

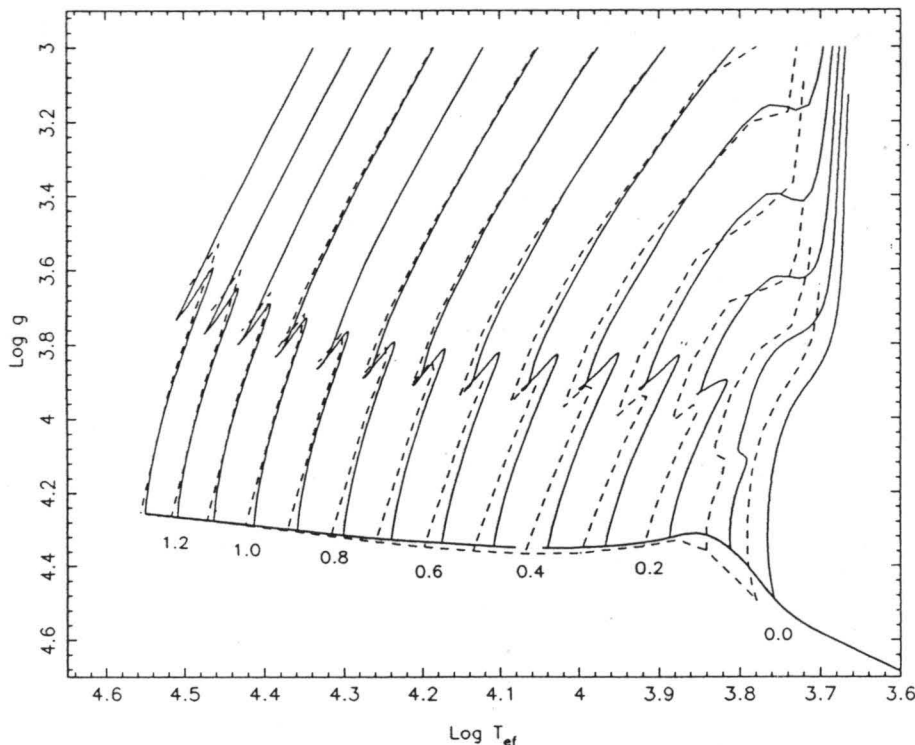
Pror. T-12/399

T  
14  
44

UNIVERSIDAD DE GRANADA  
FACULTAD DE CIENCIAS - SECCION DE FISICAS

INSTITUTO DE ASTROFISICA DE ANDALUCIA  
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS

PARAMETROS ABSOLUTOS EN ESTRELLAS BINARIAS CON  
MOVIMIENTO APSIDAL, MODELOS EVOLUTIVOS  
Y EFECTOS DE IRRADIACION



TESIS DOCTORAL PRESENTADA POR  
ANTONIO CLARET DOS SANTOS  
GRANADA 1991

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
GRANADA  
Nº Documento 619663043  
Nº Copia 1212184x

UNIVERSIDAD DE GRANADA  
22 MAR. 1991  
COMISION DE DOCTORADO



UNIVERSIDAD DE GRANADA  
Facultad de Ciencias  
Fecha 05 ABR. 1991  
ENTRADA NUM. 2363

INSTITUTO DE ASTROFISICA DE ANDALUCIA  
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS

PARAMETROS ABSOLUTOS EN ESTRELLAS BINARIAS CON MOVIMIENTO  
APSIDAL, MODELOS EVOLUTIVOS Y EFECTOS DE IRRADIACION

ANTONIO CLARET DOS SANTOS  
Tesis Doctoral

UNIVERSIDAD DE GRANADA  
1991

UNIVERSIDAD DE GRANADA  
22 MAR. 1991  
COMISION DE DOCTORADO

UNIVERSIDAD DE GRANADA  
Facultad de Ciencias  
02 ABR. 1991  
ENTRADA NUM. 3

PARAMETROS ABSOLUTOS EN ESTRELLAS BINARIAS CON MOVIMIENTO  
APSIDAL, MODELOS EVOLUTIVOS Y EFECTOS DE IRRADIACION

Visado en Granada a  
21 de Marzo de 1991

Director de la Tesis:  
Dr. Alvaro Giménez  
Cañete  
Investigador Científico del C.S.I.C.

Memoria presentada para  
optar al grado de DOCTOR  
EN CIENCIAS (SECCION  
DE FISICAS).

Profesor Ponente:  
Dr. D. Eduardo Battaner  
López  
Universidad de Granada.  
Catedrático de Física de  
la Tierra, Astronomía y  
Astrofísica.

Granada a 21 de Marzo de  
1991

Firmado: Antonio Claret  
dos Santos  
Licenciado en Ciencias Físicas.

## INDICE

### 1 - INTRODUCCION

- 1.1 - *Las Constantes de estructura interna estelar* ..... 7  
1.2 - *Efecto de la irradiación en sistemas Algol clásicos* ..... 11

### 2 - MODELOS DE EVOLUCION ESTELAR Y MOVIMIENTO APSIDAL

#### 2.1 - Los modelos evolutivos teóricos

- 2.1.1 - *Introducción* ..... 15  
2.1.2 - *Planteamiento del problema de la estructura y evolución estelar* ..... 16  
2.1.3 - *La contracción gravitatoria* ..... 27  
2.1.4 - *Cálculo de  $k_2$ ,  $k_3$  y  $k_4$*  ..... 29  
2.1.5 - *La integral de Kopal* ..... 32  
2.1.6 - *Cálculo del momento de inercia* ..... 33  
2.1.7 - *Cálculo de la energía potencial* ..... 41  
2.1.8 - *Modelos interpolados* ..... 44  
2.1.9 - *Cálculo de las isocronas* ..... 46  
2.1.10 - *Comparación con otros modelos evolutivos* ..... 54

#### 2.2 - Ecuaciones dinámicas del movimiento apsidal

- 2.2.1 - *Introducción* ..... 65  
2.2.2 - *Efectos relativistas* ..... 72

2.2.3 - Efectos del tercer cuerpo y permeabilidad del medio circumestelar .....	73
2.2.4 - Tiempos de mínimo, curvas de Luz, espectroscopía y dimensiones absolutas .....	76
2.2.5 - Cálculo de errores .....	78
<b>2.3 - Comparación con las observaciones</b>	
2.3.1 - La muestra observacional .....	81
2.3.2 - Comparación entre los coeficientes de estructura interna observados y teóricos .....	82
2.3.3 - Posibles soluciones - efectos dinámicos secundarios .....	96
2.3.4 - Posibles soluciones - hipótesis físicas de los modelos teóricos .....	99
2.3.4.1 - Incertidumbres en las opacidades y en $l/H$ .....	
2.3.4.2 - "Overshooting" en el núcleo convectivo y pérdida de masa .....	101
2.3.4.3 - Efectos de la rotación estelar .....	122
2.3.5 - Tiempos de sincronización y circularización .....	131
<b>3 - LA IRRADIACION MUTUA EN COMPONENTES DE SISTEMAS BINARIOS ECLIPSANTES PROXIMOS</b>	
3.1 - Introducción .....	140
3.2 - El problema de las metalicidades en las estrellas secundarias de los sistemas tipo Algol .....	142
3.3 - El modelo de atmósferas .....	148
3.4 - Introducción del flujo externo .....	154
3.5 - Modelos de atmósferas irradiadas .....	166



<i>3.6 - Comparación de los modelos irradiados con los no irradiados</i> .....	181
<i>3.8 - Influencia de la irradiación en la evolución estelar</i> .....	196
<b>3.9 - Las leyes de oscurecimiento hacia el borde para atmósferas irradiadas y no irradiadas</b>	
<i>3.9.1 - Introducción</i> .....	200
<i>3.9.2 - Análisis de los resultados para modelos no irradiados</i> .....	203
<i>3.9.3 - Análisis de los resultados para modelos irradiados - caso lineal</i> .....	227
<i>3.9.4 - Análisis de los resultados para modelos irradiados - caso cuadrático</i> .....	237
<b>4 - CONCLUSIONES</b> .....	245
<b>5 - REFERENCIAS</b> .....	252
<b>6 - APENDICES</b> .....	266

Para mis padres y Rosana

F. V. R. O. C. H. E. M. I. N.

G. A. T. C. O.



## AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento a todas las personas que contribuyeron a la realización de este trabajo.

A Alvaro Giménez, director de la tesis, quien me ha dado toda la condición de trabajo, apoyándome siempre en todas las etapas con amistad y buena voluntad.

A Antonio Delgado, por su ayuda y sugerencias respecto a los modelos evolutivos.

A J. M. García de María, por su amistad y discusiones respecto a los sistemas de tipo Algol.

A mis compañeros Miguel Angel López-Valverde, Enrique García Lobo, Eloy Rodríguez, María José López-González, Pedro Elósegui y Antxon Alberdi cuyo constante apoyo, amistad y sugerencias fueron muy importantes en el desarrollo de esta memoria.

Al personal del Centro de Cálculo, Antonio y Mercedes, por todas las facilidades que me han ofrecido.

A todo el personal administrativo del IAA, en la persona de Manuel Romero, por su continuo interés y amistad.

A Eduardo Battaner, el haber aceptado, con interés y confianza, la ponencia de esta memoria.

A Angel Rolland y Pilar López de Coca, quienes siempre me han animado.

Deseo expresar asimismo, mi agradecimiento al IAA, en las personas de sus directores, José María Quintana, Mariano Moles y Rafael Rodrigo, por la acogida que me han dado, transformando mi estancia en Granada en una de las más agradables partes de mi vida.

Al CNPq, por la beca.

A mis padres, por su confianza.

A Rosana, quien ha compartido conmigo, con entusiasmo, paciencia y confianza, vivir esta hermosa aventura.

A Granada: *Verte que te quiero siempre verte*

BIBLIOTECA

UNIVERSIDAD DE GRANADA





CAPITULO 1

INTRODUCCION



GALGO  
FARM

## 1. INTRODUCCION

Se sabe que aproximadamente la mitad de las estrellas son realmente sistemas binarios. Esto, añadido al hecho de que las estrellas dobles son uno de los medios más fiables de obtener parámetros estelares absolutos justifica plenamente un estudio detallado en sus diversas ramas.

Dependiendo de la forma en que se observa (o de como se descubre su naturaleza binaria) estas estrellas podemos dividir las en *visuales*, *espectroscópicas* y *fotométricas* o *eclipsantes*. Las primeras se estudian mediante técnicas de mecánica celeste, mientras que en las otras dos se utilizan métodos astrofísicos. Las binarias eclipsantes se caracterizan por la variación periódica del brillo observado. Aunque también existen estrellas variables intrínsecas, en el caso de las binarias eclipsantes la variación de la luz se debe a que las dos componentes se eclipsan mutuamente mientras recorren su órbita.

Las dos componentes de un sistema eclipsante suelen estar mucho más próximas entre sí que en el caso de las dobles visuales y/o espectroscópicas. Esta proximidad genera alteraciones en la física del problema aumentando enormemente el grado de complejidad de la teoría involucrada. La inclinación de la órbita respecto al plano del cielo es de aproximadamente 90 grados. De los efectos que pueden aparecer debido a la proximidad de las componentes podemos destacar: distorsión por rotación, efecto de mareas y efecto de irradiación mutua.

Otros fenómenos pueden ser estudiados con algún detalle solamente en los sistemas binarios eclipsantes. Este es el caso del oscurecimiento del limbo que se observa bastante bien en el Sol. Esta variable del problema actúa en el sentido de que los cambios de luminosidad observados en la curva de luz son más lentos y además suavizan los mínimos. Utilizando modelos de atmósferas estelares es posible obtener los valores teóricos de los coeficientes de oscurecimiento del limbo y consecuentemente, compararlos con las observaciones.

También se obtienen valores muy precisos de los radios relativos a través del análisis de las curvas de luz. Si el sistema en cuestión es además un sistema espectroscópico, podremos obtener por medio de la observación de las velocidades radiales las masas individuales del sistema.

Sin embargo, las curvas de luz y de velocidades radiales están sujetas a

algunas reglas prácticas para que las informaciones obtenidas sean fiables. Comencemos por comentar cuales son los requisitos para la fotometría. Obviamente, las informaciones contenidas en las curvas de luz dependen del modelo teórico adoptado. Así, no es posible tratar bien un sistema excéntrico con un modelo diseñado para órbitas circulares. Un estudio preliminar de la curva de luz permite evaluar si los efectos de proximidad son importantes y si lo son, en qué medida.

Respecto a la calidad de las medidas, es obvio decir que éstas deben obtenerse con la máxima posible. Se debe extremar el cuidado con respecto al tiempo (como variable) y a la calidad de las medidas en sí mismas a través del procedimiento de reducción. Las curvas de luz se deben cubrir por lo menos dos veces en varios filtros, evitándose, en la medida de lo posible, el empleo de sistemas con bandas anchas.

Otro factor de mucha importancia en la obtención de curvas de luz fiables es el de las estrellas de comparación: obviamente, se deben evitar variables para tal tarea y éstas se deben someter a un constante chequeo respecto a su constancia. El error medio en las medidas debe ser del orden de  $0.^m005$ .

La espectroscopía es también de suma importancia en el estudio de las estrellas binarias. De hecho, si las observaciones fotométricas se acompañan de las respectivas medidas espectroscópicas, es posible sacar las principales informaciones tales como radios, masas, temperaturas efectivas, etc. Para sacar el máximo partido de esta clase de observación, es necesario elegir bien las líneas espectrales (no sujetas a solapamientos) y detectar los espectros de las dos estrellas. Dependiendo de la relación de luminosidades, es posible registrar los dos espectros pero en algunos casos solamente se puede estudiar uno de ellos. Finalizando, debemos señalar también la importancia del proceso de reducción de los datos. Unos datos observacionales de buena calidad pueden no significar mucho si no se toma el debido cuidado en el proceso de reducción.

Como un complemento, damos a continuación en la Tabla 1 cuál es (son) la(s) clase(s) de observacion(es) necesarias para la obtención fidedigna de un parámetro concreto.

Tabla 1	
Parámetro	Clase de Observación
P periodo	curva luz, $T_{min}$ , curva Vel. Rad.
i inclinación órbita	curva luz
e excentricidad	curva luz, $T_{min}$ , curva Vel. Rad.
$\omega$ longitud periastro	curva luz, $T_{min}$ , curva Vel. Rad.
$\omega_0, \omega_1$ const. mov. apsidal	curva luz, $T_{min}$ , curva Vel. Rad.
$T_{conj}$ tiempo de conjunción	curva luz, $T_{min}$ , curva Vel. Rad.
a semieje mayor	curva luz + curva Vel. Rad.
$a_0$ radio de la estrella A	curva luz
k relación de radios	curva luz + espectrofot.
$m_A, m_B$ masas estelares	curva luz + curva Vel. Rad.
q relación de masas	curva luz, curva Vel. Rad.
$\omega_{A,B}$ velocid. angular	espectrofot.
$u_{A,B}$ coef. "limb-darkening"	curva luz, tipo espect.
$\beta_{A,B}$ coef. oscur. grav.	curva luz, tipo espect.
$W_{A,B}$ albedos bol.	curva luz, curva Vel. Rad., tipo espect.
$T_{A,B}$ temp. efect.	ind. color + curva luz + tipo espect.
$g_{A,B}$ gravedad	ind. color, curva luz + curva Vel. Rad., tipo espectr., espectrofot.
$L_A/L_B$ razón de luminosidades	curva luz, espectrofot.
$j_A/j_B$ razón de flujos	curva luz
$L_3$ tercera luz	curva luz, $T_{min}$ , curva Vel. Rad., espectrofot.
$\tau$ edad	ind. color, curva luz + curva Vel. Rad.
X, Y, Z comp. química	curva luz + curva Vel. Rad, espectrofot.
d modulo distancia	curva luz + curva Vel. Rad.
$k_2$ param. concentración interna	curva luz + $T_{min}$ + curva Vel. Rad. + espectrofot.

Como hemos visto, el estudio de las estrellas dobles es muy importante en la Astrofísica debido a que las perturbaciones debidas a la proximidad de las dos componentes actúan como sondas y posibilitan investigar con cierto detalle la evolución y en algunos casos el interior estelar. En este sentido, tales perturbaciones tienen un papel muy similar a las técnicas usuales de laboratorios de física que consisten en perturbar el objeto en estudio (aplicando por ejemplo un campo magnético o eléctrico) estudiando su comportamiento bajo la acción de las perturbaciones aplicadas.



## 1.1 Las constantes de la estructura interna estelar

En el caso de las estrellas dobles, la presencia de la compañera altera el campo gravitatorio de ambas, pudiendo actuar en la forma de ellas (efecto de marea). Esta alteración es responsable naturalmente de la pérdida de la simetría esférica del sistema y depende de la estructura interna de las componentes. Las dos estrellas se pueden distorsionar también por efecto de la rotación que tiende a achatarlas en el polo.

Desde el punto de vista teórico es posible en principio describir tales distorsiones en función de la estructura interna de las estrellas. La órbita de este par de estrellas no será kepleriana puesto que los elementos orbitales serán función del tiempo. En este trabajo se pretende estudiar justamente la influencia de la no esfericidad de las componentes en los elementos orbitales principalmente en la longitud del periastro.

Hay tres fenómenos físicos que pueden dar lugar a que la línea de los ápsides no sea constante en el tiempo: la existencia de un tercer cuerpo, la pérdida de la simetría esférica por deformaciones y un efecto relativista cuyo ejemplo más conocido es el avance del perihelio del planeta Mercurio.

Por supuesto que debemos buscar como candidatos para esta investigación estrellas binarias que tengan órbitas excéntricas. Los tres fenómenos citados anteriormente pueden estar presentes en un sistema simultáneamente o no. La contribución de cada uno de ellos a la rotación de la línea de los ápsides dependerá de las condiciones físicas de cada sistema.

Russell (1928) encontró una expresión bien sencilla para el período de revolución apsidal que dependía de la razón de masas, del radio relativo (a la quinta potencia) y de las constantes de estructura interna. Por otro lado, Chandrasekhar (1933) calculó los valores de estas constantes para modelos politrópicos. Cowling (1938) corrigió la expresión de Russell aunque utilizó hipótesis bastante simplificadoras para el problema.

Sin embargo, aunque la comparación de los valores observacionales de las constantes de estructura interna ( $k_2$ ) con los valores teóricos derivados del modelo de Eddington era buena, los errores cometidos en la determinación de los radios relativos eran aún muy grandes y por lo tanto dichas constantes estaban afectadas de gran incertidumbre. Sterne (1939) mejoró aún más las expresiones anteriores para el período de revolución apsidal y logró incluso

separar las contribuciones de marea y de rotación (ver capítulo 2). Los avances teóricos en lo que concierne el cálculo de  $k_2$  no acompañaron tales éxitos y se seguían utilizando modelos politrópicos.

