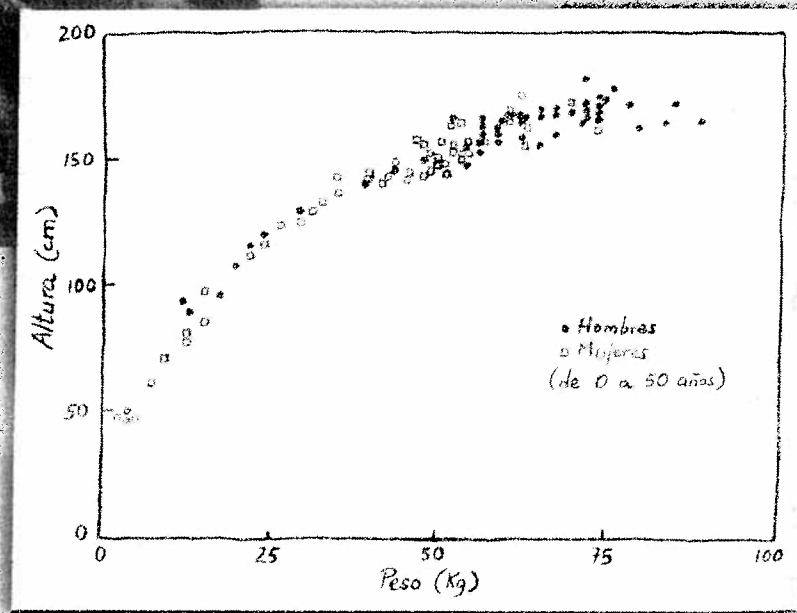
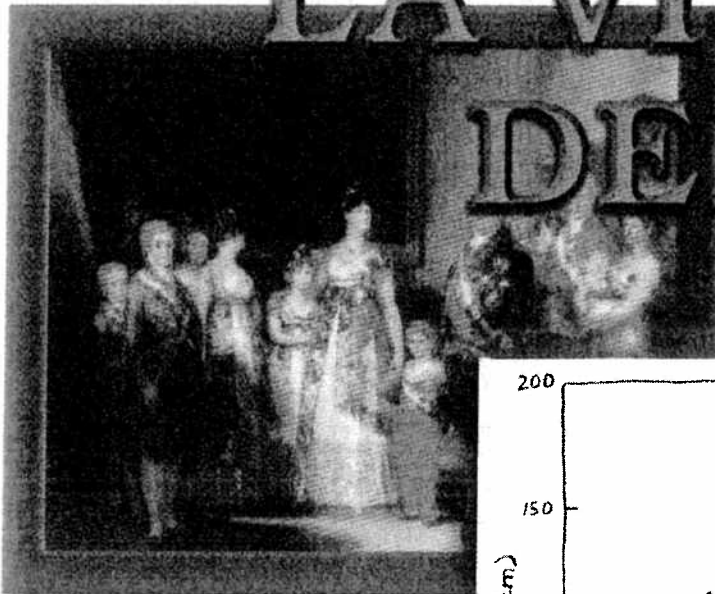


