

# **El instrumento RVS de Gaia para el estudio de las poblaciones estelares de la Galaxia.**

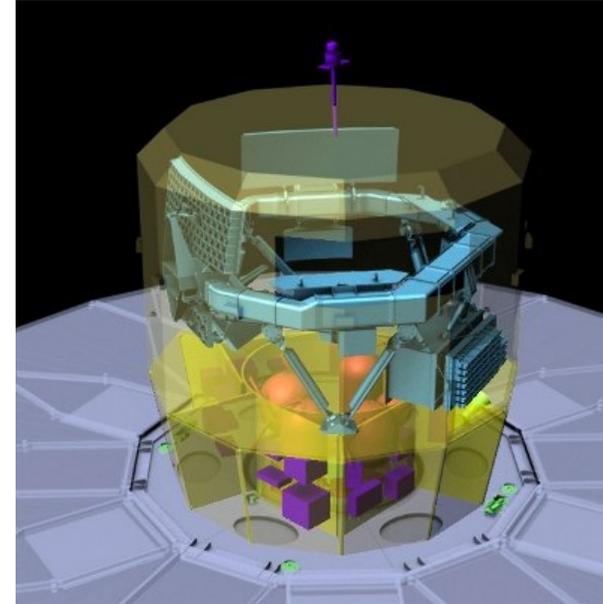
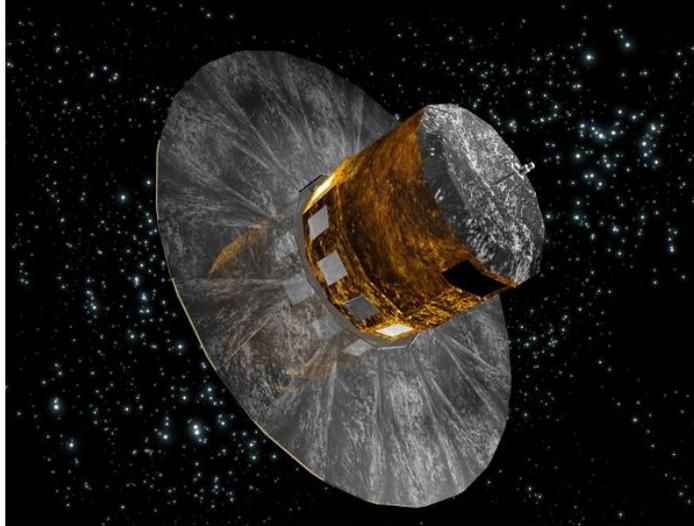
**Minia Manteiga<sup>1</sup>, Bernardino Arcay<sup>1</sup>, Diego Ordóñez<sup>1</sup>,  
Carlos Dafonte<sup>1</sup>, Ana Ulla<sup>2</sup>  
and Gaia DPAC<sup>3</sup>**

1: L(IA)<sup>2</sup>. Laboratorio Interdisciplinar de Aplicaciones de Inteligencia Artificial.  
Facultad de Informática. Universidade da Coruña

2: Área de Astronomía y astrofísica. Facultad de Ciencias. Universidade de Vigo

3: Data Processing and Analysis Consortium

[http://www.rssd.esa.int/index.php?project=GAIA&page=DPAC\\_Introduction](http://www.rssd.esa.int/index.php?project=GAIA&page=DPAC_Introduction)