Kopal (1953) demostró que, bajo determinadas circunstancias, las constantes de estructura interna se podrían calcular como una integral (cuadratura) mucho más sencilla que la integración formal de la ecuación de Radau. Este procedimiento, sin embargo, no es del todo correcto como se demuestra en el presente trabajo.

Los primeros cálculos de las constantes de estructura interna utilizando modelos estelares fueron realizados por Schwarzschild (1958) y por Kopal (1965). Estos investigadores encontraron que los valores de  $k_2$  derivados empíricamente eran siempre sistemáticamente menores que los calculados teóricamente. Se pensó inicialmente que tales discrepancias se debían a que los modelos usados eran homogéneos y que podrían desaparecer si se usaban modelos evolucionados para la comparación (Petty, 1973). Se llevaron otros trabajos a cabo en esta época pero las discrepancias no pudieron ser eliminados (Mathis, 1967; Semeniuk y Paczynsky, 1968; Cisneros-Parra, 1970; Koch, 1972).

Otra posibilidad que fue bastante explorada como posible causa de las discrepancias fue que las opacidades usadas no eran muy fiables (Stothers, 1974). De hecho, las discrepancias disminuyen al utilizarse modelos con opacidades más modernas (Monet, 1980). Más recientemente, Jeffery (1984) utilizando tablas de opacidades debidas a Carson publicó una serie de modelos que al ser comparados con las observaciones llevaban a un acuerdo bastante razonable respecto a  $k_2$ . Sin embargo, la validez de estas opacidades fue cuestionada por Carson *et al* (1984) y Magee *et al.* (1984).

Finalmente, Hejlesen (1987) en base a sus modelos previamente publicados (Hejlesen, 1980a, 1980b) presentó una red de modelos con los valores de  $k_2$ ,  $k_3$  y  $k_4$ . Tales modelos, como veremos en el capítulo 2, están también basados en opacidades no realistas.

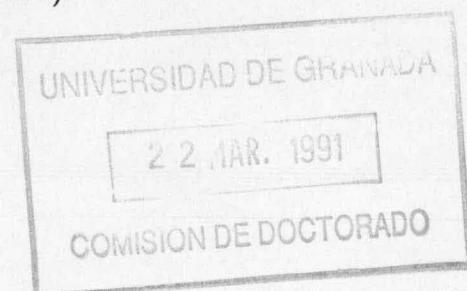
Desde del punto de vista teórico-observacional, el trabajo más importante es debido a Giménez (1981a, 1981b) y Giménez y García-Pelayo (1983) que reformuló el problema de forma que obtuvo los valores de las discrepancias entre teoría y observación en función de parámetros observados con buen grado de fiabilidad e indicativos de la evolución de los sistemas en estudio. Además, desarrolló un método de análisis del movimiento apsidal que será comentado más tarde en el presente trabajo.

Establecidos los problemas existentes entre teoría y observación nuestra propuesta de trabajo es compilar todos los datos observacionales disponibles que tengan un alto grado de fiabilidad, construir modelos evolutivos teniendo en cuenta los últimos avances de la física relativas a la evolución estelar y hacer un comparación entre teoría y observación de la forma más elaborada posible. Con el modelo evolutivo se pretenden estudiar las probables influencias de determinadas simplificaciones, asumidas a priori en la gran mayoría de ellos, para la obtención de las constantes de estructura interna. Se pretende además a través de estos modelos, estudiar otros parámetros involucrados en la estructura de las estrellas tales como el radio de giro y su dependencia temporal puesto que hasta la fecha estos datos solamente eran disponibles para el caso de polítopos y modelos bastante sencillos (Mozt, 1952).

Para intentar evitar posibles problemas observacionales en la determinación de  $k_2$ , utilizaremos solamente aquellos sistemas en que la determinación de las dimensiones absolutas estén dentro de un mínimo de precisión. Ello significa que el sistema tiene que cumplir con ciertos requisitos que se describirán detalladamente más adelante.

Los principales objetivos del presente trabajo respecto a las constantes de estructura interna estelar se pueden resumir en:

- 1- Selección de datos observacionales (dimensiones absolutas y tasas de movimiento apsidal) para estrellas binarias eclipsantes que presentan tal movimiento y que tengan además buenas determinaciones de estos parámetros para posterior comparación con los valores teóricos.
- 2- Contrucción de modelos teóricos de evolución estelar para ser contrastados con las observaciones. Para ello, debemos tener en cuenta:
  - 2a- La introducción de nuevas tasas de producción de energía por procesos nucleares
  - 2b- Introducción de nuevas tablas de opacidad
  - 2c- Cálculo de las constantes de estructura interna estelar a través de la resolución de la ecuación de Radau
  - 2d- Cálculo del momento de inercia y de la energía potencial de las configuraciones. El primero para ser utilizado en cálculos de tiempos de sincronización y de circularización. Comprobaremos la constancia del producto de los factores de forma de la energía potencial y del momento de inercia con vistas a la resolución de la ecuación de Jacobi (Ferronsky *et al.*, 1987).





2e- Comparación del modelo de evolución estándar (interna y externamente) con otros modelos previamente publicados para asegurarnos de su buen comportamiento

3- Comparación del modelo de evolución convencional con las observaciones.

3a- Las edades derivadas para las dos componentes de cada sistema deben ser compatibles

3b- Comparación de las temperaturas efectivas teóricas y observadas

3c- Estudio de las velocidades rotacionales dada su importancia para el cálculo del ritmo de avance del periastro

3d- Comparación entre las constantes de estructura interna estelar observadas y teóricas.

4- Posibles causas para explicar el desacuerdo entre teoría y observación

4a- Influencia de un tercer cuerpo

4b- Influencia de la permeabilidad del medio circumestelar

4c- Viscosidad del interior estelar

4d- Posibilidad de que los ejes de rotación estelar no sean perpendiculares al plano orbital

4e- Errores en las opacidades, en las tasas de producción de energía o en el parámetro  $l/H$  de mixing length

4f- Errores observacionales

4h- Cambios en la física de los modelos convencionales que pueden dividirse en:

a- Introducción de "overshooting" en el núcleo convectivo

b- Introducción de pérdida de masa por vientos estelares

c- Introducción de rotación estelar

5- Estudio de la sincronización y circularización

En el caso de introducción de mecanismos no convencionales los puntos 3a y 3b deberán ser igualmente comprobados antes de la comparación entre



las constantes de estructura interna observadas y teóricas.

## 1.2 Efecto de la irradiación en sistemas Algol clásicos

Por otro lado, siguiendo el objetivo principal de este trabajo que es estudiar los efectos de proximidad en sistemas binarios eclipsantes, investigaremos los efectos de la irradiación mutua en las componentes de dichos sistemas. Tal efecto ocurre en mayor o menor grado dependiendo de la distancia relativa entre las dos estrellas y de sus temperaturas efectivas. El espectro de una estrella irradiada es distinto al de la misma estrella si esta estuviera aislada, efecto este ya apuntado desde las primeras investigaciones (Eddington, 1926). Muchos trabajos siguieron a esta investigación pionera (ver descripción detallada en el capítulo 3).

Un efecto esperable debido a la irradiación está relacionado con el oscurecimiento hacia el borde. De hecho, una atmósfera irradiada tiene una distribución de brillo más uniforme que una estrella de la misma temperatura efectiva, gravedad superficial y metalicidad pero sin irradiar. Sin embargo, la sistematización del problema de la irradiación es bastante difícil dadas las simplificaciones que se hacen cuando se elabora un modelo de atmósfera estelar. Por ejemplo, la geometría adecuada al tipo de estrellas en que estamos particularmente interesados (Algoles) es muy difícil de implementar en un programa de atmósferas. Otra limitación es que dado que el programa usado (UMA - Upsalla Model Atmosphere) utiliza el método de Feautrier que discretiza las direcciones, solamente es posible estudiar un modelo irradiado en una dirección cada vez. Sin embargo, es posible sacar conclusiones al menos cualitativas del efecto de la irradiación en la determinación de los coeficientes de oscurecimiento hacia.

Se han calculado también los coeficientes de oscurecimiento hacia el borde para modelos no irradiados en estrellas frías dado que estos datos son muy importantes para el tratamiento de curvas de luz de sistemas binarios eclipsantes que contengan una componente de estos tipos.

Como vimos, la irradiación puede cambiar el espectro de una estrella. Este cambio además de afectar el oscurecimiento hacia al borde de dicha estrella, puede también alterar algunas de sus características básicas. Estudiaremos la influencia de la irradiación, en función de los parámetros que la caracteri-

zan, en la determinación de la temperatura efectiva real de la estrella, de su contenido en metales, etc. De hecho, el cambio debido a la irradiación ocurrido en el espectro puede simular, por ejemplo, estrellas con menor contenido en metales. Si no se toma el debido cuidado en el análisis pueden ocurrir graves problemas de interpretación.

Otro aspecto que puede ser importante es que la estrella irradiada aumenta su temperatura efectiva. Este aumento es función de las condiciones físicas de los sistemas tales como distancias relativas y temperaturas efectivas. Por otro lado, los trabajos de Ruciński (1969b) revelaron que, si la estrella en cuestión presenta convección en su atmósfera, la situación cambia en el sentido que el albedo bolométrico ya no será igual a 1.0 como en el caso de equilibrio radiativo. Por el hecho de que el régimen es adiabático, la cantidad de energía devuelta tras la irradiación es del orden del 50 por cien, en acuerdo con a las observaciones hechas para estrellas de tipo espectral más tardío.

Este fenómeno nos llevó a plantear la excitante posibilidad de que el calentamiento de las secundarias de sistemas Algol clásicos (constituidos de una estrella caliente de la secuencia principal y de una secundaria subgigante fría) pudiera explicar, por lo menos en parte, la extraña posición de estas estrellas en el diagrama HR puesto que tienen temperaturas efectivas muy altas para sus masas observadas.

Dentro del marco del estudio de la influencia de la irradiación mutua en sistemas de tipo Algol clásicos, podemos destacar como objetivos principales:

- 1- Introducción del flujo externo en un modelo de atmósferas estelares adecuado al problema planteado (estrellas frías y evolucionadas)
- 2- Cálculo de modelos de atmósferas irradiadas bajo condiciones de irradiación próximas a las situaciones observadas
- 3- Comparación entre los espectros de modelos irradiados y no irradiados con misma temperatura efectiva y estado evolutivo ( $\log g$ )
- 4- Estudiar el efecto de la irradiación en el posicionamiento de las secundarias de sistemas de tipo Algol clásicos en el diagrama HR. Estudio de la influencia del flujo externo en las temperaturas efectivas y metalicidades
- 5- Construcción de una red de modelos de atmósferas estelares de bajas temperaturas efectivas para obtención de los coeficientes de oscurecimiento hacia el borde

6- Estudio de la influencia de la irradiación en los coeficientes de oscurecimiento hacia el borde

Finalmente, presentamos en dos apendices (B, C) los modelos estelares convencionales y una red de modelos con "overshooting" y pérdida de masa para la mezcla de Ross-Aller. En otro apendice más (A), presentamos la bibliografía referente a las estrellas utilizadas a lo largo de esta memoria.

CAPITULO 2

MODELOS DE EVOLUCION ESTELAR  
Y MOVIMIENTO APSIDAL



## 2.1 LOS MODELOS EVOLUTIVOS TEORICOS

### 2.1.1 Introducción

Una comparación detallada entre modelos teóricos de interiores con dimensiones absolutas bien observadas como, por ejemplo, las obtenidas para binarias eclipsantes bien separadas, es y seguirá siendo objeto de estudio por bastante tiempo. Además, con la precisión actual (Andersen, 1988) es posible investigar el interior de las estrellas en la Secuencia Principal con un buen grado de fiabilidad si estas presentan movimiento apsidal.

Hasta hace poco tiempo el modelo de interiores más utilizado era el de Hejlesen (1980a, b) que llevó a Andersen *et al.* (1984) a detectar un efecto sistemático en la composición química con la temperatura efectiva más tarde descartado como debido al propio modelo (Andersen *et al.*, 1988). Hejlesen adoptaba opacidades muy antiguas (Cox y Stewart, 1969) y la utilización de los modelos para estrellas frías de VandenBerg utilizando opacidades recientes (1983, 1985) indicó una clara mejoría (Andersen *et al.*, 1988).

Se han publicado otros modelos teóricos desde entonces para un rango de masas mayor (Maeder, 1987; Maeder y Meynet, 1989b). Sin embargo, una red de modelos convencionales, con física actual pero sin pérdida de masa u "overshooting" en el núcleo convectivo es deseable para una comparación entre la teoría de evolución estelar convencional y observación. Tal comparación servirá para aislar casos especiales. Solamente después de que la teoría sea extensivamente comparada con las observaciones y el efecto en  $k_2$  siga persistiendo, será necesario introducir efectos no convencionales para intentar explicar el posible desacuerdo.

El propósito del presente capítulo es justamente presentar nuestros resultados para tal modelo convencional comentado antes en sus diversas características ( $\log g$ ,  $\log T_{ef}$ ,  $\log k_2$ , radio de giro, etc) y posteriormente compararlo con los más recientes. En el apartado dedicado a la comparación de nuestro modelo con las observaciones, se introducirá la física no convencional y se analizarán sus efectos.

Para llevar a cabo tal tarea, es necesario introducir antes algunas definiciones, ecuaciones y otros parámetros que caracterizan el problema de la evolución y estructura estelar globalmente.

### 2.1.2 Planteamiento del problema de la estructura y evolución estelar

En términos matemáticos, el problema de la estructura y evolución estelar puede ser descrito por un sistema de ecuaciones diferenciales parciales no lineales. Hay diversos métodos de solución para dichos sistemas, pero dada la particularidad del problema de la evolución estelar, estos métodos fallaban al intentar resolverlo integralmente, hasta que un nuevo método debido a Henyey *et al.* (1959) lo resolvió de una forma bastante satisfactoria. Evidentemente, no vamos a describir todo el proceso aquí, pero haremos algunas notas para aclarar más el tema central de este capítulo y hacer más fácil su comprensión.

Las suposiciones que se hacen para poder resolver estas ecuaciones son muy conocidas y se pueden resumir en pocas líneas: el modelo presenta simetría esférica, la presión y la densidad solamente dependen de la distancia al centro, la composición química también tiene simetría esférica, no hay rotación ni campos magnéticos, no se incluyen fuerzas de marea, etc. Con estas simplificaciones, el problema de la evolución estelar queda reducido a un problema con dependencia en  $r$  y en el tiempo.

Entonces, con el problema establecido, hace falta utilizar una variable independiente más adecuada (lagrangiana). Esta variable es la masa ( $M_r$ ) contenida en una esfera de radio  $r$ . Así, nos queda calcular los valores de las variables mientras resolvemos las ecuaciones diferenciales:  $P(M_r, t)$ ,  $T(M_r, t)$ ,  $\rho(M_r, t)$ ,  $L_r(M_r, t)$ ,  $X_n(M_r, t)$  donde  $P$  es la presión,  $T$  la temperatura,  $r$  el radio,  $L_r$  la luminosidad contenida en una esfera de radio  $r$  y  $X_n$  la fracción en peso de los diversos elementos químicos.

El sistema de ecuaciones diferenciales utilizado ha sido ampliamente tratado (Clayton, 1968; Kippenhahn *et al.*, 1967) y es bien conocido, pero vamos a reproducirlo aquí para una mejor comprensión. La ecuación de continuidad de la masa se puede poner en la siguiente forma (después de hecha la debida transformación):

$$\frac{\partial r}{\partial M_r} = \frac{1}{4\pi\rho r^2} \quad (2.1.1)$$

La condición de equilibrio hidrostático viene dada por:

$$\frac{\partial P}{\partial M_r} = -\frac{GM_r}{4\pi r^4} \quad (2.1.2)$$

y la condición del balance energético por:

$$\frac{\partial L_r}{\partial M_r} = \epsilon - T \frac{\partial S}{\partial t} \quad (2.1.3)$$

La ecuación de transporte tiene la forma general:

$$\frac{\partial T}{\partial M_r} = -\frac{GM_r T}{4\pi r^4 P} \nabla \quad (2.1.4)$$

Dependiendo de la condición abajo,  $\nabla$  asumirá una u otra forma

$$\nabla = \begin{cases} \nabla_R, & \text{si } \nabla_R < \nabla_{cr} \\ \nabla_{conv}, & \text{si } \nabla_R > \nabla_{cr} \end{cases}$$

donde

$$\nabla_R = \frac{3\kappa L_r P}{16\pi a c G M_r T^4} \quad (2.1.5)$$

$$\nabla_{cr} = \nabla_{ad} - \left( \frac{\partial \ln T}{\partial \ln \mu} \right)_{P,\rho} \left( \frac{\partial \ln \mu}{\partial M_r} \right) \frac{4\pi r^4 P}{G M_r}. \quad (2.1.6)$$

El valor de  $\nabla_{ad}$  depende de la teoría de convección que se adopte. La teoría utilizada es la de longitud de mezcla (mixing-length) que puede ser caracterizada por el parámetro  $l/H$ . En este trabajo, se ha utilizado el valor 2.0 para la longitud de mezcla en todos los modelos. En las ecuaciones descritas anteriormente, además de los símbolos usuales tenemos que  $\mu$  es el

peso molecular,  $S$  es la entropía,  $\epsilon$  es la tasa de producción de energía,  $\kappa$  es la opacidad y  $a$  es la constante de densidad de radiación.

Las llamadas relaciones constitutivas se caracterizan por su dependencia funcional:

$$\rho = \rho(P, T, X_n) \quad (2.1.7)$$

$$\epsilon = \epsilon(P, T, X_n) \quad (2.1.8)$$

$$\kappa = \kappa(P, T, X_n) \quad (2.1.9)$$

$$S = S(P, T, X_n) \quad (2.1.10)$$

$$\nabla_{ad} = \nabla_{ad}(P, T, X_n) \quad (2.1.11)$$

Las condiciones de contorno del problema de estructura y evolución estelar se establecen fácilmente para las variables  $M_r$  y  $L_r$  pues ambas deben anularse para  $r = 0$ . Desarrollando  $r$  en potencias de  $M_r$  y utilizando las ecuaciones (2.1.1 - 2.1.4):

$$r = (3/4\pi\rho)_c^{1/3} M_r^{1/3} \quad (2.1.12)$$

$$P = P_c - \frac{1}{2}(4\pi/3)^{1/3} G\rho_c^{4/3} M_r^{2/3} \quad (2.1.13)$$

$$L_r = \left( \epsilon - T \frac{\partial S}{\partial t} \right)_c M_r \quad (2.1.14)$$

$$T = T_c - \frac{1}{2}(4\pi/3)^{1/3} G \left( \rho_c^{4/3}/P_c \right) w n_c T_c M_r^{2/3} \quad (2.1.15)$$

donde los subíndices se refieren al centro de la configuración.