# LA FAMILIA DE CARLOS IV Y LA VISITA DEL ET

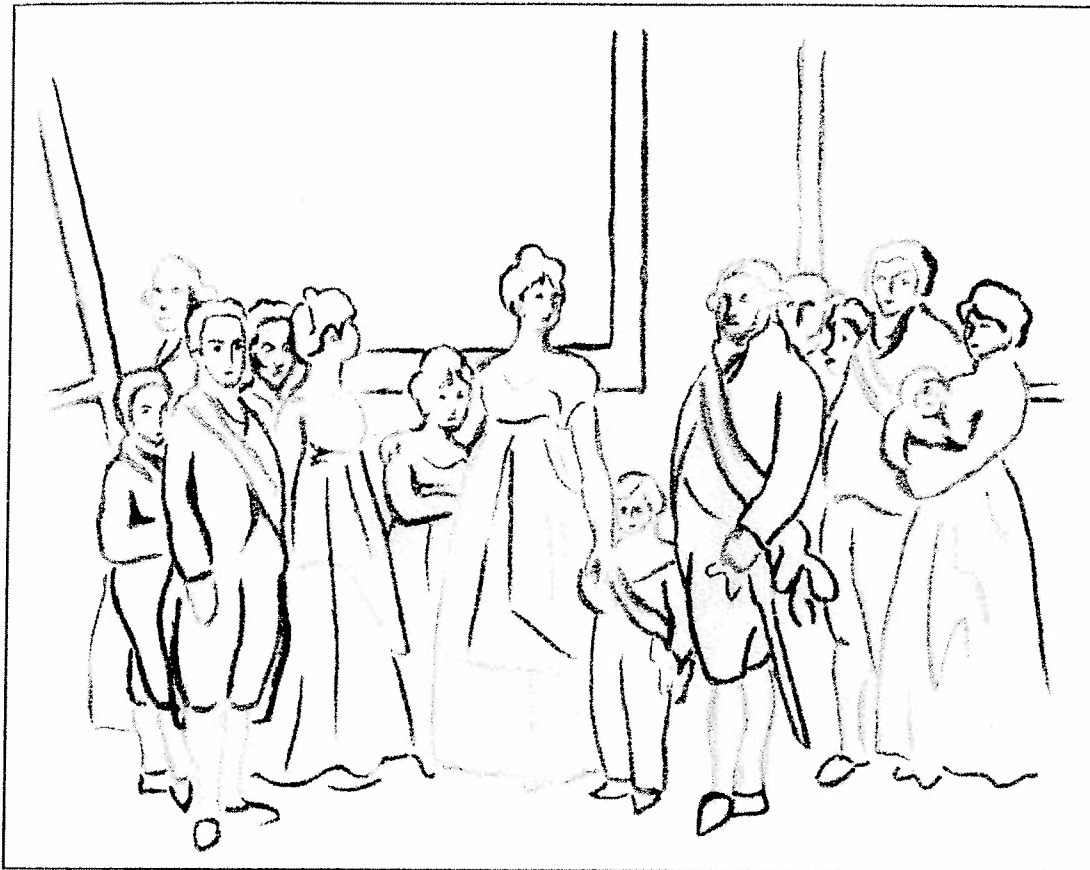


INÉS RODRÍGUEZ  
HIDALGO



Inés Rodríguez  
Hidalgo es investiga-  
dora del IAC.

*Esta mañana ante el espejo me descubrí un par de nuevas arruguitas en la comisura de los ojos. He debido levantarme caribeña y filosófica, porque evoqué casi al mismo tiempo el «¡Cómo cambian los tiempos. Venancio!» de los viejos troveros cubanos y el «Panta rei» de Heráclito, aplicados ambos, en este caso, a la imparable evolución de lo que somos y nos rodea. Y lo asocié al estudio de la evolución estelar... esfuerzo que, a primera vista, podría parecer inútil. Porque ¿se han planteado si existe evidencia de que las estrellas, a modo de seres vivos, nazcan, evolucionen y mueran y, si es así, en qué escala de tiempo lo hacen? En estas líneas trataré de seguir el hilo de razonamiento lógico que ha conducido a numerosos astrónomos a dedicar su esfuerzo a tamaño desafío.*



Reproducción del cuadro «La familia de Carlos IV». (Cortesía de la autora)

Comenzaré por presentar algunas reflexiones de carácter histórico y de sentido común:

1. Durante siglos se pensó que las estrellas eran como cabecitas de alfiler luminosas fijadas a la bóveda celeste... hasta que Halley, en el siglo XVIII midió por primera vez movimientos propios estelares comparándolos con las posiciones indicadas en los mapas de Hiparco (s. II a.C.), consideradas invariables hasta entonces.
2. Las estrellas parecen todas iguales... sin embargo, las hay de distintos brillos aparentes, colores, tamaños, masas y composiciones químicas. La observación ocasional del cielo tampoco permite, en general, percibir sus cambios... pero desde antiguo se conocían algunas de brillo variable como Mira Ceti, y a lo largo de la historia se han observado *novas* y *supernovas* (estrellas en las últimas fases de sus vidas consideradas en principio, erróneamente, como recién nacidas).
3. Los antiguos consideraban al Sol eterno e inmutable, una esfera perfecta... pero esto es así sólo en apariencia, si lo estudiamos globalmente y con poca precisión, sin tener en cuenta la multitud de estructuras cambiantes de su superficie y atmósfera. La hipótesis de que se