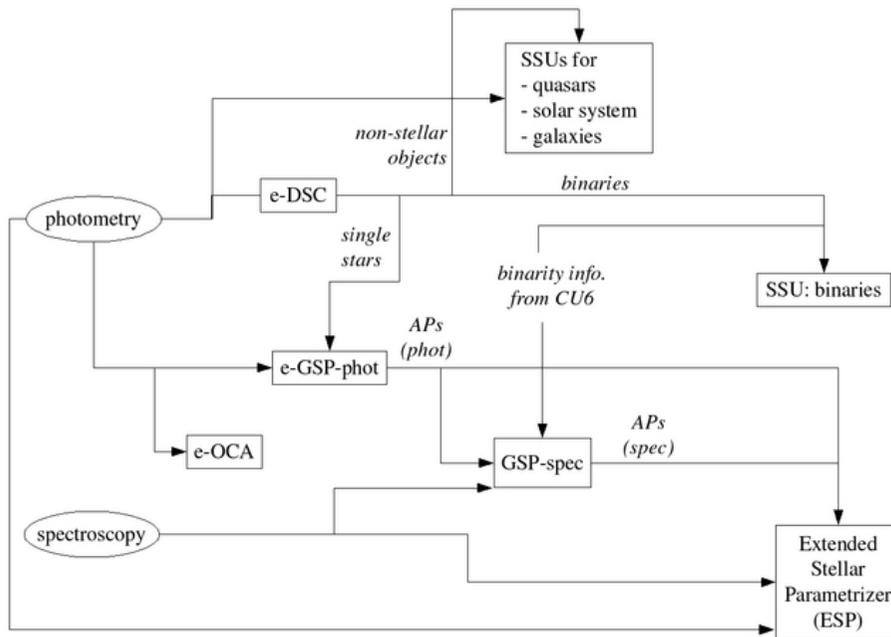


## 1.- La misión Gaia de la ESA

La misión espacial Gaia es técnicamente compleja, aunque su objetivo básico es simple: obtener un cartografiado preciso y completo de la Galaxia entre 6 y 20 magnitudes. Para ello determinará la astrometría precisa ( $\sim 20\mu\text{s}$  a  $V=15$  y  $300\mu\text{s}$  a  $V=20$ ) de todas las fuentes puntuales observables en ese rango de magnitudes, lo que supondrá obtener información sobre el 10% de las fuentes de la Galaxia. La información se completará con la medida de las SEDs en un rango amplio de longitudes de onda, y con la determinación de las velocidades radiales de las fuentes más brillantes. Los instrumentos del satélite son dos:

- Los espectrofotómetros rojo y azul (BP y RP,  $R=5-20$ ) operativos entre 330 y 1050 nm, que permitirán conocer la naturaleza de las fuentes (estrellas, quasares, galaxias de campo, objetos del sistema solar, etc.) y parametrizar sus propiedades.
- El espectrógrafo de velocidades radiales (RVS), con  $R=11500$  y funcional en la región del triplete IR del Ca, que completará la cinemática de las estrellas brillantes (hasta  $V$  aprox. 17) en la dirección radial.

## 2.- El consorcio científico para el procesado y análisis de datos de Gaia



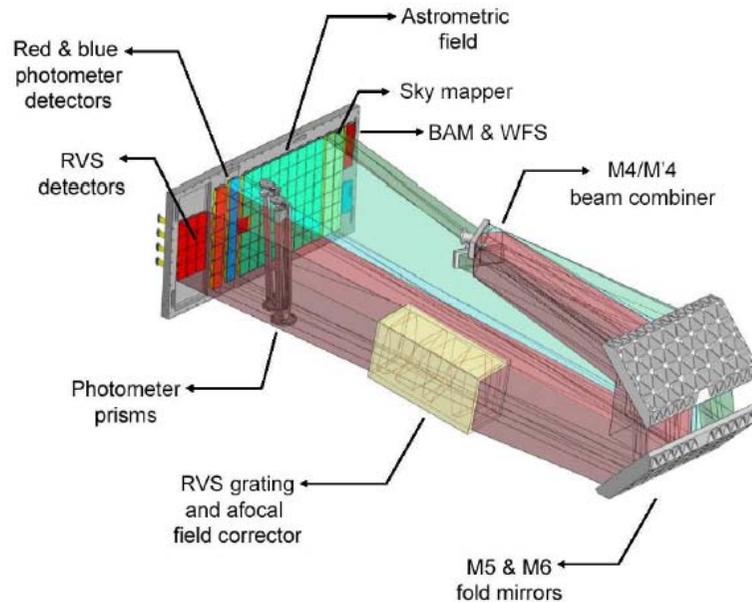
**Figura: Diagrama de flujos de los diferentes paquetes de trabajo de la CU8 “Parámetros Astrofísicos” del Consorcio Científico DPAC**

Un consorcio de unos 400 científicos (Gaia DPAC, *Data Processing and Analysis Consortium*) organizado en varias Unidades de Coordinación (CU) es el encargado de preparar las herramientas de software tanto para la adquisición y procesado inicial de la señal de satélite, como para la extracción óptima de la información astrofísica que proporcionará el *survey*. Los datos de Gaia se harán públicos en un catálogo que contendrá el resultado de dicho análisis.