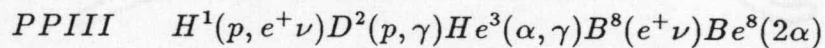
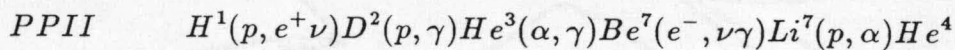
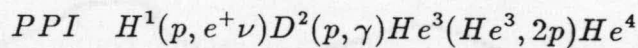
Las condiciones de contorno en la atmósfera se establecen suponiendo que en esta región  $M_r = M$ ,  $L_r = L$  y  $r = R$ . Adoptando un modelo de atmósfera, se integra la ecuación que resulta de la combinación de las referidas relaciones. Tal proceso no se discutirá aquí, pero adelantamos que el modelo de atmósfera más utilizado es el de Eddington. Sin embargo, hemos cambiado la subrutina correspondiente para utilizar como opción la solución exacta del problema de atmósfera gris y modelos de atmósferas con líneas. El modelo original se debe a Kippenhahn *et al.* (1967) e introduciremos varios cambios que iremos comentando oportunamente.

Las ecuaciones que rigen la generación de energía por reacciones nucleares se basan fundamentalmente en los trabajos de Fowler *et al.* (1975). Estas tasas dependen de la temperatura, de la densidad y del contenido por peso de los elementos químicos involucrados. Se han introducido nuevas tasas de acuerdo con la revisión de Harris *et al.* (1983). Obviamente, con estos cambios tuvimos que modificar también las derivadas logarítmicas de estas nuevas tasas. En el programa, si la energía se genera simultáneamente por más de una reacción, la tasa resultante viene dada por

$$\epsilon = \sum_k \epsilon_k \quad (2.1.16)$$

donde  $\epsilon_k$  es la contribución individual de cada reacción.

Para la generación de energía utilizamos fundamentalmente 3 procesos: la combustión del Hidrógeno, del Helio y del Carbono. El primero de estos procesos se puede dividir en 3 canales como describimos a continuación:



Si el  $He^3$  está en equilibrio, la contribución del canal PPI puede ser puesta en la siguiente forma (Meyer-Hofmeister, 1982):

$$\epsilon_{PPI} = \left[ q_{pp} + q_{2p} + \frac{q_{33}}{2} \right] N_{pp} \frac{X_H^2}{2} \rho M_U^{-1} \quad (2.1.17)$$

donde  $q_{pp} = 1.192$  Mev,  $q_{2p} = 5.494$  Mev,  $q_{33} = 12.860$  Mev,  $M_U = 1.66 \times 10^{-24}$  g y  $N_{pp}$  es la tasa de reacción termonuclear en  $\text{cm}^3 \text{s}^{-1} \text{mol}^{-1}$  (ver, por ejemplo, Fowler *et al.*, 1975; Harris *et al.*, 1983).

Las contribuciones de las tres cadenas se pueden poner en función de la cadena PPI:

$$\epsilon = \epsilon_{PPI} \Phi(x) (F_{PPI} + 0.979 F_{PPII} + 0.735 F_{PPIII}) \quad (2.1.18)$$

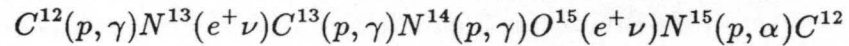
donde  $\Phi(x)$  y  $F_{PPI}$  dependen del equilibrio de  $\text{He}^3$ ;  $F_{PPII}$  y  $F_{PPIII}$  dependen de las dos primeras y de la relación entre el número de reacciones PPII/(PPII + PPIII).

La combustión del Hidrógeno por estos procesos altera la composición química según:

$$\frac{dX_H}{dt} = - \frac{4m_p \epsilon_{PPI} \Phi(x)}{q_{PPI}} \quad (2.1.19)$$

que es, por supuesto, la cantidad de Helio creado.

El triple ciclo CNO depende de que existan los núcleos del Carbono y del Nitrógeno. Es una fuente importante de energía para estrellas masivas y depende fuertemente de la temperatura. Su principal canal es:



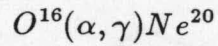
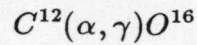
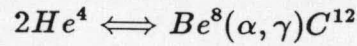
La tasa de generación de energía se escribe como:

$$\epsilon_{CNO} = q_{CNO} N_{14,1} X_H \frac{X_{CN}}{14} \rho M_U^{-1} \quad (2.1.20)$$

donde  $q_{CNO} = 24.970$  Mev,  $X_{CN}$  es la fracción en masa de Carbono y Nitrógeno y  $N_{14,1}$  es la tasa de reacción termonuclear. La tasa de producción de Helio es:

$$\frac{dX_H}{dt} = - \frac{4m_p \epsilon_{CNO}}{q_{CNO}} \quad (2.1.21)$$

Si la estrella ha agotado su reserva de combustible (Hidrógeno), la temperatura resultante no es suficientemente alta como para empezar a quemar el próximo combustible disponible. Entonces, la estrella se contrae y de esta contracción se puede finalmente alcanzar las temperaturas ideales para comenzar a quemar el Helio. Este proceso se llama triple  $\alpha$  y las ecuaciones correspondientes son las siguientes:



La tasa de generación de energía es:

$$\epsilon_{3\alpha} = q_{3\alpha} \left( \frac{X_{He}}{4} \right)^2 \frac{\rho^2}{6} M_U^{-1} N_{3\alpha} \quad (2.1.22)$$

$$\epsilon_C = q_C \frac{X_{He}}{4} \frac{X_C}{12} \rho M_U^{-1} N_{12,4} \quad (2.1.23)$$

$$\epsilon_O = q_O \frac{X_O}{16} \frac{X_{He}}{4} \rho M_U^{-1} N_{16,4} \quad (2.1.24)$$

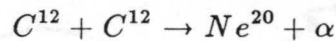
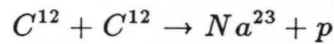
donde las  $q$  son las respectivas energías implicadas en cada proceso y los  $N_{a,b}$  son las respectivas tasas de reacciones termonucleares. Las abundancias en peso vienen dadas por los  $X_n$ . Las ecuaciones de destrucción y de creación de los elementos se escriben como:

$$\frac{\partial X_{He}}{\partial t} = -4m_p \left( \frac{3}{q_{3\alpha}} \epsilon_{3\alpha} + \frac{\epsilon_C}{q_{12,4}} + \frac{\epsilon_O}{q_{16,4}} \right) \quad (2.1.25)$$

$$\frac{\partial X_C}{\partial t} = 12m_p \left( \frac{\epsilon_{3\alpha}}{q_{3\alpha}} - \frac{\epsilon_C}{q_{12,4}} \right) \quad (2.1.26)$$

$$\frac{\partial X_O}{\partial t} = 16m_p \left( \frac{\epsilon_C}{q_{12,4}} - \frac{\epsilon_O}{q_{16,4}} \right) \quad (2.1.27)$$

Del mismo modo que el Hidrógeno se ha agotado, también el Helio se termina y es necesario un nuevo reajuste estructural para que las temperaturas aumenten hasta que el Carbono empiece a reaccionar consigo mismo. Las principales reacciones son:



La energía producida es:

$$\epsilon_{CC} = q_{CC} \frac{X_C^2}{288} \rho M_U^{-1} N_{CC} \quad (2.1.28)$$

donde, como antes,  $q$  es la energía implicada,  $X_C$  la abundancia en peso de Carbono y  $N_{CC}$  la tasa de reacción termonuclear.

Específicamente en la combustión del Carbono ocurren importantes pérdidas por emisión de neutrinos. Computacionalmente estas pérdidas se suelen calcular con la ayuda de tablas para las diversas variables involucradas en la fórmula analítica (Meyer-Hofmeister, 1982).

Muchas reacciones termonucleares no se han incluido por no tener importancia en la producción de energía (baja probabilidad o pequeña contribución), aunque tienen mucha importancia desde el punto de vista de la nucleosíntesis.

Todas las expresiones dadas anteriormente para el cálculo de la tasa de generación de energía vienen afectadas por un factor que, dadas las características de los procesos, disminuye la barrera de Coulomb entre los núcleos. Así, hay un aumento de las secciones eficaces y las reacciones tienen lugar más fácilmente. Las tasas se pueden poner como un producto de las antiguas (sin la disminución de la barrera coulombiana) por un factor (screening) que depende de la temperatura, la densidad, las cargas de los núcleos implicados y de la abundancia de los elementos que están presentes.



Se debe añadir una nota importante en cuanto al proceso de transporte en el núcleo: si el proceso ocurre en una zona en equilibrio convectivo, la tasa de variación de un elemento dado se debe alterar para:

$$\frac{\partial X_n}{\partial t} = \frac{\int_{conv} \left( -\sum_{k'} \frac{\epsilon_{k'}}{q_{n,k'}} + \sum_{k''} \frac{\epsilon_{k''}}{q_{n,k''}} \right) dM_r}{\int_{conv} dM_r} \quad (2.1.29)$$

donde una prima denota las reacciones que destruyen los elementos  $n$  y dos primas denotan las reacciones que crean dichos elementos. Como antes,  $\epsilon$  y  $q$  son respectivamente las tasas de producción de energía y las energías liberadas por gramo de material transmutado.

Las fórmulas analíticas para las opacidades (Leyes de Kramers) quedaron algo obsoletas y se han sustituido por tablas generadas por ordenador que tienen en cuenta detalles de la física atómica imposibles de incluir en las referidas ecuaciones.

Actualmente, las opacidades se presentan en tablas (para una composición química dada) en función de la temperatura y la densidad. Dado que un modelo al evolucionar cambia su composición química, es necesario entonces, disponer de más de una tabla. Teniendo en cuenta que las estrellas más masivas consumen el combustible nuclear más rápidamente que una estrella de masa más pequeña, una red de modelos necesitaría de un gran número de tablas. Utilizando el proceso de interpolación, tal número se puede reducir. Normalmente, se utilizan tres tablas: una con una mezcla rica en Hidrógeno, otra rica en Helio y la tercera rica en Carbono y Oxígeno. Así, dados  $T$  y  $\rho$  (que también normalmente se deben interpolar) se interpola convenientemente en las tres tablas y podemos obtener las opacidades.

Debido a que intentamos, dentro de lo posible, eliminar incertidumbres en los modelos, hemos cambiado las subrutinas correspondientes para el cálculo de la opacidad con el fin de mejorar el proceso de interpolación. Se han introducido dos nuevas tablas sumando un total de 5. Estas cinco tablas se han dividido en cuatro subconjuntos dependiendo de sus contenidos en Hidrógeno, Helio y metales. Por ejemplo, para la mezcla de Ross-Aller tenemos cinco tablas cuyos contenidos son  $(X,Y)$ :  $(0.70,0.28)$ ,  $(0.58,0.40)$ ,  $(0.50,0.48)$ ,  $(0.0,0.98)$ ,  $(0.0,0.0)$  siendo esta última rica en Carbono y Nitrógeno. Es fácil ver que podemos separar dichas tablas según el contenido en Hidrógeno y Helio para las distintas capas del modelo. El programa calcula la opacidad correspondiente de la misma forma que antes, pero ahora dependiendo del es-

tado evolutivo de cada capa, la subrutina calcula la contribución de cada una de las tablas en sus respectivos subconjuntos. Para situaciones más críticas se pueden usar algunas fórmulas analíticas como en el caso de la conducción por electrones.

Hemos calculado modelos para 5 composiciones químicas distintas centradas en la mezcla de Ross-Aller ( $X = 0.70$  y  $Z = 0.02$ ) y variándola tanto en el contenido en metales como en el contenido en Helio (Claret y Giménez, 1989a). La elección de la mezcla de Aller se basa fundamentalmente en el hecho en que gran parte de las estrellas observadas se representan mediante por modelos que tienen en cuenta esta composición. Las composiciones químicas elegidas fueron:  $(X, Z) = (0.70, 0.02)$ ,  $(0.66, 0.02)$ ,  $(0.74, 0.01)$ ,  $(0.71, 0.01)$ ,  $(0.69, 0.03)$ .

Las tablas de opacidad utilizadas en este trabajo son las más recientes calculadas por el grupo de Los Alamos (Huebner *et al.*, 1977). Sin embargo, para temperaturas inferiores a 1 Kev solo poseíamos la respectivas opacidades para la composición  $(0.70, 0.02)$ . Esto explica el hecho de que la red de modelos no tiene estrellas poco masivas (bajas temperaturas superficiales) y tampoco tiene modelos de estrellas más masivas pero con bajas temperaturas (muy evolucionadas) para las otras cuatro mezclas. La red está compuesta por modelos con masas entre 0.6 y 25 masas solares mientras que para la cuatro composiciones anteriormente citadas el rango es de 5 hasta 25. Por otra parte, se pueden calcular modelos más masivos que 25 masas solares sin mayores problemas (Claret y Giménez, 1991f).

Una nueva tabla de opacidad para la composición química solar y bajas temperaturas nos ha sido gentilmente proporcionada por Alexander (1990). Tal tabla presenta muchas mejoras respecto a las publicadas por dicho autor previamente (1989a, 1989b).

La presión total se calcula como la suma de la presión de los gases (iones y electrones) y de la presión de radiación. La presión iónica se calcula a través de la conocida fórmula de los gases ideales y la presión de radiación se puede poner en función de la temperatura a la cuarta potencia. Sin embargo, la presión electrónica depende del grado de ionización y del grado de degeneración. Para altas densidades y bajas temperaturas, hay que calcular las funciones de Fermi-Dirac. Entonces, dependiendo del grado de degeneración y de la energía cinética, se calcula  $P_e$ . Por supuesto,  $\rho$  también se calcula después de que las integrales de Fermi-Dirac hayan sido evaluadas.

El modelo de atmósfera utilizado en el programa original está basado en

la aproximación de Eddington. Este modelo se integra hasta un punto del interior y entonces las diferencias entre las dos integraciones se compara y una vez alcanzada una determinada tolerancia, se consideran adecuadas. La ecuación que rige este tipo de aproximación se puede poner en con la forma:

$$T^4(\tau) = \frac{3}{4}T_{ef}^4 \left( \tau + \frac{2}{3} \right) \quad (2.1.30)$$

donde  $T(\tau)$  es la temperatura a una profundidad óptica  $\tau$ , y  $T_{ef}$  es la temperatura efectiva. En dicha aproximación, la integración se hace hasta el punto donde  $T(\tau) = T_{ef}$ , o sea, en  $\tau = 2/3$ .

Obviamente, es deseable el uso de modelos más elaborados de atmósferas, pero el costo computacional es muy elevado y a veces, no mejoran significativamente los acuerdos logrados por la aproximación de Eddington en las integraciones exteriores e interiores. Sin embargo, se pueden introducir algunas aproximaciones mejores que la debida a Eddington sin mayores problemas computacionales o de costo. Hemos introducido, como opción, la solución exacta del problema de atmósfera gris. La ecuación que relaciona  $T(\tau)$  con la temperatura efectiva queda en este caso con la forma:

$$T^4(\tau) = \frac{3}{4}T_{ef}^4 (\tau + q(\tau)) \quad (2.1.31)$$

donde los símbolos tienen el mismo significado anterior y  $q(\tau)$  es una función a determinar.

Hay muchos métodos para encontrar la función  $q(\tau)$  (ver por ejemplo, Mihalas, 1978). Evidentemente no la hemos resuelto para cada modelo que deseamos calcular; se ha introducido una tabla de  $q(\tau)$  en función de  $\tau$  (Mihalas, 1978). El programa, en lo que concierne a la atmósfera, funciona normalmente. Pero, cuando se calcula la temperatura de la capa para un  $\tau$  dado, se interpola el valor de  $q(\tau)$  correspondiente en la tabla. Podemos así, calcular la temperatura correcta.

Hemos cambiado las condiciones de contorno para  $\tau = 0$ , o sea, el valor de  $q(\tau)$  no es ahora  $2/3$ , sino  $0.577$ . El valor de  $\tau$  para el cual la temperatura de capa es igual a la temperatura efectiva también se ha cambiado por  $0.6457$ .

Como era predecible, los cambios debidos a esta modificación en el modelo de atmósfera no han sido muy grandes. El valor, por ejemplo, de  $\log k_2$ ,



solamente ha quedado afectado en la tercera cifra decimal; los cambios en las temperaturas de las capas superiores han llevado a variaciones en el radio y éstas por su parte, han sido responsables de la pequeña variación en  $\log k_2$ . Los efectos que se producen cuando se utiliza la solución exacta gris en lugar de la aproximación de Eddington son ya bien conocidos en lo que respecta a temperaturas. Los cambios ocasionados, entonces, en la temperaturas de capas no son suficientes como para modificar de una manera apreciable las características internas del modelo.

Hemos hecho modificaciones que posibilitan también el uso de modelos de atmósferas más elaborados. Con este fin, se ha introducido una tabla derivada de modelos de atmósferas (UMA para bajas temperaturas efectivas y ATLAS para temperaturas más altas) de la presión en función de la temperatura efectiva y del logaritmo de la gravedad. Así para cada capa de la atmósfera, dadas la temperatura y  $\log g$ , se interpola la presión. Este procedimiento sustituye el uso de las relaciones  $T - \tau$  y la profundidad óptica máxima es aproximadamente 10. A cada composición química, corresponde, obviamente una tabla.

El método de solución del sistema de ecuaciones diferenciales se basa en el método de relajación que se encuentra ampliamente comentado en Kippenhahn *et al.* (1967), Clayton (1968), Henyey *et al.* (1959), etc. El método funciona de la siguiente manera: inicialmente, suponemos una estructura para el modelo. Si las ecuaciones diferenciales no son satisfechas (en el primer intento normalmente no lo son), se acciona un proceso de correcciones para cada punto hasta que las correcciones aplicadas son lo suficientemente pequeñas.