trataba de una estrella comenzó a fraguarse ya en el siglo XVI con las ideas de Giordano Bruno sobre la existencia de muchos mundos como nuestro Sistema Solar, y se vio reforzada por sugerencias de Descartes, Kant y Laplace. La primera determinación fiable de la distancia a una estrella por F. W. Bessel en 1838 sirvió para confirmarla. Paralelamente fueron afianzándose las ideas de que el Sol es una estrella ordinaria (la que vemos más grande y brillante, pero sólo por estar más cerca) y de que también las estrellas son soles lejanos en los que no podemos apreciar detalles. Y que emiten continuamente energía al espacio, al igual que nuestro Sol envía luz y calor a la Tierra.

4. La experiencia indica que en la naturaleza no existe ninguna fuente de energía infinita, lo que implica que las estrellas han de morir cuando agoten su energía. Es razonable pensar que nacieron en el pasado y que evolucionan a lo largo de sus vidas.
5. Estudios geológicos indican que la Tierra existe desde hace miles de Ma (millones de años), lo que pone un límite inferior a la edad del Sol. Y se estima que la cantidad de energía solar emitida durante ese tiempo ha variado poco en términos astronómicos. Como el Sol, las estrellas permanecen en un estado bastante estable du-

| TABLA I            |                  |                     |                    |                    |
|--------------------|------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| FASE VITAL         | EXTENSIÓN (AÑOS) | DURACIÓN RELATIVA   | NÚMERO DE PERSONAS | NÚMERO RELATIVO    |
| Niñez-Adolescencia | 0-17             | 17/70 = <b>0,24</b> | 4                  | 4/14 = <b>0,29</b> |
| Juventud           | 18-25            | 7/70 = <b>0,10</b>  | 2                  | 1/14 = <b>0,14</b> |
| Madurez            | 26-55            | 29/70 = <b>0,41</b> | 5                  | 6/14 = <b>0,36</b> |
| Vejez              | 56-70            | 14/70 = <b>0,20</b> | 3                  | 3/14 = <b>0,21</b> |

rante la mayor parte de sus vidas que, por tanto, deben durar al menos varios miles de Ma.

Concluimos, pues, que *las estrellas evolucionan, pero muy lentamente*. No es extraño que a los seres humanos les haya costado muchos siglos de historia civilizada llegar a darse cuenta de la evolución estelar y plantearse el reto de comprenderla.

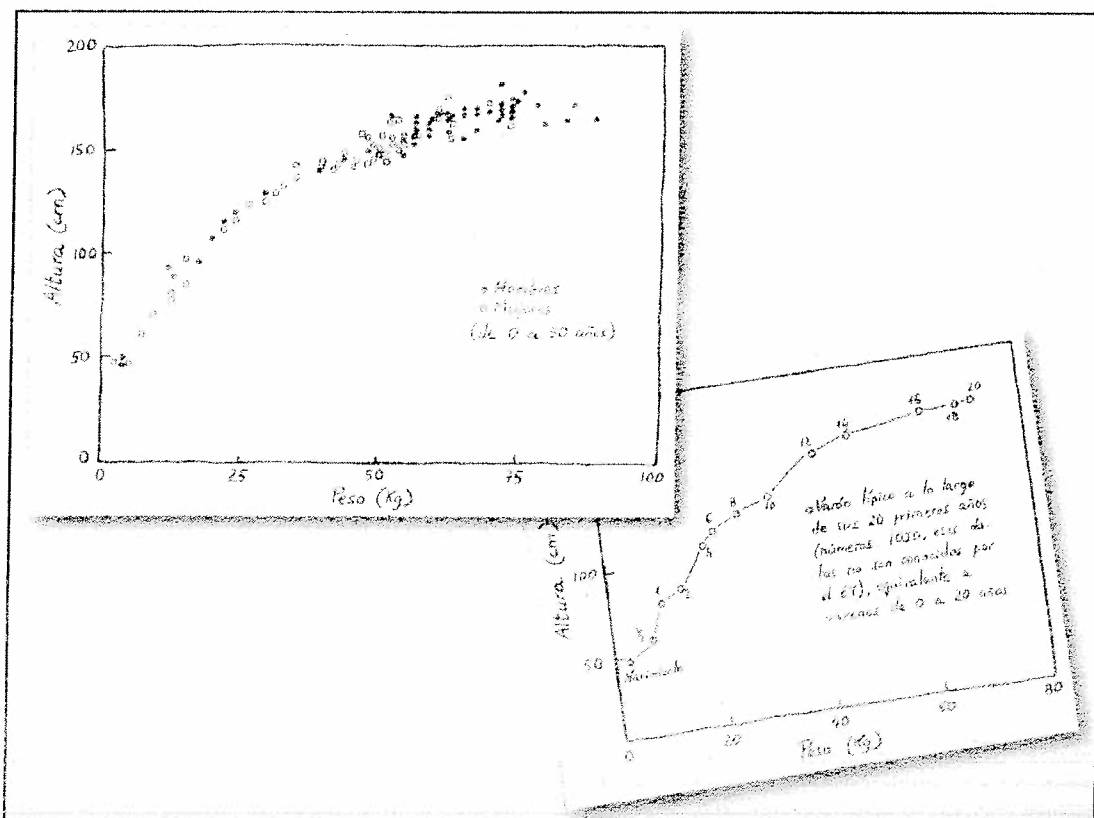
¿Me creerían si afirmo que el famoso cuadro de Goya «*La familia de Carlos IV*» puede ayudarnos a resolver la cuestión anterior?

