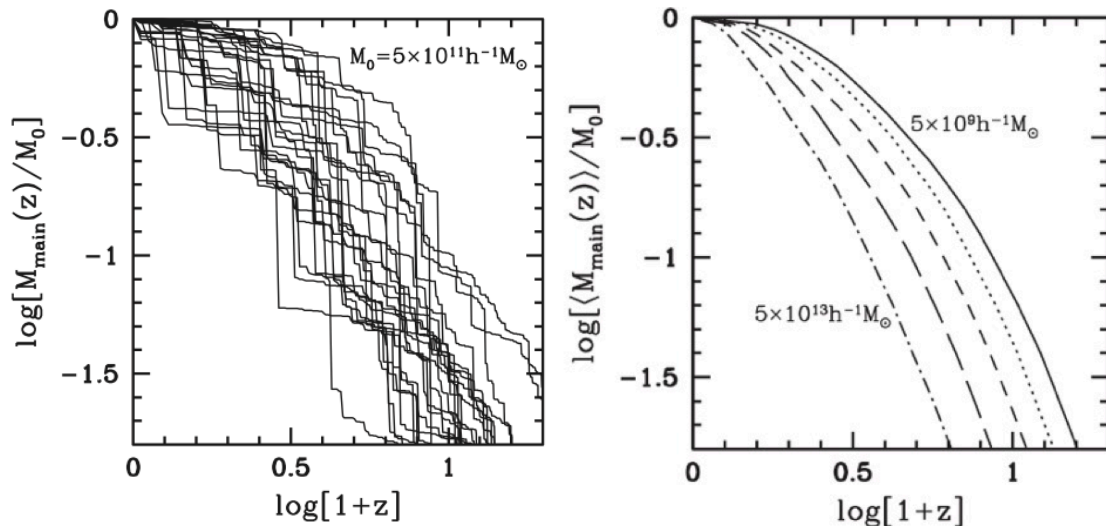


*Resultados de las simulaciones del Millennium en una zona de alta densidad a  $z=6.2$  (arriba) y  $z=0$  (abajo). A la izquierda se muestra la distribución de materia oscura y a la derecha los colores y masas (tamaño de la región) de las galaxias formadas de acuerdo a las predicciones de los modelos SAM.*

## Objetivos:

El objetivo de la práctica es que el alumno se familiarice con el análisis de los árboles de fusiones que son capaces de generar las simulaciones numéricas, así como con las predicciones de los SAMs para las propiedades de las galaxias que se forman en estos halos. Los objetivos específicos que perseguirá el alumno se listan a continuación:

1. Obtener los árboles de fusiones de halos de materia oscura (en la tabla MPAHalo de la simulación *Millennium*) de diferentes masas en la época actual ( $z=0$  implica `stepnum=63` en esta tabla). Se deberán obtener los árboles de fusiones para un total de 10 galaxias para cada masa y para un total de al menos 3 (idealmente 5) valores de esta masa. En la figura inferior (panel izquierdo) se muestra una figura de van den Bosch (2002, MNRAS 331, 98) que el alumno deberá reproducir para cada uno de los 3 (o 5) valores de masa analizados.