Como la resolución de las ecuaciones de estructura tratan con variables que a lo largo del proceso de integración cambian de valores muy pequeños a muy grandes, se introducen variables auxiliares, como por ejemplo,  $\ln P$  y  $\ln \rho$  en lugar de  $P$  y  $\rho$  respectivamente para evitar problemas numéricos que suelen ocurrir en tales circunstancias.



### 2.1.3 La contracción gravitatoria

El programa original solamente tiene en cuenta la contracción gravitatoria como forma de energía durante las fases evolutivas rápidas cuando se agota algún tipo de combustible, o sea, los modelos ZAMS generados son aquellos en que la temperatura es suficiente para empezar a quemar el Hidrógeno. Aunque las incertidumbres involucradas en los modelos Pre-Secuencia Principal sean grandes, hemos decidido introducir también el cálculo de modelos contrayéndose hacia la Secuencia Principal por dos motivos fundamentales:

- 1) Hay indicios de que algunas estrellas de las presentan movimiento ap-sidal están en esta fase evolutiva (por ejemplo, EK Cep)
- 2) Comprobar si la no inclusión de esta fase puede influir la evolución posterior a la ZAMS ( Zero Age Main Sequence).

Para ello, hemos introducido las ecuaciones usuales de la contracción gravitatoria:

$$\frac{-T\partial S}{\partial t} = -\frac{C_p(T - T^*)}{\Delta t} - \frac{\rho^{-1}(P - P^*)}{\Delta t} \frac{\partial \ln \rho}{\partial \ln T} \quad (2.1.32)$$

donde  $t$  es el tiempo,  $C_p$  es el calor específico a presión constante,  $T$  la temperatura,  $S$  es la entropía,  $P$  la presión y  $\rho$  la densidad. Los asteriscos denotan las funciones en un tiempo determinado  $t_0$ .

Con estos cambios introducidos y con un modelo inicial más adecuado, se han hecho algunas pruebas. La Figura 2.1.1 muestra un modelo de  $1 M_{\odot}$  calculado desde la contracción gravitatoria y otro partiendo del modelo ya en la ZAMS. Respecto a la temperatura efectiva y el radio, las diferencias entre los dos modelos en la ZAMS son despreciables. De hecho, a partir de este punto, los modelos ya empiezan a confundirse el uno con el otro. Internamente, los modelos también tienen comportamientos muy similares a partir de la ZAMS.

Podemos pues concluir que, en una primera aproximación, la fase de Pre Secuencia Principal es prescindible. Sin embargo, dada la primera razón expuesta anteriormente, en algunas circunstancias especiales, se debe incluir.

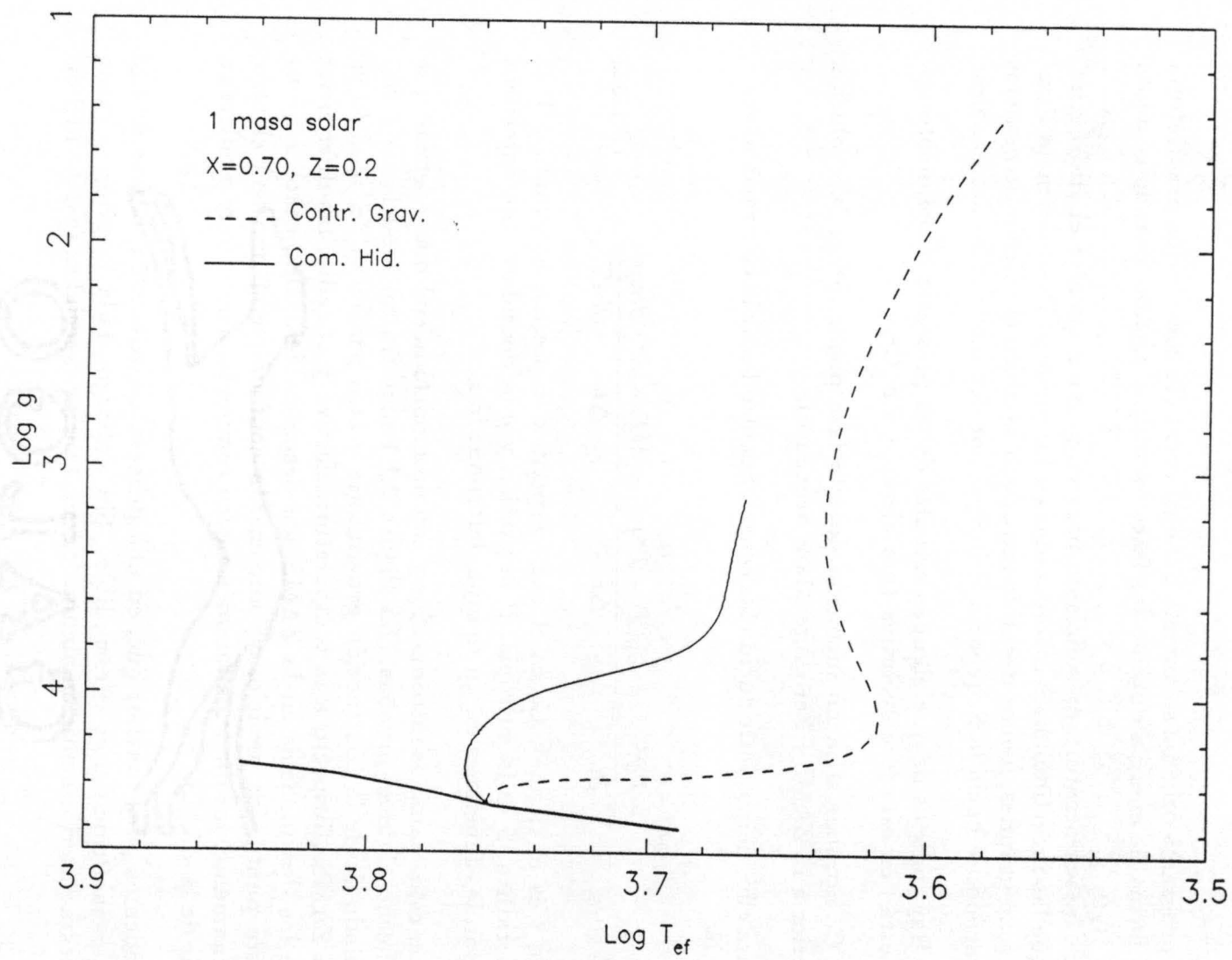


Figura 2.1.1 Diagrama HR para un modelo de  $1 M_{\odot}$  en la etapa de Pre Secuencia Principal (discontinua) y en la ZAMS (continua)

#### 2.1.4 Cálculo de $k_2$ , $k_3$ y $k_4$

Para calcular los valores teóricos de las constantes de estructura interna es necesario integrar la llamada ecuación de Radau cuya forma más conocida es (Kopal, 1978):

$$\frac{rd\eta_j}{dr} + \frac{6\rho(r)}{\bar{\rho}(r)}(\eta_j + 1) + \eta_j(\eta_j - 1) = j(j + 1) \quad (2.1.33)$$

donde  $r$  es la distancia del centro hasta el punto en cuestión y  $\eta_j$  la derivada logarítmica de las amplitudes de las distorsiones superficiales. Los parámetros más interesantes desde el punto de vista observacional vienen dados por los  $k_j$  que, una vez integrada la ecuación anterior, se pueden calcular de la siguiente forma:

$$k_j = \frac{j + 1 - \eta_j(R)}{2(j + \eta_j(R))} \quad (2.1.34)$$

Se ha introducido una nueva subrutina (LOGK234) en el programa para integrar la ecuación de Radau para los casos  $j= 2, 3$  y  $4$ . El método de integración usado fue el de Runge-Kutta de cuarto orden. En el desarrollo de dicho método se introducen las siguientes definiciones después de algunos cambios de variables:

$$C_1 = hf'(r_n, y_n, D(r_n)) \quad (2.1.35)$$

$$C_2 = hf' \left( r_n + \frac{h}{2}, \frac{y_n + C_1}{2}, \frac{D(r_n + h)}{2} \right) \quad (2.1.36)$$

$$C_3 = hf' \left( r_n + \frac{h}{2}, \frac{y_n + C_2}{2}, \frac{D(r_n + h)}{2} \right) \quad (2.1.37)$$

$$C_4 = hf' \left( r_n + h, y_n + \frac{C_3}{2}, D(r_n + h) \right) \quad (2.1.38)$$

donde  $h$  es el paso de la integración,  $r_n$  la distancia del punto hacia el centro,  $D$  la relación entre la densidad local y la densidad media,  $y$  la variable dependiente en la ecuación de Radau ( $\eta$ ) y finalmente  $f'$  es la derivada de dicha función respecto a  $r$ .

Esta derivada se evalúa en los puntos inicial y final de cada paso de integración y también en el punto medio (dos veces). Su forma analítica es:

$$\frac{dy_j}{dr} = \frac{[j(j+1) - y_j(y_j - 1) - 6D(y_j + 1)]}{r} \quad (2.1.39)$$

A cada paso de integración el valor de la variable dependiente,  $y$ , viene dado por la siguiente relación:

$$y_{n+1,j} = y_{n,j} + \frac{C_1}{6} + \frac{C_2}{3} + \frac{C_3}{3} + \frac{C_4}{6} + O(h^5) \quad (2.1.40)$$

Las condiciones de contorno usuales son:

$$y_j(0) = j - 2 \quad (2.1.41)$$

y para el centro, la derivada se puede poner en la siguiente forma, según Poincaré (1902):

$$y'_j(0) = -\frac{3(j-1)}{j+1} \frac{dD}{dr} \quad (2.1.42)$$

Se deben añadir dos condiciones de contorno adicionales al problema: el valor de la función  $D$  en el centro y el valor de la variable  $r$  que no puede ser cero en dicho punto. Para  $D$  en el centro hemos adoptado el valor 1.0 y para  $r_c$  un valor muy pequeño si comparamos con los valores típicos. Obviamente, los valores de  $y$  ( $j = 2, 3, 4$ ) que nos interesan están en el punto  $r = R$  que caracteriza la superficie del modelo. Con dichos valores podremos obtener las distintas constantes de estructura interna.

Normalmente, después de la convergencia de cada modelo, los programas de evolución generan una matriz en la cual suelen figurar las densidades locales, las presiones, temperaturas, etc en función de la masa o de  $r$ . Como



hemos visto, el método de Runge-Kutta necesita el conocimiento de la densidad en los puntos medios. Para evaluar la función  $D$  en estos puntos, creamos dos nuevas subrutinas: una genera el "spline" de tercer orden de  $D$  en función de  $r$  y otra interpola en este "spline" para los valores de los puntos medios. Este método de cálculo de la cantidad  $D$  se mostró muy eficaz. Cambiando el valor del paso, las integraciones llevaban prácticamente a los mismos resultados. Por otra parte, este método es muy caro desde el punto de vista computacional y frecuentemente causa problemas: como el acuerdo entre las integraciones de atmósfera hacia el centro y del centro hasta la atmósfera numéricamente están dentro de una tolerancia, esto hace que la relación de  $r$  con  $D$  no sea unívoca en estas regiones. Así, la subrutina que calcula los coeficientes del correspondiente "spline" encuentra dificultades para hacerlo, ocasionando errores. Se decidió adoptar por tanto otro método que consiste básicamente en calcular la función  $D$  según criterios sugeridos por ejemplo, por Kippenhahn *et al.* (1967) o Clayton (1968). En el cálculo de  $\rho_n$  utilizamos la media entre los puntos, o sea:

$$\rho_n = \frac{\rho_{n+1} + \rho_{n-1}}{2} \quad (2.1.43)$$

Tal método se mostró muy eficiente, rápido y además sin los problemas de univocidad descritos anteriormente. Hicimos pruebas con los valores calculados de esta forma y con la técnica del "spline": los valores fueron prácticamente los mismos. Probamos también la subrutina para calcular los  $k_j$  para distribuciones de masa ya conocidas, como esfera rígida y polítopos de varios índices y los resultados estaban en muy buen acuerdo con los calculados previamente. Los resultados tampoco dependían fuertemente del paso elegido o del número de puntos de integración siempre que éste fuera razonable.

La derivación de las constantes de estructura interna es muy importante por ser uno de los únicos medios seguros para introducirnos en el interior estelar, además de posibilitar una prueba la Teoría de la Relatividad General como veremos en el apartado dedicado a la confrontación entre teoría y observación.

### 2.1.5 La integral de Kopal

Kopal (1978) ha demostrado que las constantes de estructura interna se pueden poner de otra forma si se considera la configuración en cuestión como muy concentrada (una hipótesis muy arbitraria, como veremos más adelante). Después de algún álgebra, tendremos:

$$2R^{2j+1}k_j = -\frac{3}{2j+1} \int_0^R \frac{1}{\bar{\rho}} \frac{d\rho}{dr} r^{2j+1} dr \quad (2.1.44)$$

Integrando por partes

$$\int_0^R \frac{1}{\bar{\rho}} \frac{d\rho}{dr} r^{2j+1} dr = 3 \int_0^R D^2 r^{2j} dr - 2(j+2) \int_0^R D r^{2j} dr \quad (2.1.45)$$

Para las configuraciones muy concentradas ( $D$  mucho menor que 1) podremos despreciar la integral que contiene el término  $D^2$ . De esta forma podremos escribir:

$$k_j = \frac{3(j+2)}{(2j+1)R^{2j+1}} \int_0^R D r^{2j} dr \quad (2.1.46)$$

Dicha integral se puede evaluar por simple cuadratura según sugiere el propio Kopal (1978). Para hacer esta integración, utilizamos el método de Gauss donde la integral se puede substituir por la suma:

$$\int_0^1 f(x) dx = \sum_{n=1}^m a_n f(x_n) \quad (2.1.47)$$

donde  $a_n$  es el peso y  $f(x_n)$  es la función evaluada en el punto  $x_n$ . Hemos hecho los cálculos con 10 puntos; dado entonces el número  $n$ , la subrutina elige los pesos y las coordenadas ( $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n; x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ ). Así, los valores del integrando se interpolan para las coordenadas elegidas y se efectúa la suma. Hemos comprobado que no hay cambios apreciables si modificamos el número de puntos usados en la integración.

Dado el problema ya apuntado en el caso de la integración de la ecuación de Radau (no unicidad), tuvimos que cambiar el método utilizado para calcular las integrales de Kopal. Decidimos usar también el método de Runge-Kutta. Hicimos pruebas con él para verificar el comportamiento numérico de las integrales y llegamos a la conclusión de que obteníamos los mismos resultados que antes.

Sin embargo, como ha sido demostrado por Claret y Giménez (1989a) esta integral no representa bien las condiciones en el interior de los modelos fundamentalmente debido a la hipótesis en que está basado su cálculo. La Figura 2.1.2 muestra que las diferencias entre los  $k_2$  calculados por medio de la integral anterior y los obtenidos tras la integración de la ecuación de Radau son inaceptablemente grandes y pueden llegar a 0.12 en  $\log k_2$  para modelos más masivos o para modelos menos masivos que  $1 M_{\odot}$ . Ciertamente debido a la hipótesis hecha, las diferencias disminuirán para modelos más evolucionados. Podemos pues descartar esta modalidad de cálculo a efectos de obtención de los coeficientes teóricos de la estructura interna.

### 2.1.6 Cálculo del momento de inercia

En el estudio de las estrellas binarias, uno de los temas más excitantes se relaciona con los llamados efectos de marea. Una estrella que forma parte de un sistema binario es perturbada por la presencia de la otra componente. Por supuesto, las consecuencias de tal interacción son desviaciones respecto a la forma que tendrían las estrellas en ausencia de la compañera. Las estrellas, además de tener sus formas cambiadas, pueden sufrir modificaciones substanciales en su propia evolución. Se sabe que las deformaciones causan una lenta rotación de la línea de los ápsides (si el sistema es excéntrico). Entre tanto, el hecho de que tal sistema sea excéntrico, significa algo más. Una teoría de mareas puede, en este caso predecir tal característica: el tiempo de circularización previsto por esta teoría debe ser compatible con la edad del sistema deducida de los modelos evolutivos. Si observamos un sistema cuya órbita es excéntrica, por ejemplo, la edad prevista no puede ser mayor que el tiempo de circularización ( $t_c$ ).

Otro concepto también muy importante en este tema es el del tiempo de sincronización. Como el propio nombre indica, es el tiempo necesario para que las dos estrellas estén sincronizadas con la velocidad kepleriana.



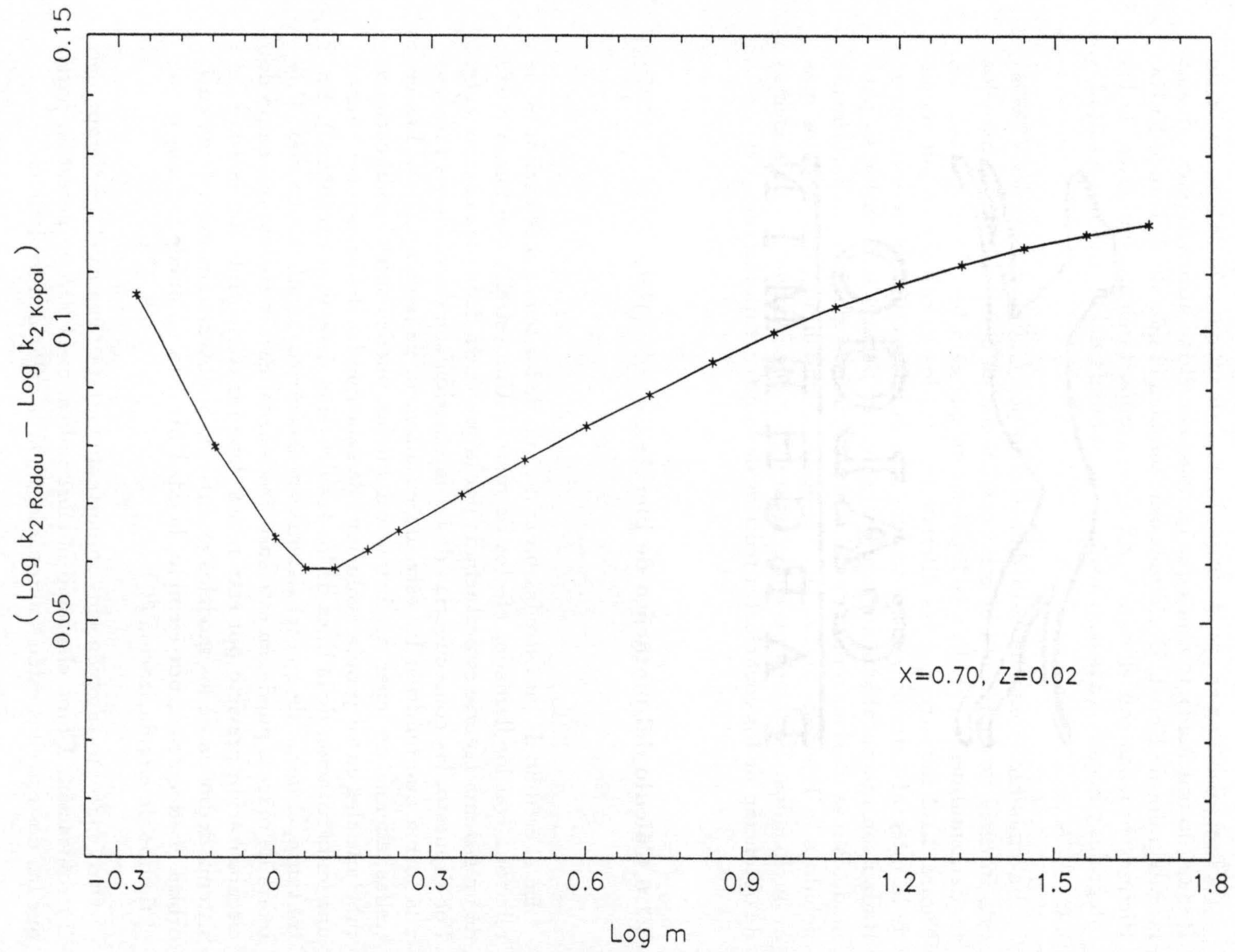


Figura 2.1.2 Diferencias en  $k_2$  calculados según la ecuación de Radau y la de Kopal en función de la masa para modelos homogéneos.