La CU8 es la encargada de la obtención de los parámetros astrofísicos de las fuentes. En el caso de estrellas, se pretende estimar los principales parámetros físico-químicos ( $T_{\text{eff}}$ ,  $\log g$ ,  $[\text{Fe}/\text{H}]$  y  $[\alpha/\text{Fe}]$ ) mediante espectrofotometría BP/RP (Paquete de trabajo *GSP-phot*, “Parametrización General de Estrellas por Fotometría”) y, para las estrellas brillantes (hasta  $V=17$ ), también mediante espectroscopía con el instrumento RVS (*GSP-spec*).

### 3.- El instrumento RVS

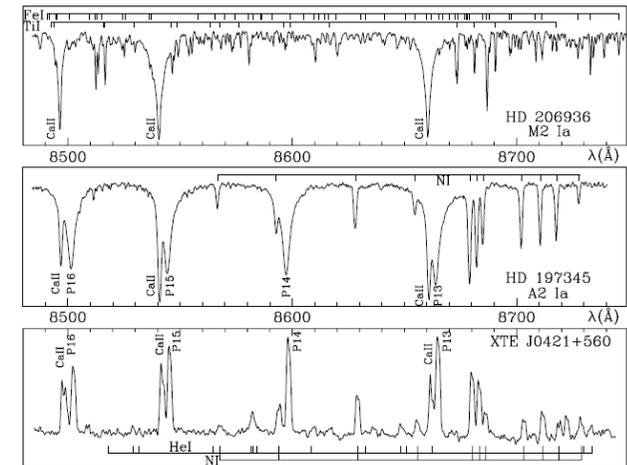
El RVS es un espectrógrafo de campo integrado que dispersa toda la luz que entra en un campo de  $2.4 \times 1.6 \text{ deg}^2$ , con  $R=11500$  y una cobertura espectral de 847 a 874 nm, optimizada para la observación de las estrellas de tipos FGK, las más abundantes de la Galaxia. Obtendrá espectros de un total de 100-150 millones de estrellas, durante aproximadamente 70 épocas a lo largo de la vida operativa del satélite. Su objetivo prioritario es la medida de velocidades radiales, pero permitirá también hacer estudios de variabilidad (identificación de binarias), medidas de rotación, abundancias químicas y la obtención de los parámetros físico-químicos de las atmósferas.



Schematic figure illustrating the location of the RVS optical module and CCDs. Figure courtesy of EADS Astrium.

R=11500		R=5500	
V	SNR	V	SNR
8	420	12	100
9	260	13	55
10	160	14	25
11	95	15	12

Tabla 4: SNR al final de la misión para espectros RVS, para una estrella KIV y varios valores de la magnitud visible V (David Katz, 2007-11-14, documento interno de Gaia).



Spectra of the late-type star HD 206936 (top), of the early-type star HD 197345 (middle), and of the X-ray-transient star XTE J0421+560 (bottom), obtained with the echelle spectrograph mounted on the Asiago 1.82-m telescope. The different morphologies of the spectra outline the classification potential of the RVS wavelength range. Figure courtesy of U. Munari.

## 4.- Parametrización físico-química de estrellas en el rango espectral del RVS

Nuestro equipo de trabajo está involucrado en la elaboración de herramientas de software para la obtención automática de los principales parámetros atmosféricos ( $T_{\text{eff}}$ ,  $\log g$ ,  $[\text{Fe}/\text{H}]$  y  $[\alpha/\text{Fe}]$ ). Hasta que el satélite comience a producir datos en el año 2012 estas herramientas se prueban con espectros simulados en la región del instrumentos RVS

### 4-1.- Librería de espectros sintéticos:

Basados en modelos de atmósferas MARCs y transformados al dominio de RVS (Recio Blanco et al., 2006). Se añadió ruido blanco, a diferentes SNR entre 5 y 1000.