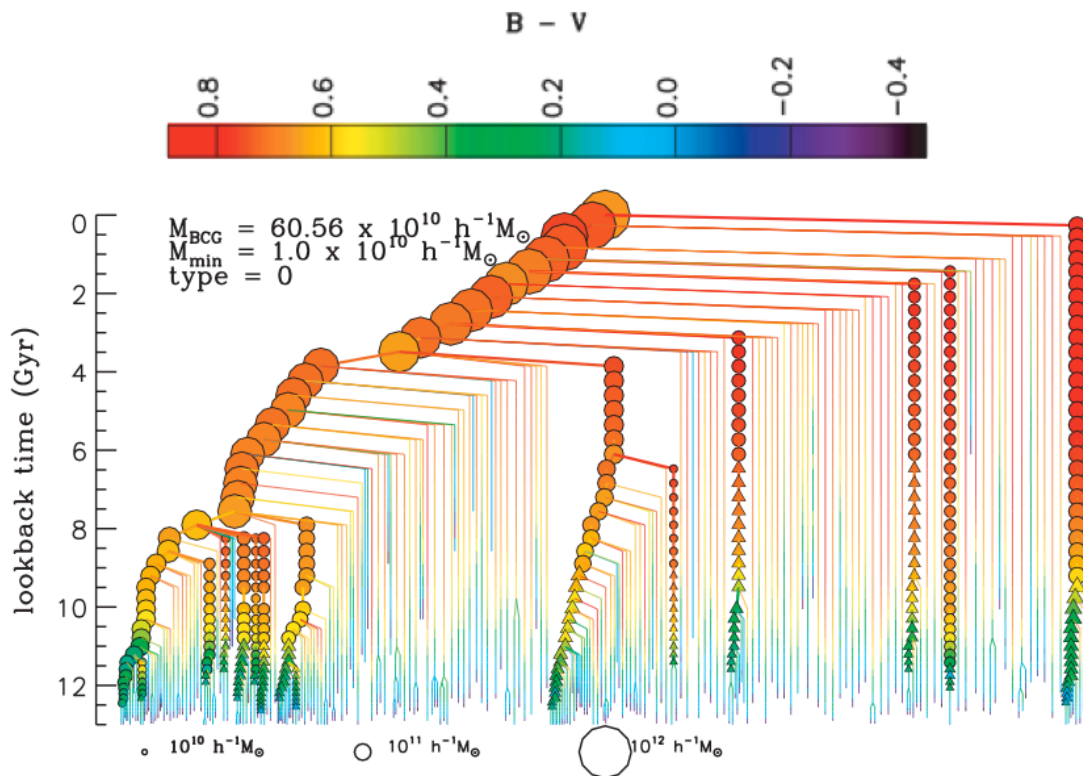


Resultados de van den Bosch (2002) para el análisis de árboles de fusiones a reproducir por el alumno.

2. Obtener los árboles de fusiones promedios para cada masa, tal y como se muestra en la figura superior (panel derecho).

3. Determinar, a partir de la búsqueda de los mismos objetos en la tabla deLucia2006a de la base de datos Millennium, la evolución de la masa en estrellas en vez de la masa total (oscura) de los halos, tanto de cada halo individual como promediado para cada masa.

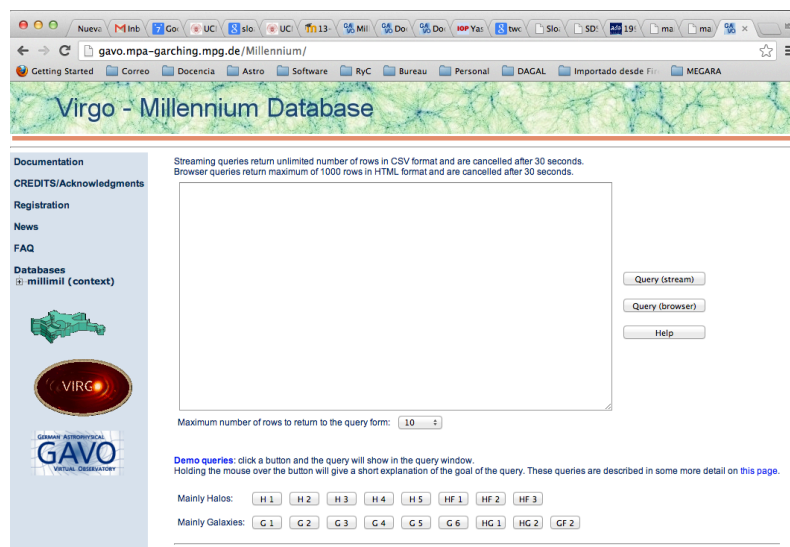
4. Mostrar un árbol de fusiones completo (similar al mostrado en la página siguiente y que proviene del trabajo de de Lucia y Blaizot 2007) en que se incluya la información del color de la galaxia que se fusiona con la galaxia principal. Nótese que será suficiente con incluir la información del color de cada miembro del árbol en el desplazamiento al rojo en el que tenga lugar la fusión.



Árbol de fusiones de una galaxia dominante de cúmulo extraído de Lucia y Blaizot (2007).

## Recursos:

El alumno deberá hacer uso del interfaz con el catálogo de la simulación Millennium que se encuentra disponible en <http://gavo.mpa-garching.mpg.de/Millennium/>. A fin de realizar la práctica el alumno deberá valerse del interfaz que se muestra a continuación. Este interfaz permite cargar instrucciones de acceso a base de datos PHP que el alumno utilizará para la extracción de los árboles de fusiones arriba mencionados.



Página de la base de datos de la simulación de Millennium.

## Procedimiento:

A fin de simplificar el análisis se recomienda hacer uso de secuencias de búsqueda (*queries*) PHP del tipo de las secuencias ejemplo H1 (obtención de identificadores HaloId para una masa de halo a  $z=0$  dada) y H2 (obtención de un árbol de fusiones completo). Se recomienda consultar la página *web* del proyecto *Millennium*, así como los ejemplos mostrados en el laboratorio de informática y la propia documentación del proyecto que se ha incluido en la página del Campus Virtual.

En las figuras mostradas a continuación se proporcionan dos posibles formatos para las instrucciones de búsqueda que podrían ser de utilidad para esta práctica. Nótese que en la secuencia original de búsqueda H2 se utiliza la tabla MPAHalo en vez de la tabla deLucia2006a, necesaria esta última para determinar las masas estelares y colores de las galaxias (al incluir los resultados de las prescripciones de los modelos semianalíticos).

```
select *  
  from millimil..MPAHalo  
 where snapnum=63  
    and random between 1 and 1000  
    and m_Mean200 between 100 and 110
```

```
select PROG.*  
  from millimil..DeLucia2006a PROG,  
        millimil..DeLucia2006a DES  
 where DES.halold = 115000000  
    and PROG.halold between DES.halold and DES.lastprogenitorld
```

*Ejemplos de búsqueda propuestos para la identificación de halos de una determinada masa (arriba) y para la obtención del árbol completo de fusiones de uno de esos halos (haloId = 115000000; abajo).*