Propongo un sencillo pasatiempo sobre este conjunto de personas de distintas edades vistas todas al mismo tiempo: clasifiquemos la vida humana en varias etapas (mejor en pocas bandas anchas); dividamos la duración de cada una de ellas por la total de una vida típica; finalmente, sobre el cuadro, contemos el número de personas

en cada una de las fases vitales establecidas, dividiéndolo a su vez por el número total de miembros del conjunto.

Los resultados de este cálculo sencillo -y poco preciso, ya que la muestra es pequeña, el conteo es subjetivo y es difícil situarse en la perspectiva de aquella época- se muestran en la tabla. No sólo la tendencia de las columnas 3 y 5 es cualitativamente similar, sino que el acuerdo cuantitativo entre ellas es asombrosamente aceptable (el máximo error no llega a un factor 1,4). Tabla I.

De este ejercicio aprendemos que en una «foto de familia» de objetos que evolucionan (no necesariamente personas ni seres vivos) se cumple que *los cocientes entre el número de individuos en una fase vital y el número total de ellos, así como entre la duración de esa etapa y la duración total de la vida, son aproximadamente equivalentes*.



Gráficos del supuesto visitante alienígena. (Cortesía de la autora)

La buena noticia es que podemos hacer fotos de familia de las estrellas, ya que es posible observar al mismo tiempo muchas en distintas fases de su evolución. La mala es que calcular «al ojo por ciento» la edad de una estrella no es tan sencillo como para un ser humano...

Y aquí aparece la segunda broma de este artículo, un divertido problema, que podríamos enunciar como sigue: «en una corta visita a la Tierra (poco más de 25 minutos, ¡estos vuelos *chárter*...!), un extraterrestre (ET) curioso desea hacerse una idea acerca de los seres humanos y su evolución. Gracias a su avanzada tecnología es capaz de registrar en tan escaso tiempo el peso y altura de varias muestras diferentes de personas. Con tan pobres datos ¿podrá el ET obtener al menos parte de la información que busca?»

Sepamos qué puede deducirse de las gráficas del ET. En ellas se observa un comportamiento natural para muchas especies vivas, la tendencia general al aumento del peso con la altura con una subida más acentuada para los valores pequeños de estos dos parámetros, más lenta en la zona intermedia y prácticamente plana hacia el final.

Pero, sin duda, el dato más importante de estos diagramas es la *mayor acumulación de puntos en determinadas zonas*: corresponden a las fases más duraderas de la vida humana por lo que, en un instante de tiempo, es esperable encontrar más seres en esas etapas, entre los límites típicos de peso y altura que las caracterizan.