PARÁMETRO	RANGO	PASO
$T_{\text{eff}}$	4500;7500K	250K
$\log g$	-0.5; 5.0 dex	0.5 dex
$[\text{Fe}/\text{H}]$	-5.0; 1 dex	1 dex [-5; 2] 0.5 dex [-2; -1] 0.25 dex [-1; 1]
$[\alpha/\text{Fe}]$	-0.2; 0.4 dex	0.2 dex

Tabla 5: Dominio y paso de variación de los parámetros considerados

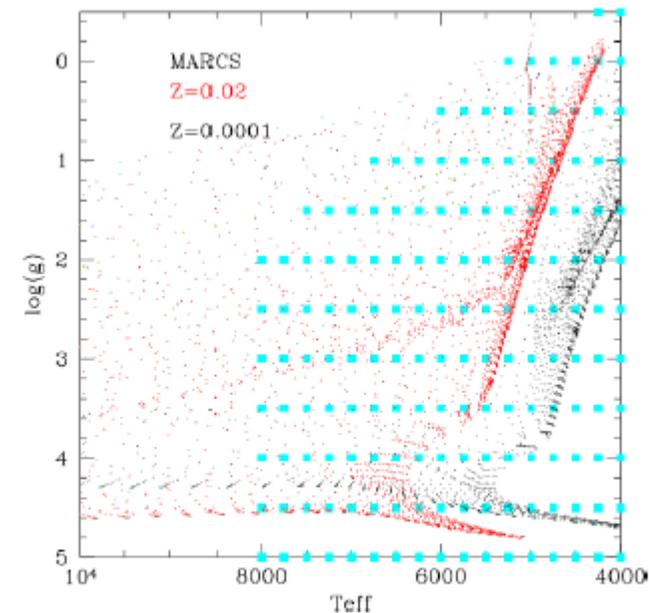


Figura 27: Diagrama H– R mostrando las trazas evolutivas de estrellas de diferentes metalicidades. En azul se señalan los valores de los parámetros atmosféricos seleccionados en la rejilla nominal de espectros sintéticos

### 4-2.- Parametrización mediante redes de neuronas artificiales (ANNs)

Se han utilizado *ANNs feed-forward* de tres capas y con entrenamiento por retropropagación del error. Hemos considerado tres dominios para la señal de entrada a la red:

- **Flujo espectral** en función de la longitud de onda (el espectro)
- La **transformada de Fourier** de la señal anterior
- Una **descomposición wavelet** en aproximaciones y detalles (A1-5, D1-5)

## 4-2.- Parametrización mediante redes de neuronas artificiales (ANN)

Utilizando la descomposición **wavelet** como señal de entrada a la red conseguimos minimizar los errores de parametrización en el caso de espectros con bajas SNR. La **transformada de Fourier** permitió optimizar la obtención de parámetros para espectros de muy alta SNR. Para elegir el dominio de parametrización adecuado a cada espectro individual, se elaboró un algoritmo que segmenta los espectros en función de sus SNR.

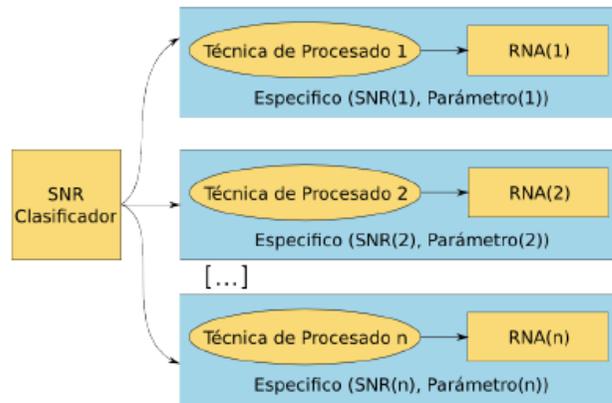


Figura 14: Esquema del clasificador final para el paquete de trabajo GSPspec

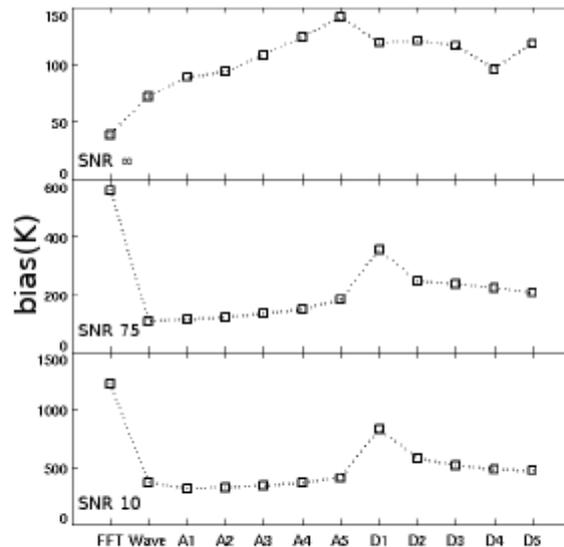


Figura 21: Errores medicos en valor absoluto obtenidos en la derivación de la temperatura como función del dominio de procesamiento de la señal y la relación señal a ruido (SNR)