Cuando tratamos del tiempo de circularización, podemos estar seguros de que una órbita es circular o no, sin embargo, en el caso de la sincronización surgen algunos problemas. Algunos de ellos son de orden observacional: no es fácil hacer observaciones de la velocidad rotacional. Por otro lado, en el caso de que dispongamos de dichas velocidades los valores observados se refieren a la atmósferas de las estrellas. Surge entonces, una pregunta: ¿corresponden estas velocidades también al interior de las referidas estrellas?

En los últimos años uha aparecido un concepto auxiliar que se denomina pseudo sincronización , es decir que las estrellas rotan con las mismas velocidades que tienen en el periastro. Como veremos más adelante, cuando comparamos los valores teóricos de  $k_2$  con los observacionales, hay un buen acuerdo entre las velocidades rotacionales medidas y las orbitales en el periastro. Además de las características anteriormente comentadas, hay otros problemas no despreciables. Las teorías de marea han sufrido en los últimos años un gran impulso y despiertan un gran interés. Sin embargo, un número nada despreciable de sistemas binarios sigue sin adaptarse a estas teorías. Hay muchos sistemas no excéntricos cuyas edades previstas por los modelos evolutivos son mayores que los correspondientes tiempos de circularización. Una posible explicación para este problema podría estar en la forma con que se calcula el tiempo de circularización (Giménez y Claret, 1990b). Las teorías de evolución por marea (Press *et al.*, 1975; Hut, 1981; Tassoul, 1988; Zhan, 1989; Zhan y Bouchet, 1989) predicen que este tiempo depende de la relación de masas, del momento de inercia, de los radios relativos, etc. Normalmente, los tiempos de circularización se calculan utilizandose los valores observados (*instantáneos*) de estos parámetros. Pero ¿qué valores de estas variables deberíamos usar para predecir el tiempo de circularización para una posterior comparación con las *edades* deducidas de los modelos evolutivos? Esta importante cuestión será tratada más adelante (apartado 2.3.5).

El problema de la sincronización tampoco se puede decir que esté en mejores condiciones. En el caso de sistemas excéntricos que poseen rotación de los ápsides, es común adoptar una (u otra) hipótesis de trabajo debida a Kopal (1978) y Hut (1981) respecto a las velocidades rotacionales.

No obstante las dificultades de orden observacional y teóricas expuestas antes, el momento de inercia es una variable física utilizada a menudo, sea para el cálculo del tiempo de circularización, sea para el tiempo de sincronización. Los cálculos de los momentos de inercia para nuestra red dan, por primera vez, una visión más realista de los radios de giro. Hasta ahora, para el cálculo de  $\tau_c$  y  $\tau_s$ , se utilizaba solamente un valor típico (Motz, 1952)

que además de no representar muy bien una estrella real (dado que utilizaba polítopos y modelos estelares muy antiguos) no presentaban dependencia temporal.

Para toda la red de nuestros modelos evolutivos se han hecho los respectivos cálculos para el momento de inercia definido como  $I = \beta^2 MR^2$ . Inicialmente, los cálculos se hicieron utilizando el método de integración de Gauss con 10 puntos. Por los problemas ya descritos de unicidad, hemos cambiado el método por el de Runge-Kutta que ha funcionado muy bien además de ser mucho más rápido. También hemos probado con nuestra subrutina configuraciones bien conocidas: polítopos, esfera rígida, etc.

El momento de inercia se puede describir fácilmente a partir del radio de giro  $\beta$ . Para la ZAMS, en el plano  $\log m - \log \beta$  hay un punto de inflexión para  $\log m = 0.17$  (Figura 2.1.3) debido al cambio de la principal fuente de combustión nuclear, igual que para el conocido caso de  $\log m - \log k_2$  (Claret y Giménez, 1988, Heylesen, 1987).

Para los modelos de edad cero (homogéneos), se ha encontrado una relación lineal entre el radio de giro y  $k_2$  (Claret y Giménez, 1989b, 1990b) en buen acuerdo con Motz (1952) y Ureche (1976). Como comparación, la Figura 2.1.4 muestra nuestros resultados y los de Motz. Los dos coeficientes de la relación lineal ( $\log \beta$  y  $\log k_2$ ) son muy similares, pero este hecho no es concluyente. Cuando la estrella evoluciona, el comportamiento de  $\beta$  se hace más complejo (Figura 2.1.5) pero la relación lineal es aproximadamente válida hasta el TAMS para cada masa de forma separada. El aparente buen acuerdo se debe entonces al hecho de que al utilizar Motz polítopos en gran parte del diagrama, siempre es posible "encontrar" índices politrópicos equivalentes para modelos más elaborados.

Otro problema respecto al trabajo de Motz y Ureche es que los modelos se presentan de una forma poco adecuada al no hacerlo en función de parámetros directamente observables mientras los nuestros se presentan en función de  $\log g$  y del tiempo.

Para modelos no homogéneos, una forma muy práctica, desde el punto de vista observacional, de estudiar el comportamiento de  $\beta$  con un parámetro obtenido directamente de las observaciones es dibujar  $\log g$  en función de  $\log \beta$  (Claret y Giménez, 1989b). Naturalmente, este diagrama puede ser muy útil para el cálculo de los tiempos de circularización y sincronización. Se ha llevado a cabo un ajuste numérico entre  $\log \beta$  y  $\log g$  (Claret y Giménez, 1990b) y los resultados vienen resumidos en la Tabla 2.1.1.

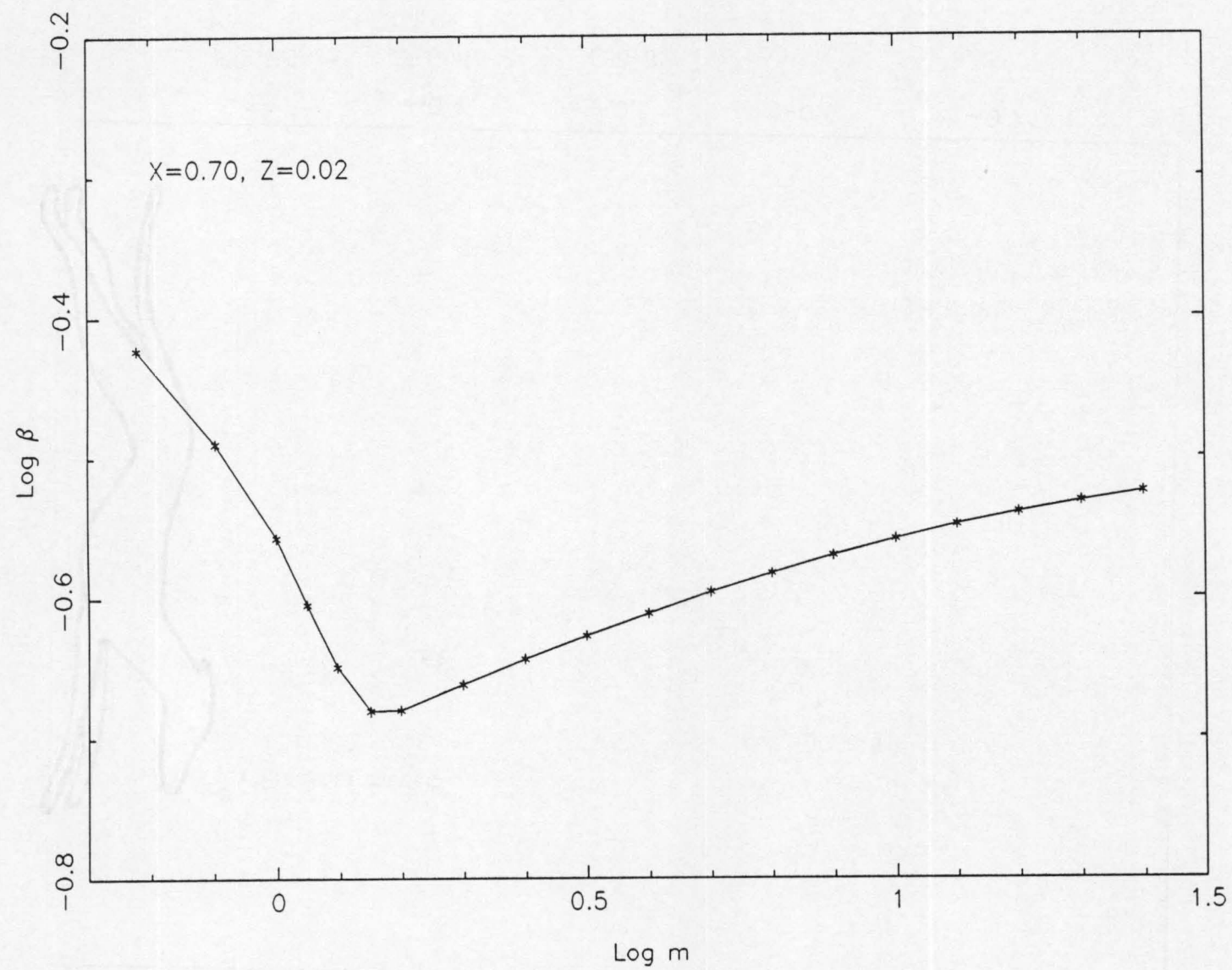


Figura 2.1.3  $\log \beta$  en función de  $\log m$  para modelos homogéneos (Mezcla de Ross-Aller)

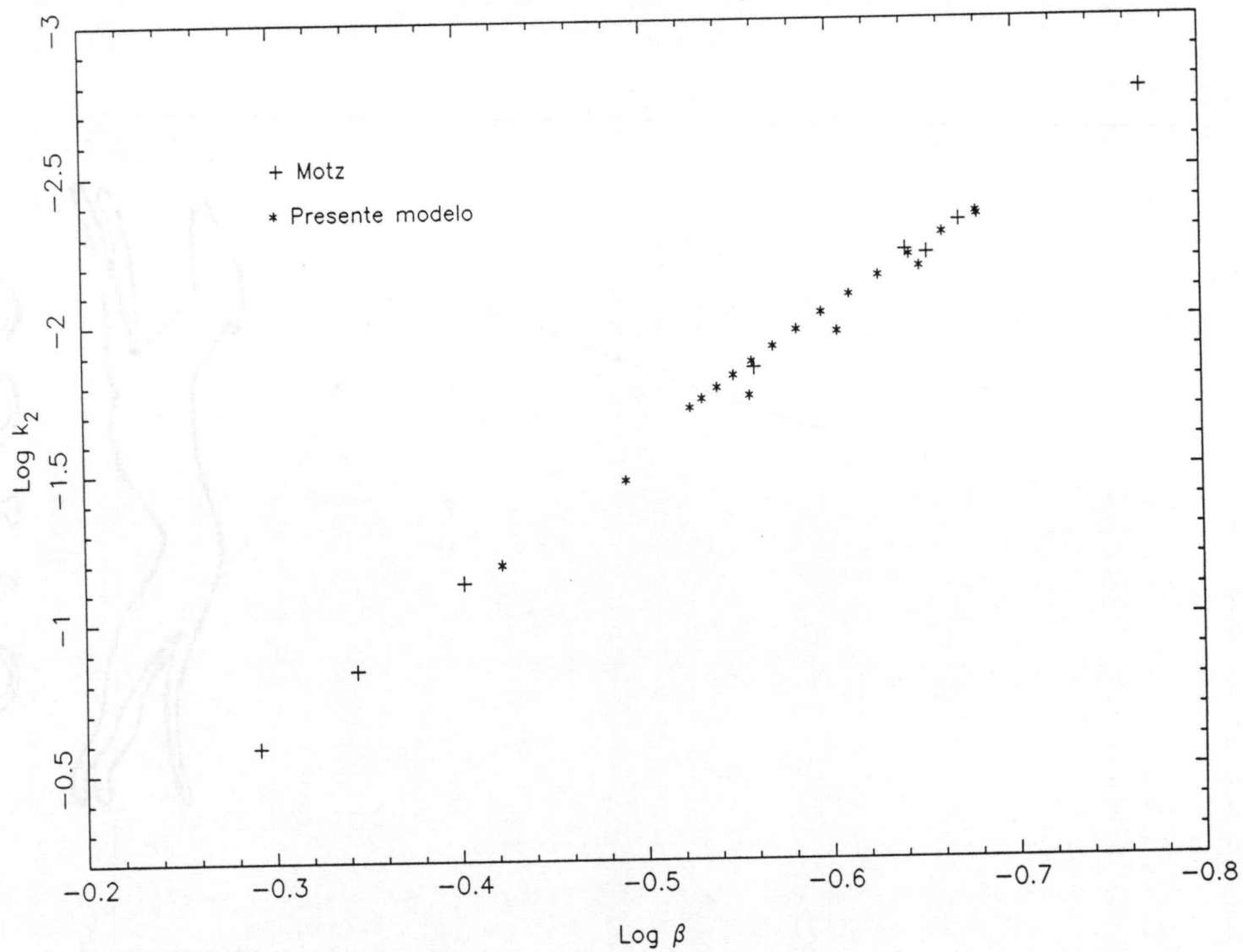


Figura 2.1.4 Relación entre  $\log \beta$  y  $\log k_2$  para modelos homogéneos (Mezcla de Ross-Aller). Los asteriscos representan el presente modelo y las cruces denotan los resultados de Motz (1952)



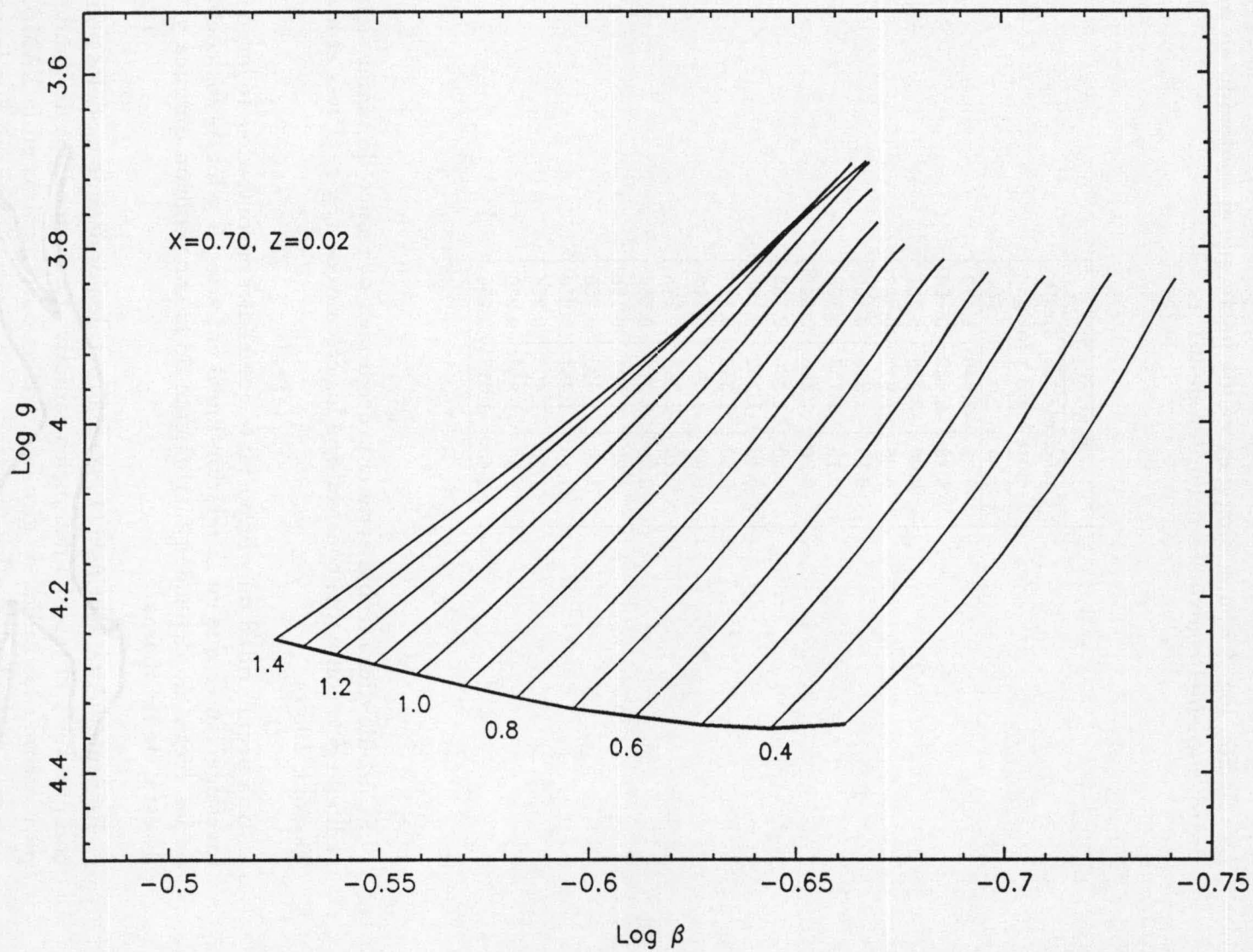


Figura 2.1.5 Evolución de  $\beta$  con  $\log g$ . Los modelos menos masivos no están dibujados por claridad. Los números inferiores se refieren a los logaritmos de las masas.