Por tanto, las gráficas contienen información indirecta sobre la edad, aunque no esté explícitamente representada en ellas. Sin embargo, no está

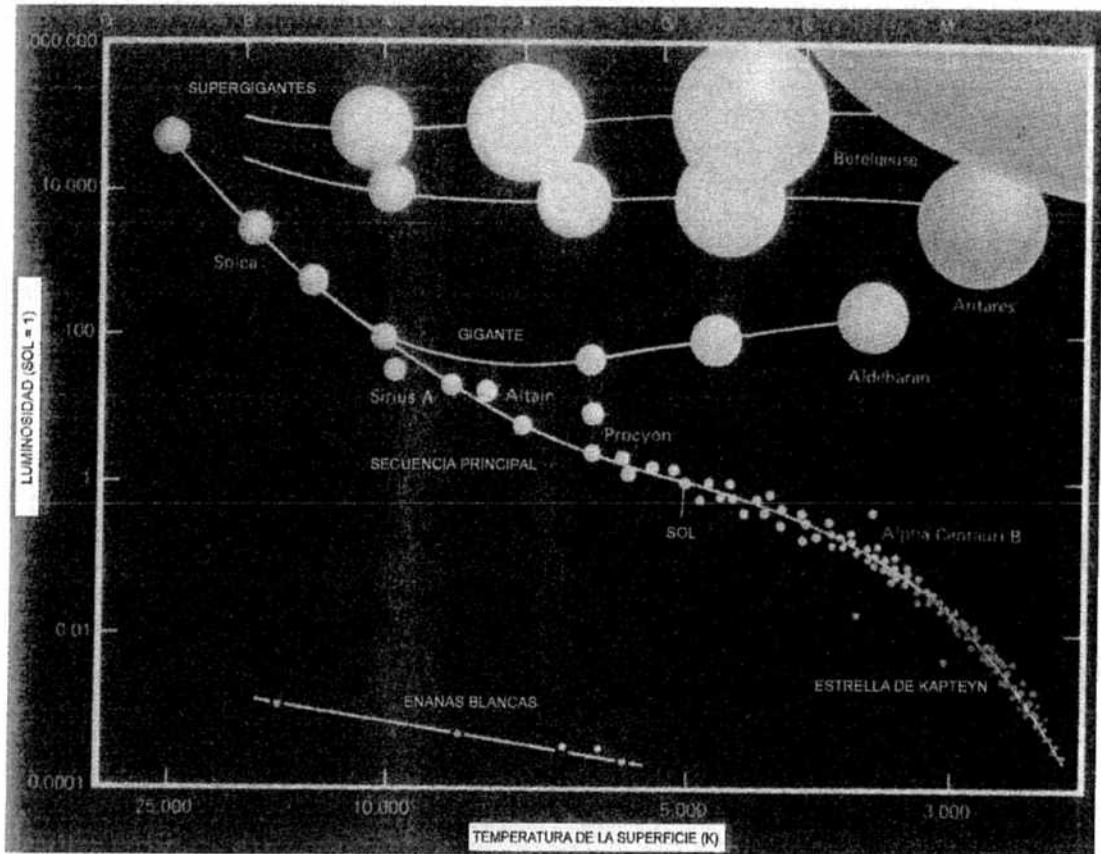


Cúmulo globular Messier 15, a unos 40.000 años luz de la Tierra, en la constelación de Pegasus, obtenida por el Telescopio Espacial Hubble. Se trata de un conjunto de estrellas unidas por su propia gravedad, formadas a partir de una misma nube de materia interestelar y, por tanto, con la misma composición química inicial. Aunque estas estrellas nacieron al mismo tiempo, actualmente se encuentran en distintas fases de su evolución, cuyo ritmo viene determinado esencialmente por su masa inicial. Los cúmulos son realmente «fotos de familia» de las estrellas y la comparación de sus diagramas H-R (enteramente similares a las gráficas peso-altura del ET) con los modelos de evolución constituye la prueba observacional de que nuestra actual visión del ciclo evolutivo estelar es bastante correcta. (NASA y The Hubble Heritage Team -STScI/AURA-)

clara aún la «dirección» correcta de la flecha del tiempo en los diagramas...