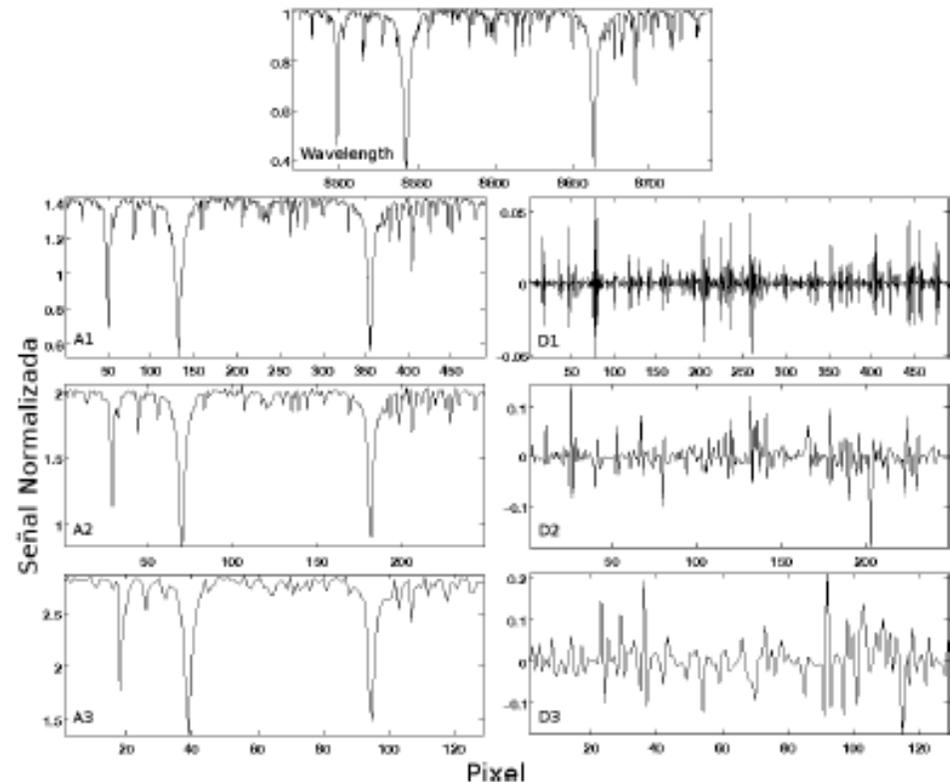


Figura 18: Análisis multiview aplicado a espectros

### 4-3.- Resultados de la parametrización utilizando redes de neuronas artificiales y dominios transformados

Manteiga et al. 2010, PASP 122, 608

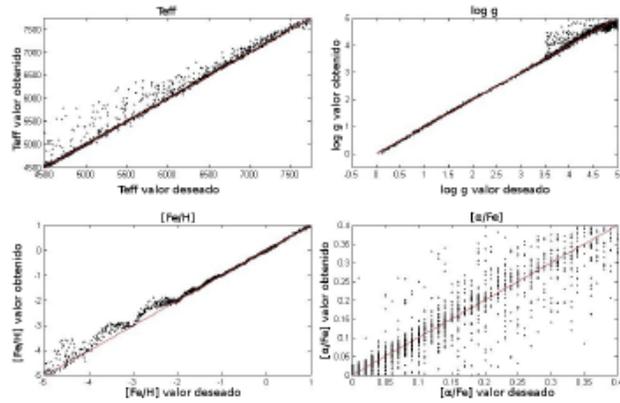


Figura 23: Diagrama de puntos para alta resolución (HR): Parámetros recuperados vs parámetros teóricos