La relación  $\log \beta = a + b \log g$  es válida hasta que el contenido en masa de Hidrógeno en el centro sea del orden de 0.1.

Tabla 2.1.1		
Coeficientes del ajuste entre $\log \beta$ y $\log g$		
Log m	a	b
-0.22	-2.640	0.472
-0.10	-2.439	0.424
0.00	-2.268	0.381
0.05	-1.877	0.287
0.10	-1.378	0.166
0.15	-1.157	0.108
0.20	-1.320	0.147
0.30	-1.380	0.165
0.40	-1.362	0.165
0.50	-1.356	0.167
0.60	-1.358	0.172
0.70	-1.368	0.178
0.80	-1.378	0.184
0.90	-1.391	0.190
1.00	-1.420	0.200
1.10	-1.451	0.210
1.20	-1.496	0.224
1.30	-1.553	0.239
1.40	-1.618	0.256

El uso de dicha Tabla evita el procedimiento erróneo de tomar siempre el radio de giro como una constante en los cálculos de  $\tau_c$  y  $\tau_s$  (Press *et al.*, 1975; Tassoul, 1988).

Una peculiaridad muy importante que hemos encontrado a lo largo de esta investigación es que en la relación lineal entre  $\log \beta$  y  $\log k_2$  los coeficientes de las rectas no dependen fuertemente de la composición química y, dentro de ésta, de las masas.

Recientemente, Ruciński (1988) realizó cálculos usando modelos politrópicos compuestos y el tamaño del núcleo radiativo de los modelos de Vanden Berg para estimar los radios de giro de estrellas poco masivas en la ZAMS. Comparando sus cálculos y los nuestros, que fueron obtenidos por integración directa, se encuentra que los  $\beta$  estimados por él son siempre mayores. Su

método no es pues muy eficaz. Sin embargo, la estimación hecha por él del tamaño del núcleo radiativo en base al modelo de VandenBerg está en muy buen acuerdo con nuestros resultados (0.982 para el modelo de 1 masa solar).

### 2.1.7 Cálculo de la energía potencial

Hace algunos años el interés por el estudio de propiedades de los cuerpos autogravitantes se renovó a partir de trabajos que exploraban este tema de una forma muy similar a la utilizada por Chandrasekhar (1967). Buscando relaciones entre las integrales del interior de cuerpos autogravitantes Ferronsky *et al.* (1987) lograron demostrar que la ecuación del Virial de Jacobi se puede explorar desde otro punto de vista. Basándose en la constancia del producto de factores de forma de la energía gravitacional y del momento de inercia, quedó señalada una relación entre estas dos variables, lo que de cierta forma facilitaba el tratamiento de dicha ecuación. Esta ecuación viene dada por:

$$\dot{\phi}'' = \Omega + 2T \quad (2.1.48)$$

donde en caso de simetría esférica  $\phi = 3/4 I$ , I es el momento de inercia del cuerpo, T es la energía cinética,  $\Omega$  es la energía potencial y las primas denotan derivadas temporales. El primer término de la izquierda de la ecuación anterior es cero si se hace una media temporal a lo largo de un período de tiempo mucho mayor que el período de oscilación del sistema. Así,

$$\Omega = -2T \quad (2.1.49)$$

Si la energía potencial se escribe como  $\Omega = -\alpha GM^2/R$  y el momento de inercia es escrito como en el apartado anterior, se establece una relación implícita entre los dos términos de la ecuación anterior.

Ferronsky y sus colaboradores (1987) hicieron una investigación muy detallada respecto a los cálculos de  $\alpha$  y  $\beta$  y encontraron que estos dos factores de forma están relacionados de tal manera que su producto es siempre constante, independientemente de la distribución de densidades que se considere.

Claret (1985) calculó por primera vez estos coeficientes para modelos de interiores más complejos que los utilizados por Ferronsky *et al.*. Sin embargo, se necesitaban cálculos más rigurosos para una mejor interpretación teórica.

Hicimos tales cálculos para verificar la constancia del producto  $\alpha\beta$  para nuestra red de modelos estelares. El cálculo de la energía potencial se realizó también con el método de Runge-Kutta. Como en casos anteriores hemos comprobado la precisión del procedimiento utilizando distribuciones ya conocidas.

El comportamiento de  $\log \alpha$  con respecto a  $\log k_2$  se mostró un poco más complejo que el debido a  $\log \beta$ . Si tomamos una masa y composición químicas dadas, para pequeños valores de  $\log \alpha$  el comportamiento es casi lineal, pero a medida que el modelo evoluciona la relación lineal no lo describe bien como se puede ver en la Figura 2.1.6. Una relación de tercer grado se ajusta mejor a los puntos.

Dentro de una composición química dada, hemos verificado que la relación  $\log \alpha - \log k_2$  no depende mucho de la masa y además, entre composiciones distintas las diferencias tampoco son significativas.

A pesar de tener  $\alpha$  un comportamiento parecido al de  $\beta$ , el hecho de que tenga una dependencia funcional más pronunciada en relación a  $\log k_2$  muestra que la constancia del producto  $\alpha\beta$  solamente ocurre en las regiones del diagrama HR más cercanas a la ZAMS.

Conviene también señalar que aunque la configuración en cuestión no sea esférica (por ejemplo, elipsoidal)  $\alpha$  y  $\beta$  se pueden escribir en función de los valores obtenidos para el caso esférico y de los factores de corrección debidos a la nueva geometría perturbada. Esto abre posibilidades para interesantes investigaciones sobre modelos no esféricos y la influencia de la no esfericidad en su estructura interna.



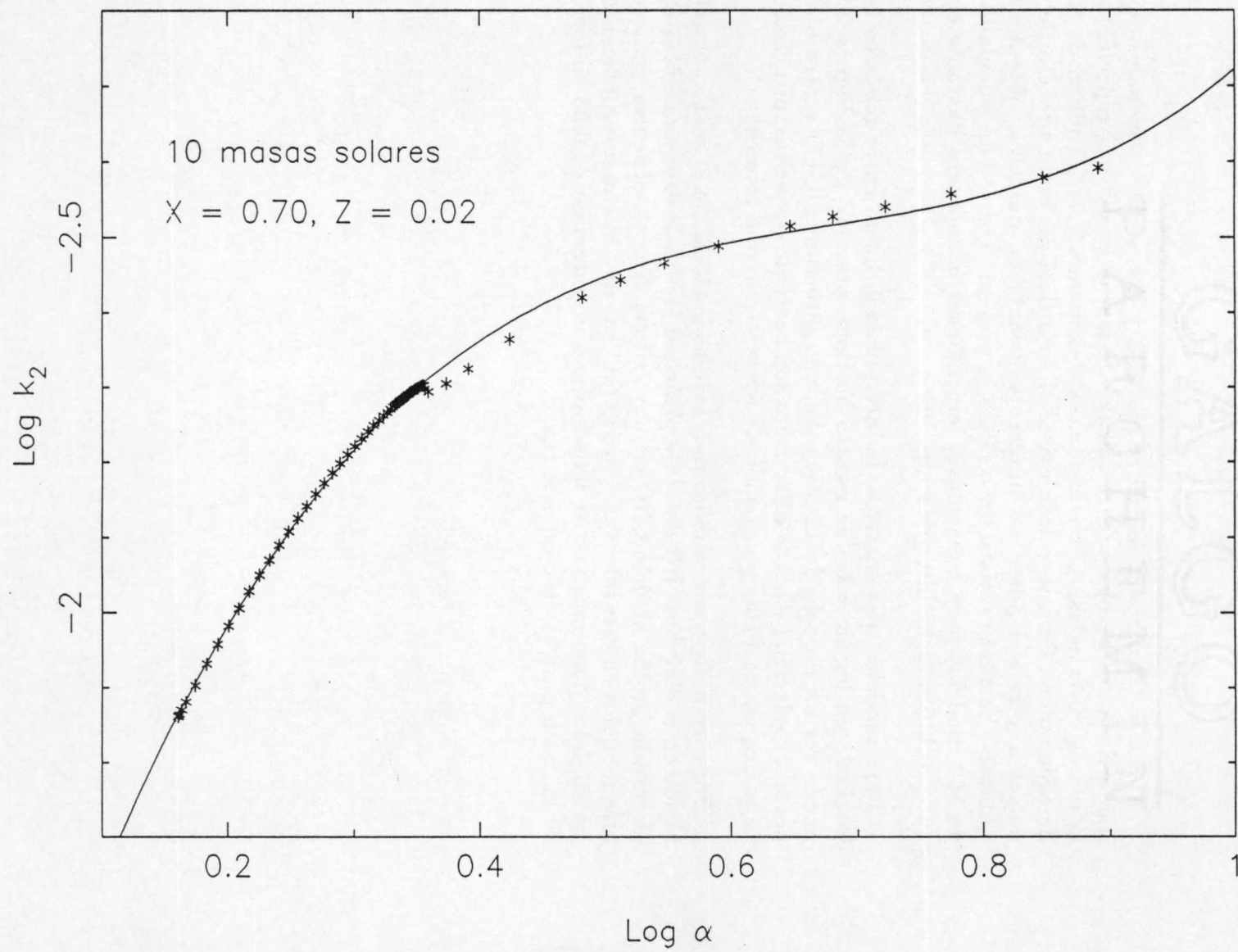


Figura 2.1.6 Relacion entre  $\log \alpha$  y  $\log k_2$  para un modelo de  $10 M_{\odot}$

### 2.1.8 Modelos interpolados

Al hacer la comparación entre modelos y datos observacionales de binarias eclipsantes se necesita el cálculo de trazas evolutivas específicas para las masas observadas. Obviamente, esto demanda gran cantidad de tiempo de ordenador. Pero se puede evitar si se utiliza un buen proceso de interpolación y la red posee un número suficiente de modelos, obteniendo un resultado bastante satisfactorio. Para la presente red se han calculado cerca de 160 modelos para cada masa, teniendo así un número bastante elevado que posibilita dicha interpolación.

Para modelos más masivos, la interpolación lineal entre modelos con un intervalo en  $\log m = 0.1$  se mostró bastante precisa. En la Figura 2.1.7 se puede ver un modelo de  $11 M_{\odot}$  calculado directamente (\*) y otro obtenido por interpolación (+). Las diferencias son bastante pequeñas, principalmente en la Secuencia Principal, región de nuestro máximo interés.

Por otro lado, para estrellas más tardías la situación es más compleja. La región en el diagrama HR donde la principal fuente de energía nuclear cambia de protón-protón al ciclo CNO es muy crítica. En consecuencia, se necesitan más modelos en este intervalo para garantizar una buena interpolación. Para los modelos poco masivos, se ha adoptado un intervalo de 0.05 en logaritmo de la masa para el paso en este rango.

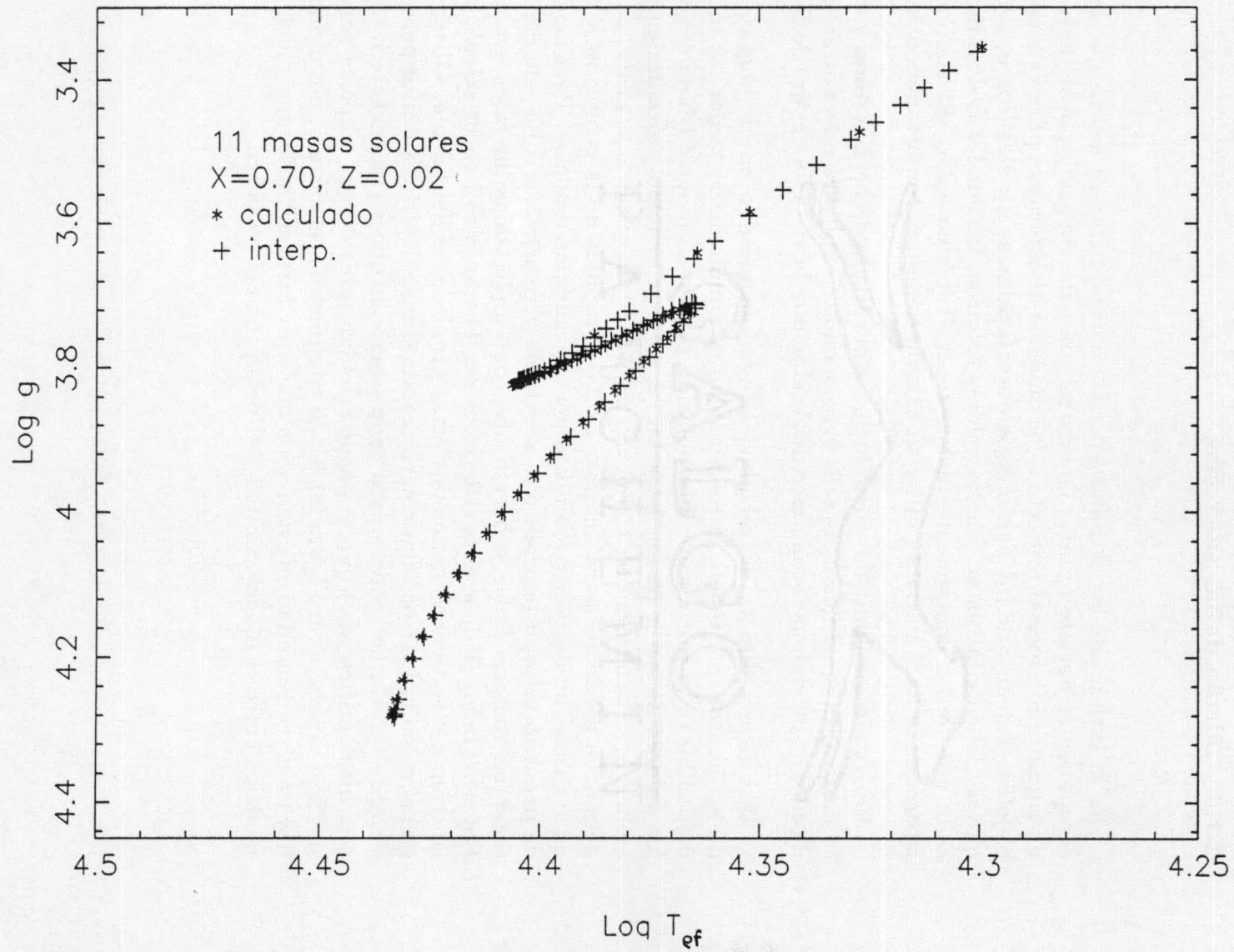


Figura 2.1.7 Modelo de  $11 M_{\odot}$  interpolado (cruces) y calculado directamente (asteriscos)

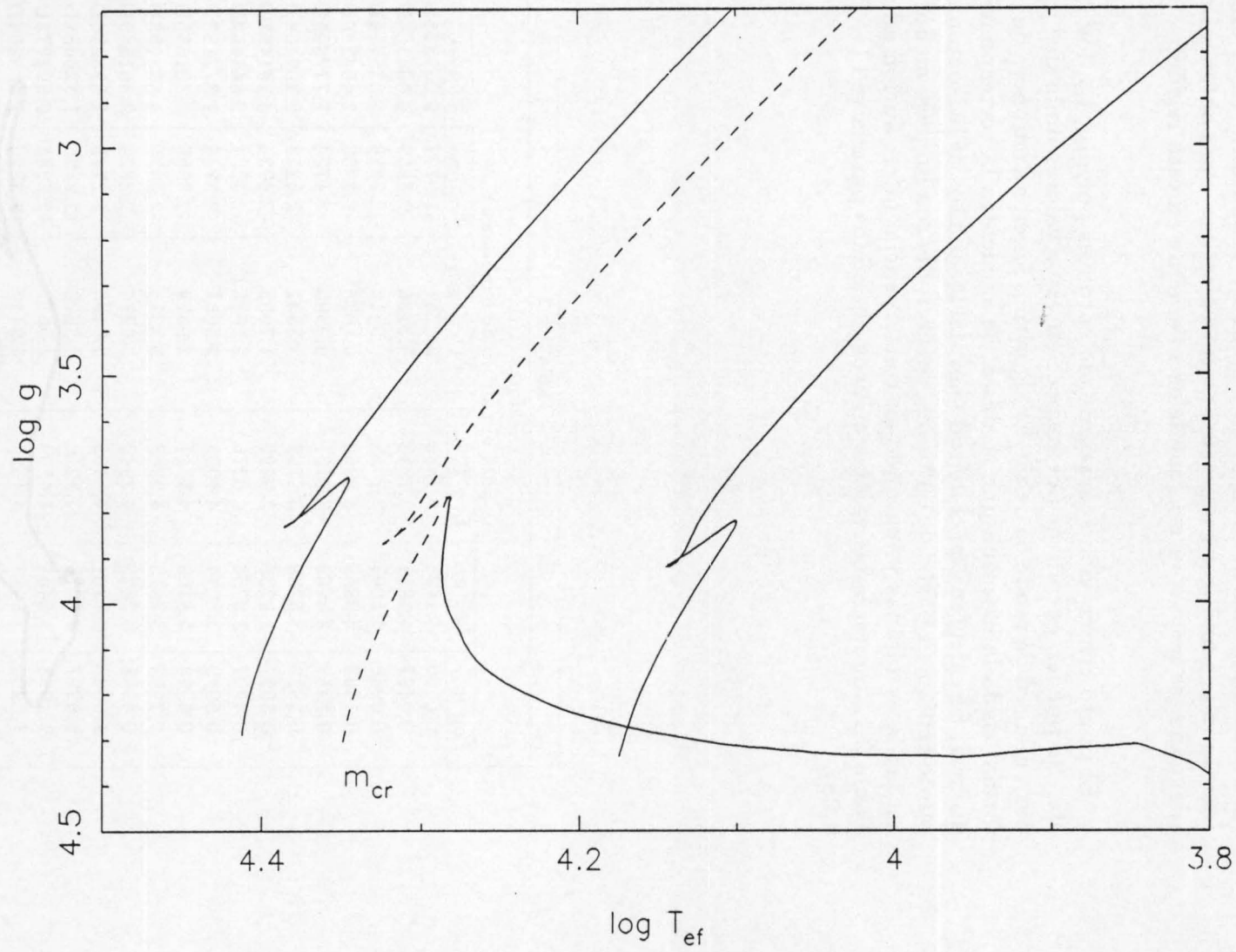
### 2.1.9 Cálculo de las isocronas

En el estudio de las estrellas binarias normalmente se asume que las dos componentes nacieron juntas de una misma nube de gas y polvo. Esto tiene un significado especial respecto a los modelos de interiores para esta clase de objetos. Además de los parámetros observacionales usuales ( $\log g$ ,  $\log T_{ef}$ ) que se deben contrastar con los valores teóricos, las edades deducidas para cada una de las componentes deben tener el mismo valor. El concepto de isocronas se hace bastante útil y su cálculo tiene una importancia obvia.