Ahora bien, si el ET, que sin duda conoce el *método científico* reúne todos sus conocimientos de astronomía, física, química, planetología, exobiología... y clasifica a las personas según las propiedades que ha medido, *podrá elaborar un modelo de la evolución humana*. El proceso consistiría en construir una «maqueta» físico-matemática auto-consistente, es decir, sin contradicción ni con sus datos ni con sus conocimientos teóricos previos (aquéllos bien probados en otros escenarios), capaz de *explicar* y *predecir* con razonable acierto el peso y tamaño de las personas cuando nacen, durante sus vidas y hasta que mueren, cuánto dura cada etapa vital, qué procesos provocan el nacimiento, la evolución y la muerte...

Diagrama de Hertzsprung y Russell (del libro *Conceptual Astronomy* de M. Zeilik 1993, John Wiley & Sons). Como en los diagramas peso-altura para los humanos, se representan aquí dos propiedades estelares que cambian con el tiempo: la luminosidad -en ordenadas-, frente a la temperatura superficial -en abscisas-. Según su temperatura superficial, las estrellas exhiben distintos colores (los indicados en el diagrama son colores reales) y se clasifican en distintos tipos espectrales. Según su tamaño, del que depende esencialmente la luminosidad, se clasifican en supergigantes, gigantes y enanas de la Secuencia Principal (como el Sol). Los tamaños relativos entre estrellas de la misma clase de luminosidad representados en la gráfica son reales, pero no así entre estrellas de distintas clases. La mayor acumulación de estrellas se encuentra en una banda llamada Secuencia Principal, que corresponde a la fase más estable y duradera de sus vidas. Las estrellas más masivas y luminosas están en su parte superior y evolucionan más rápidamente, mientras que las menos masivas y menos luminosas, en la parte inferior, tienen una evolución mucho más lenta. El tiempo no está representado en el diagrama HR, pero si está implícito en él: los modelos de evolución estelar permiten dibujar sobre el mismo las trazas evolutivas de las estrellas.



**TABLA 2**

|               |              |   |                             |               |   |             |
|---------------|--------------|---|-----------------------------|---------------|---|-------------|
| Visita del ET | = 25 minutos | = | Historia de la civilización | = ≈6.000 años | = | = 0,0000006 |
| Vida humana   | = ≈80 años   | = | Vida de una estrella        | = ≈10.000 Ma  | = | = 0,0000006 |

Si el modelo es correcto, el ET constatará que el diagrama peso-altura de una muestra de varones típicos entre 0 y 20 años es enteramente equivalente al de un varón promedio en sus veinte primeros años, lo que le permitirá concluir que *para reconstruir la evolución de un individuo se le puede seguir a lo largo de toda su vida o tomar al mismo tiempo datos de muchos seres de distintas edades y elaborar un modelo de evolución.*

¡Nosotros podemos hacer lo mismo con las estrellas! Como el ET frente a la vida humana, tenemos muy poco tiempo. Nótese la coincidencia entre los cocientes de la Tabla 2.

Y, como él, disponemos sólo de datos observacionales (no experimentales) y de un bagaje previo de conocimiento, las herramientas necesarias para intentar reconstruir el ciclo vital de las estrellas: es preciso determinar, mediante rigurosa observación, al menos dos propiedades estelares básicas que cambien con el tiempo, elegidas de acuerdo con las teorías acerca de cómo «funcionan» las estrellas, hacer diagramas para clasificarlas según estas características, y elaborar modelos científicos de su evolución.

Si aceptar un reto de tal envergadura ya nos hace sentirnos profundamente humanos, resulta estimulante y esperanzador constatar los múltiples logros de las actuales teorías de evolución estelar... aunque, como siempre en ciencia, seguimos trabajando y aprendiendo.

### EPÍLOGO

Esa hábil clasificación de las estrellas de acuerdo con dos de sus propiedades (su temperatura superficial y su luminosidad o cantidad de energía que emiten por unidad de tiempo) la realizaron ya, a primeros del siglo XX, Hertzsprung y Russell. Sobre el diagrama que lleva su nombre (H-R), las teorías de evolución estelar permiten dibujar los caminos seguidos por las estrellas a lo largo de sus vidas, llamados trazas evolutivas... *pero esto ya es otra historia.*

### Nota:

(Sobre las figuras, realizadas por la autora del artículo). D. Francisco de Goya me perdona por la «reproducción» de su cuadro.

Los diagramas peso-altura son adaptaciones de gráficas del libro *Conceptual Astronomy* de M. Zeilik (1993, John Wiley & Sons).