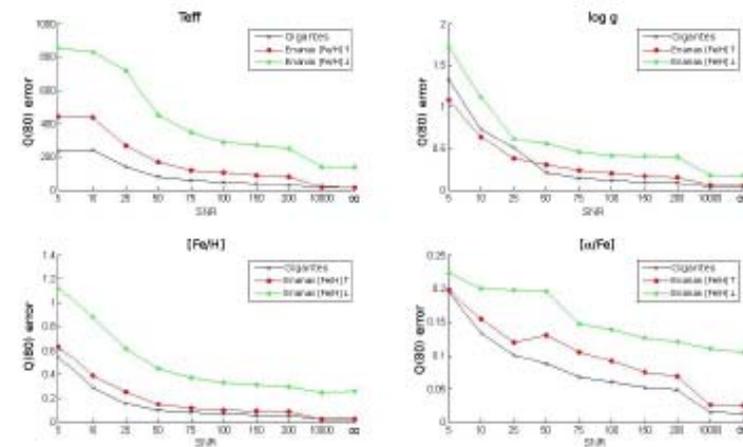


Figura 25: Eficiencia del algoritmo por tipo de estrella y relación señal a ruido (SNR) seleccionando las mejores técnicas

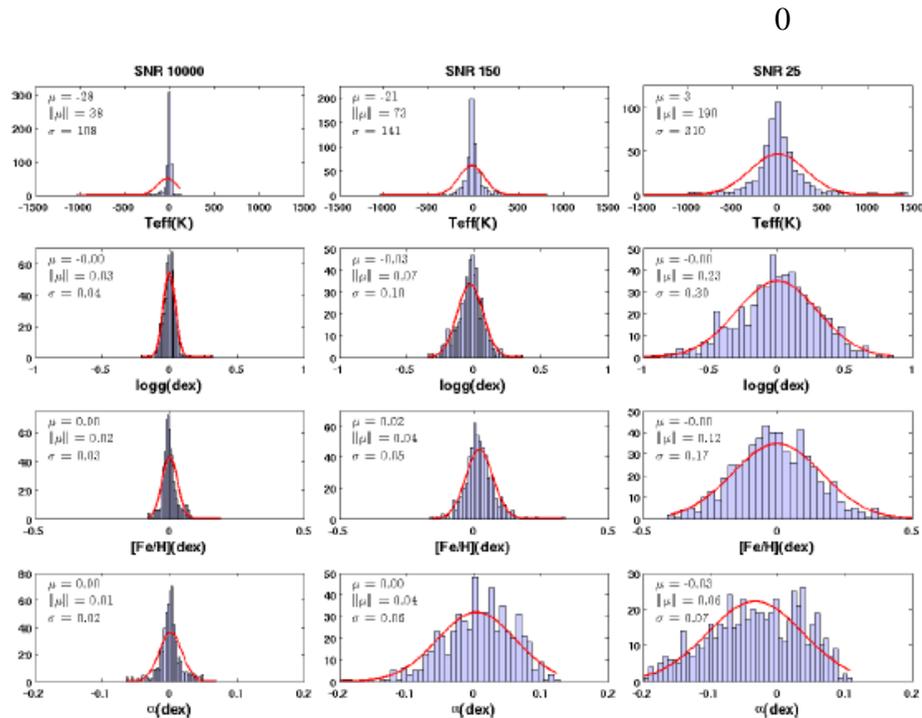


Figure 2: Errors' distribution of parameters derived for a sample of thin disk stars