Hemos desarrollado dos métodos para el cálculo de las isocronas y ambos se mostraran igualmente eficaces pero, como se explicará más adelante, uno de ellos es mucho más económico desde el punto de vista de tiempo de cálculo.

Una forma directa de calcular el lugar geométrico en el diagrama HR de los puntos que tienen la misma edad es simplemente tomar los modelos disponibles y encontrar por interpolación para cada modelo (dada una edad) los valores de  $\log g$  (o  $\log L$ ) y  $\log T_{ef}$ . Este sencillo procedimiento, sin embargo, lleva a isocronas con poca resolución y lo que es más grave, no tiene definición suficiente para detectar las fases rápidas de la evolución a menos que se tome un número prohibitivamente grande de modelos. Para isocronas de pequeño valor, este proceso es aceptable pero sería deseable, sin embargo, tener un método fiable y barato que contemple todas las fases evolutivas. Por otro lado, el diagrama HR puede ser bastante útil en el cálculo de las isocronas si se tienen en cuenta ciertas propiedades del mismo. Observamos que al calcular las isocronas con el método simple descrito anteriormente, hay siempre un último modelo para cada isocrona (que viene caracterizado por una masa crítica  $m_{cr}$ ) que se puede calcular antes de que empiece para ésta su "fase rápida" (ver Figura 2.1.8). Si continuamos el cálculo, notaremos que hay un discontinuidad en esta región que se evitaría si tomásemos muchísimos modelos entre el modelo crítico y el más próximo en la red.





47

Figura 2.1.8 Método de cálculo de Isocronas

Nuestro método se basa justamente en el valor límite de esta masa (que está conectada con la edad de la isocrona). Este punto en el diagrama HR corresponde a un  $\log g$  y una temperatura efectiva. Para obtener la resolución adecuada, se necesitan más modelos *solamente* en esta región.

El punto crítico viene caracterizado entonces por  $m_{cr}$ ,  $t_{cr}$ ,  $\log g_{cr}$ ,  $\log L_{cr}$ , etc. Se pueden encontrar por inspección estos valores umbrales y tabularlos para una red de modelos dada. El algoritmo funciona entonces de la siguiente forma: dada la isocrona que se desea, se encuentra la correspondiente masa umbral. Se calculan con el método normal los puntos de la isocrona hasta este punto crítico. A partir de entonces, se interpola con un paso menor cubriendo así las fases rápidas y logrando en consecuencia, la resolución adecuada. La Tabla 2.1.2 muestra los valores críticos obtenidos para la red  $(X, Y) = (0.70, 0.28)$ .

Tabla 2.1.2					
Valores críticos para el cálculo de isocronas					
Log $m_{cr}$	Log $g_{cr}$	Log $T_{efcr}$	log $(L/L_{\odot})_{cr}$	log $k_{2cr}$	Edad $_{cr}$ (años)
0.0000	4.1425	3.7583	0.2751	-1.9777	9.067331D+09
0.0492	4.1951	3.7838	0.3736	-2.1539	4.604505D+09
0.0969	4.1007	3.7952	0.5616	-2.2820	3.335714D+09
0.1492	3.9859	3.8050	0.7678	-2.3966	2.464249D+09
0.1987	3.8969	3.8161	0.9505	-2.4774	1.777895D+09
0.2989	3.8289	3.8747	1.3531	-2.5258	9.209464D+08
0.3997	3.8236	3.9497	1.7595	-2.4734	4.761467D+08
0.4997	3.8266	4.0275	2.1675	-2.4234	2.544442D+08
0.5999	3.8214	4.1005	2.5651	-2.3744	1.372180D+08
0.6998	3.8109	4.1711	2.9579	-2.3355	7.801635D+07
0.7993	3.7915	4.2348	3.3315	-2.3021	4.633203D+07
0.8998	3.7628	4.2940	3.6976	-2.2819	2.881545D+07
1.0000	3.7261	4.3463	4.0436	-2.2740	1.893974D+07
1.0997	3.6878	4.3916	4.3628	-2.2726	1.320651D+07
1.1998	3.6461	4.4309	4.6617	-2.2884	9.593773D+06
1.2999	3.5917	4.4630	4.9446	-2.3326	7.435806D+06
1.3998	3.5251	4.4854	5.2008	-2.3952	5.996840D+06

Las Figuras 2.1.9 y 2.1.10 muestran el resultado de estos cálculos y además señalan el hecho de que las binarias deben estar sobre una misma isocrona.

El método descrito, a pesar de funcionar muy bien, tiene un inconveniente respecto a la gran cantidad de información que se debe almacenar para su ejecución. Aunque se utilicen ficheros en lenguaje binario, la memoria utilizada es significativa. Por otro lado, las interpolaciones detalladas necesarias después del punto crítico consumen bastante tiempo de CPU. Para subsanar este problema hemos ideado otro método muy parecido a éste pero mucho más económico e igualmente fiable. Los cálculos se hacen hasta el punto crítico de la misma forma que antes pero para el cálculo de la fase rápida haremos la hipótesis de que esta fase es muy rápida comparada con la edad de la isocrona en cuestión. Como hemos dicho antes, este punto crítico tiene su correspondiente  $m_{cr}$ . Argumentando que el tiempo empleado por el modelo de masa  $m_{cr}$  en recorrer el HR en su fase rápida es pequeño si se compara con la edad de la isocrona, su posterior trayectoria se confundirá con la propia isocrona. Dicho en otras palabras, la isocrona está compuesta de dos partes: una calculada hasta el punto crítico (método normal) y la otra es la trayectoria evolutiva del modelo de masa  $m_{cr}$  a partir de este punto. La idea general del método se puede entender mejor con la ayuda de la Figura 2.1.11.

En la Figura 2.1.12 se puede ver que las diferencias entre las isocronas calculadas de una u otra forma están en muy buen acuerdo. Realizamos pruebas para varias isocronas utilizando el último método descrito que posee como principales características el pequeño tiempo de cálculo, la economía en almacenaje de datos y la fiabilidad.

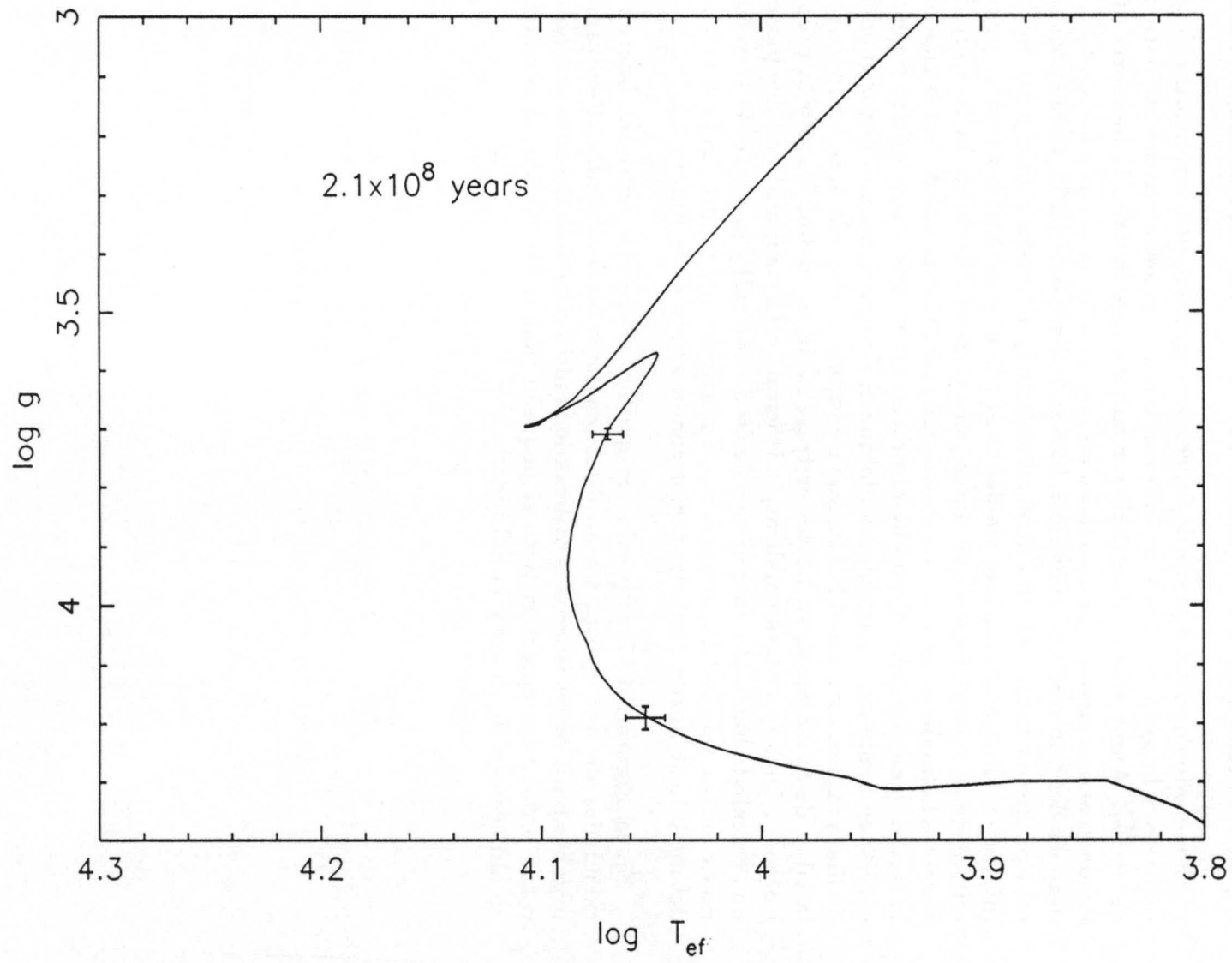


Figura 2.1.9 La posición de  $\chi^2$  Hya (Clausen y Nordström, 1978) en el diagrama HR para  $\log \tau = 8.31$  años.



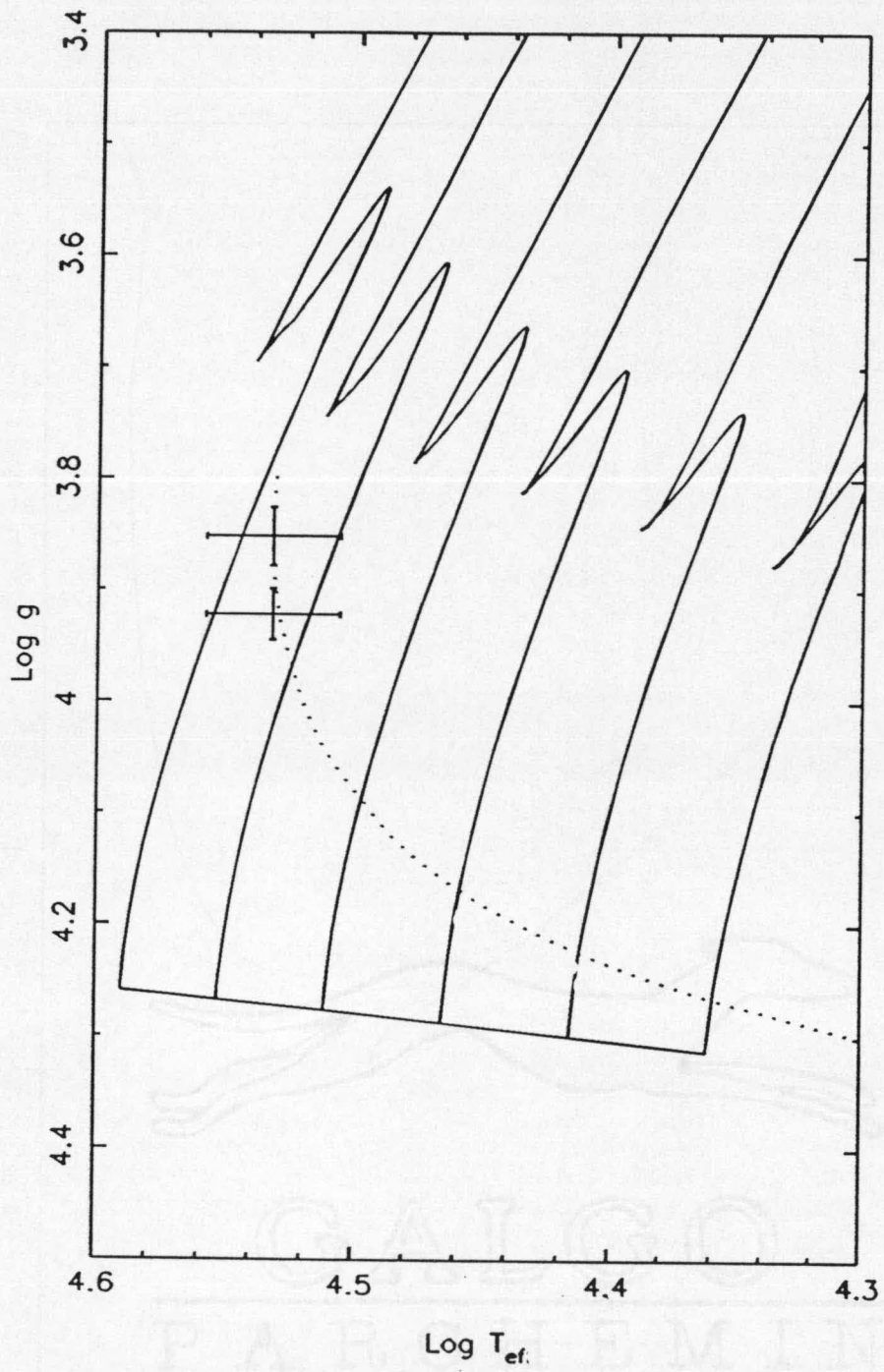


Figura 2.1.10 La posición de EM Car en el diagrama HR para  $\log \tau = 6.7$  años.

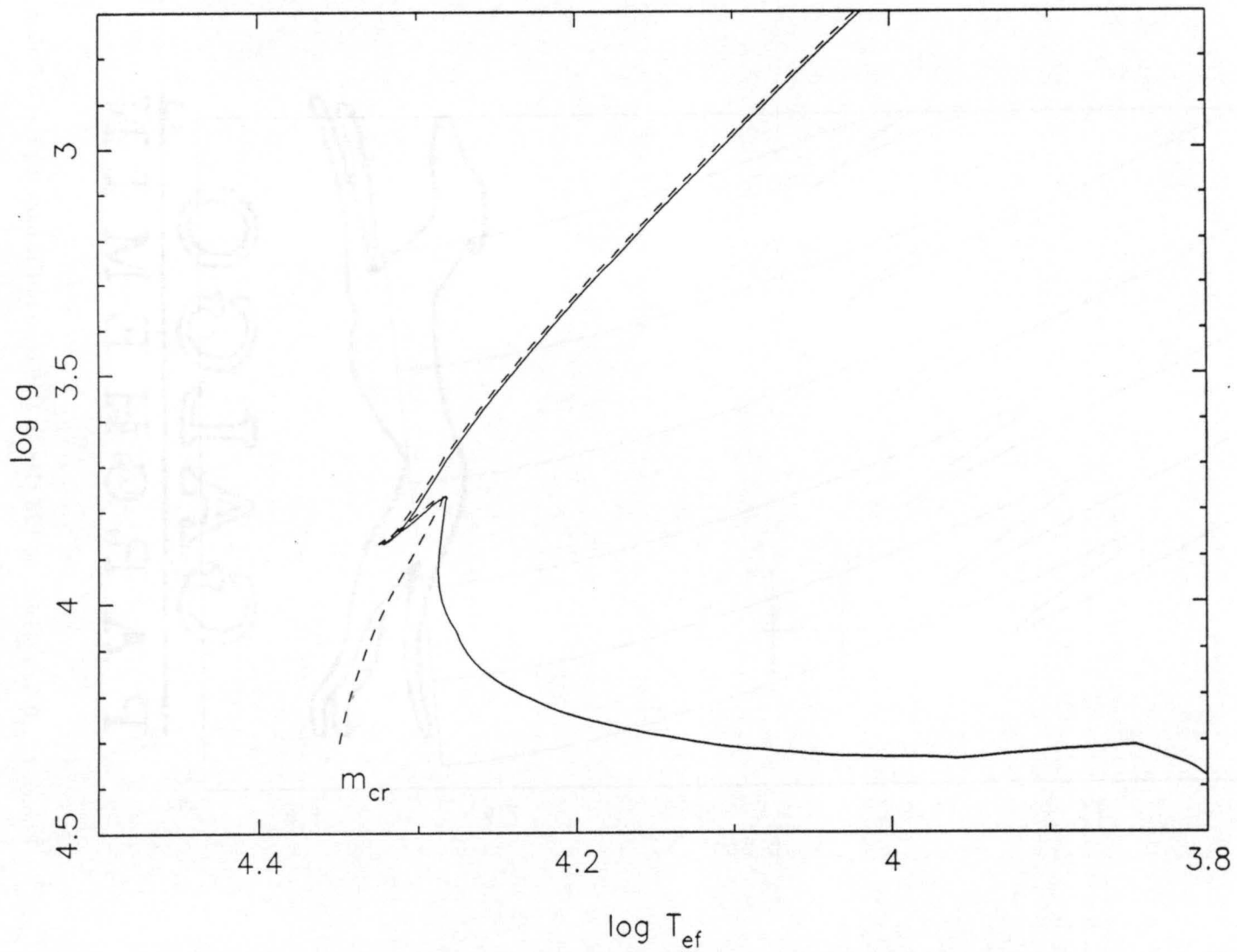


Figura 2.1.11 Método de cálculo de Isocronas. La línea continua representa la isocrona calculada por el método directo y la discontinua representa el modelo con  $m = m_{cr}$ . Nótese la pequeña diferencia entre las dos curvas para las fases rápidas de evolución.