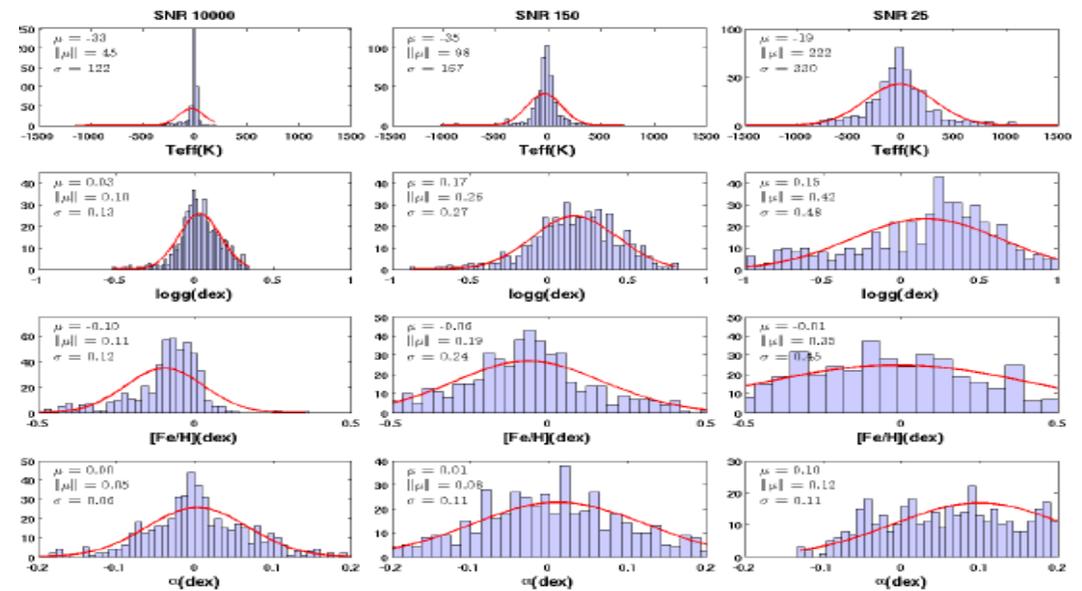


Figure 3: Errors' distribution of parameters derived for a sample of halo stars

## 4-4.- Parametrización mediante algoritmos genéticos

Con el objetivo de seleccionar los puntos en el espectro que contienen la información relevante para la obtención de cada parámetro atmosférico individual, y para reducir la dimensión de la señal de entrada al algoritmo de parametrización se han realizado diversas pruebas con algoritmos genéticos.

Para ello se ha considerado la descomposición wavelet a tres niveles. La codificación del algoritmo genético se lleva a cabo mediante una cadena de 1 y 0 (alfabeto binario) donde cada gen (bit) representa cada una de las variables (puntos) de la señal de entrada.

El coste computacional es elevado, y los resultados aunque prometedores, no superan a los obtenidos mediante la técnica anterior (ANNs y elección del dominio de entrada).

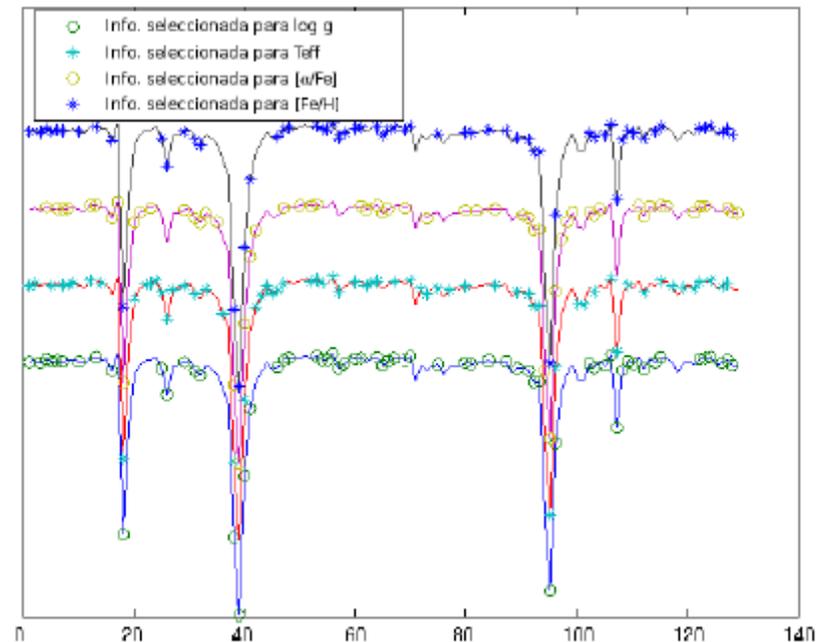


Figura 51: Información relevante en  $A_3$  seleccionada por el algoritmo genético a partir de espectros con relación señal a ruido de 200

## 5.- Bibliografía:

- DPAC wiki <http://www.rssd.esa.int/wikiSI/>

- Recio-Blanco, A., Bijaoui, A., deLaverny, P., 2006: "Automated derivation of stellar atmospheric parameters and chemical abundances: the Matisse algorithm". MNRAS 370, 141

- Manteiga, M., Ordóñez, D., Dafonte, C., Arcay, B., 2010: "ANNs and Wavelets: A Strategy for Gaia RVS Low S/N Stellar Spectra Parameterization". PASP, v. 122, issue 891, p. 608

- Bailer-Jones, c.A.L., Smith, K.W., Tiede, C., Sordo, R., Vallenari, A. 2008: "Finding rare objects and building pure samples: probabilistic quasar classification from low resolution Gaia spectra". MNRAS 391, 183