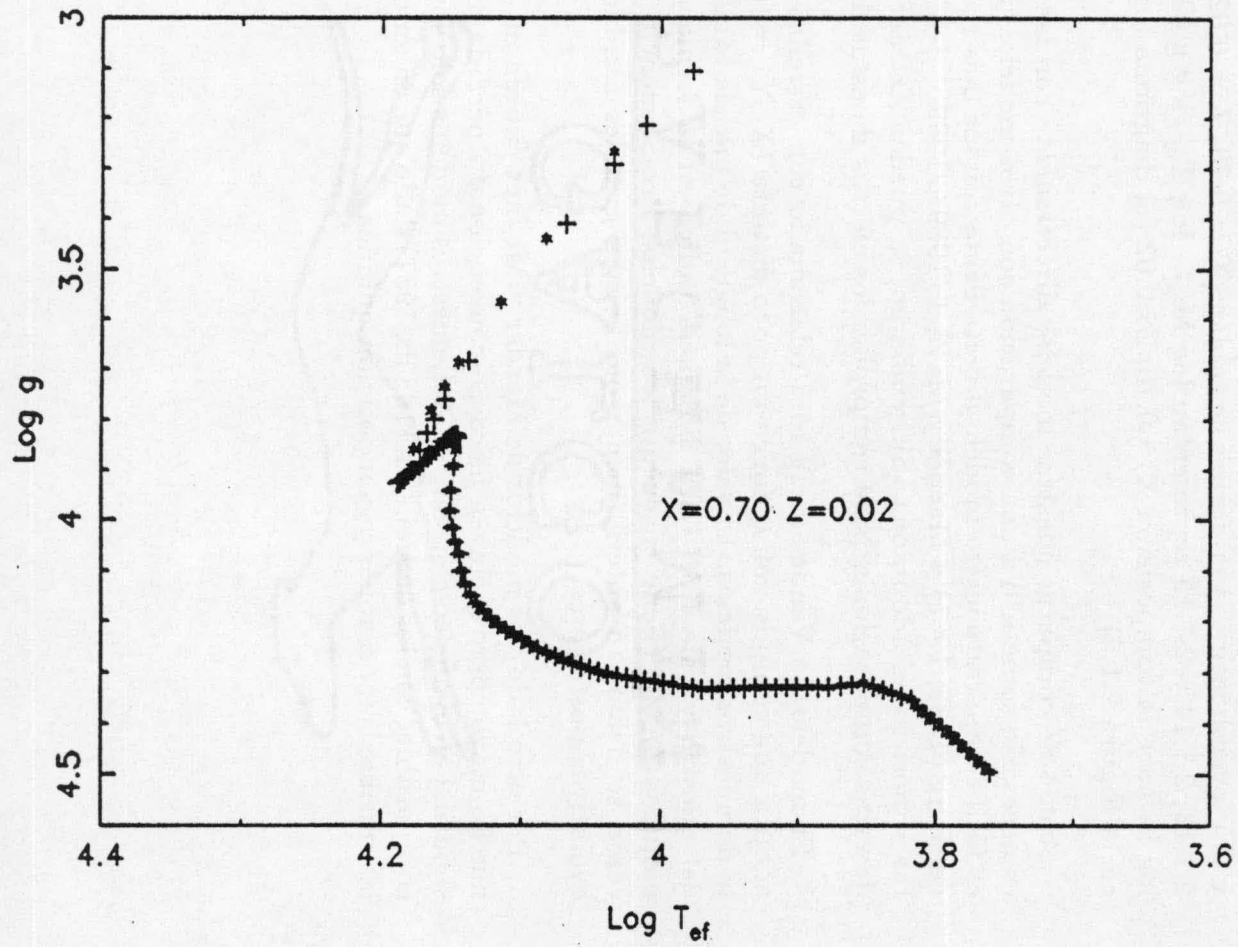


Figura 2.1.12 Comparación de las isocronas calculadas por el método de  $m_{cr}$  (cruces) y por el método de interpolación (asteriscos) para  $\log \tau = 8.0$ .

### 2.1.10 Comparación con otros modelos evolutivos

Los resultados del cálculo de los modelos se incluyen en los Apéndices B y C ("overshooting") en forma de tablas ( $X = 0.70$ ,  $Z = 0.02$ ). Las Figuras 2.1.13, 2.1.14 y 2.1.15 representan  $\log M_{bol} - \log T_{ef}$ ,  $\log g - \log T_{ef}$ ,  $\log g - \log k_2$  para la composición  $X = 0.70$ ,  $Z=0.02$  (el diagrama  $\log g - \log \beta$  está en la Figura 2.1.5)

Antes de comparar nuestros modelos directamente con las observaciones, es necesario someterlo a una comparación con otros modelos disponibles. No es fácil comparar nuestro modelo directamente con los más recientes de Vandenberg (1983, 1985) y Maeder y Meynet (1989a, 1989b) debido a las distintas suposiciones adoptadas. Sin embargo, se pueden extraer informaciones de estas comparaciones para comprobar los efectos de estas diferencias.

El modelo de Vandenberg está relacionado con estrellas más tardías y adopta una composición química un poco distinta ( $X, Y = (0.7331, 0.25)$ ) a la de nuestros modelos. El valor de la longitud de mezcla también es distinto del nuestro y vale 1.6. Otra diferencia radica en la forma de calcular los modelos ZAMS (tiene en cuenta los modelos Pre-Secuencia Principal) que como se demostró anteriormente, no lleva a grandes cambios en las fases evolutivas posteriores.

Por otro lado, los modelos de Maeder y Meynet cubren un rango de masa mucho mayor pero incluyen física no convencional - pérdida de masa y overshooting en el núcleo convectivo. Así, nuestros modelos solo son directamente comparables con los de Hejlesen (1980b, 1987) dado que en ambos se utilizan las mismas suposiciones y composición química.



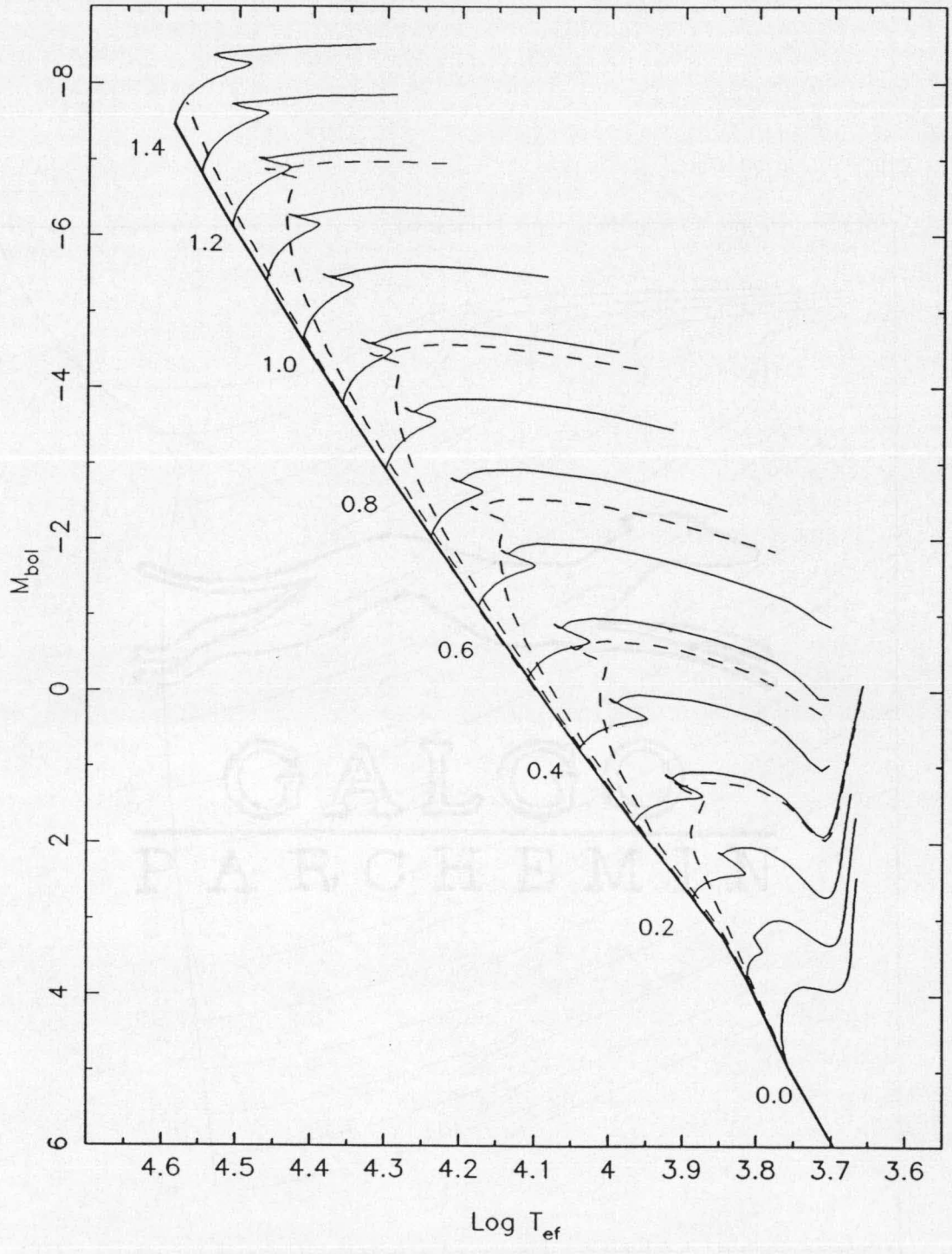


Figura 2.1.13 Diagrama HR para el modelo convencional. La línea discontinua representa las isocronas, los números contiguos los logaritmos de la edad (ver Figura 2.1.14) y los números bajo la Secuencia Principal los logaritmos de las masas

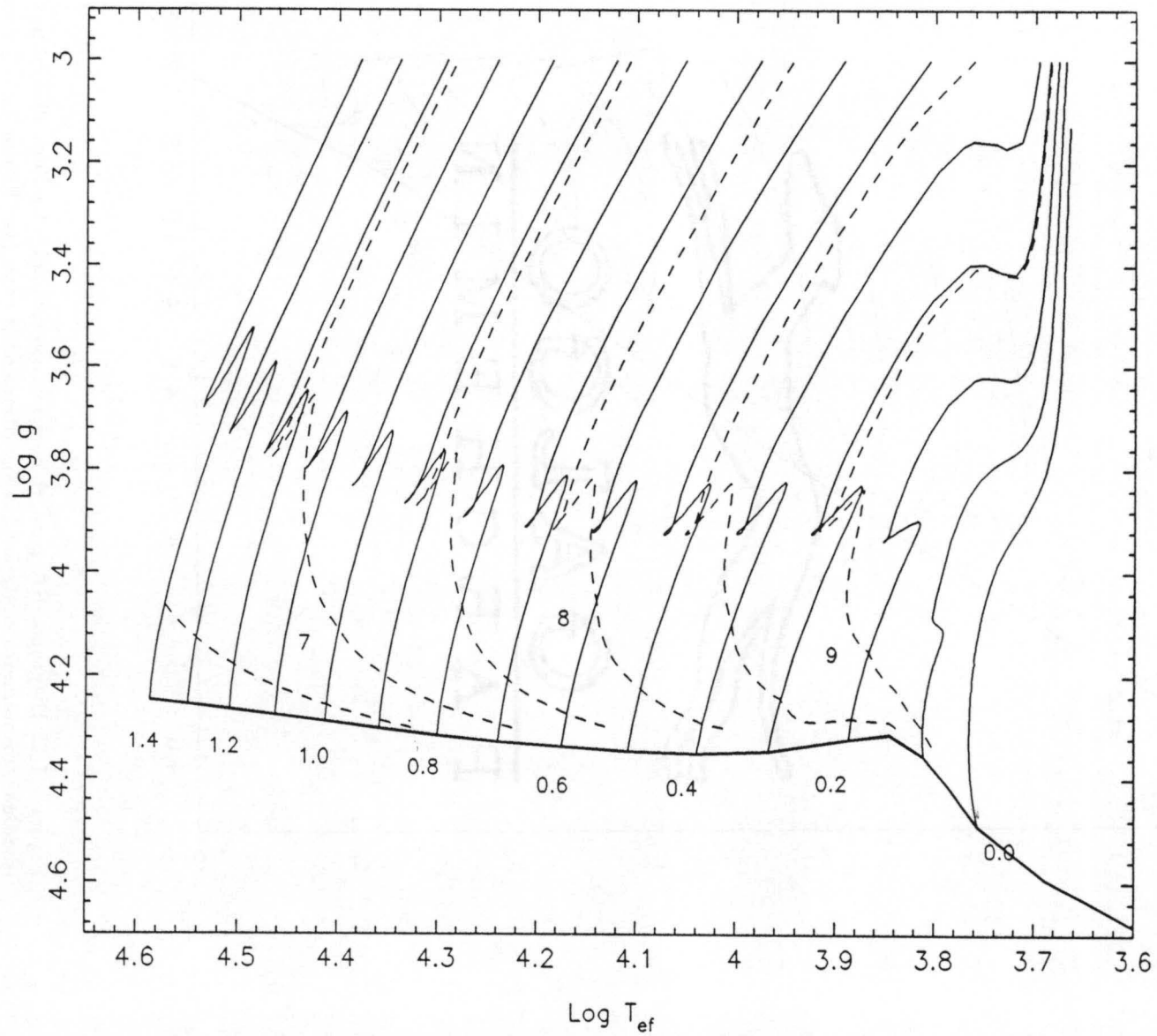


Figura 2.1.14 Diagrama HR para la red de modelos convencionales. Los números bajo la Secuencia Principal denotan los logaritmos de las masas y las líneas discontinuas las isocronas cuyos  $\log \tau$  están representados por números enteros. El intervalo en  $\log \tau$  es de 0.5.

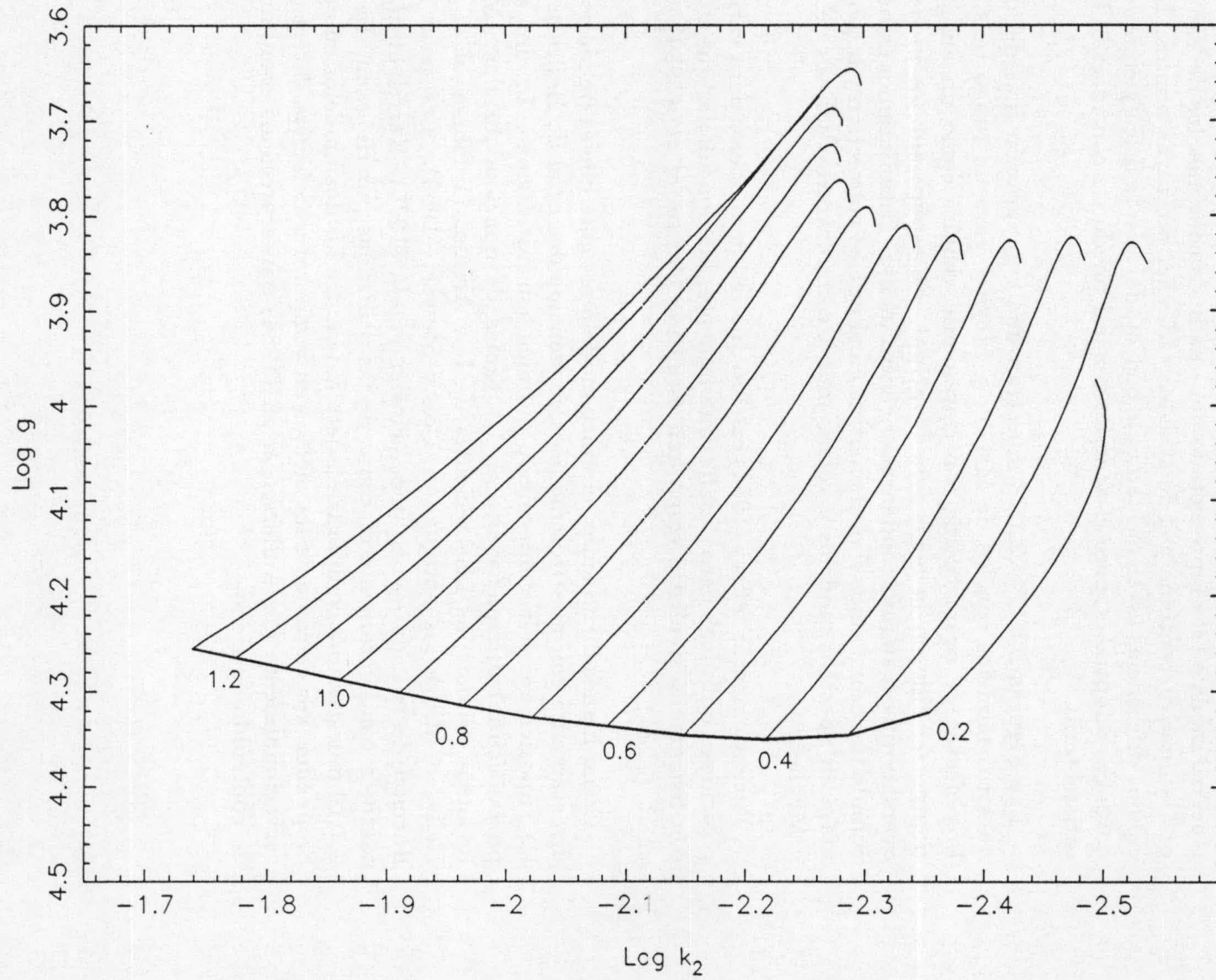


Figura 2.1.15 Diagrama de  $\log g$  y  $\log k_2$  hasta la TAMS. Los números bajo la Secuencia Principal denotan los logaritmos de las masas

Para el rango de masas menores, la Figura 2.1.16 muestra las trazas evolutivas, en el plano  $\log g - \log T_{ef}$  correspondientes al modelo de 1 masa solar. Nuestro modelo está representado por una línea continua, los de Vandenberg por la línea discontinua y el de Maeder y Meynet por rayas-puntos. Las principales diferencias están ciertamente conectadas con la física y composiciones químicas adoptadas, pero el acuerdo general puede ser considerado bastante satisfactorio.

Las Figuras 2.1.17 y 2.1.18 muestran una comparación más detallada de nuestros modelos con los de Maeder y Meynet para un rango más masivo. Los efectos de overshooting son claramente visibles como un aumento del tiempo de vida en la Secuencia Principal. Se espera que los modelos con overshooting sean más condensados centralmente. Estudiaremos estos efectos cuando introduzcamos el overshooting en el núcleo convectivo y la pérdida de masa en nuestros modelos y volveremos a compararlos con los de Maeder y Meynet.

Recientemente, Jeffery (1984) calculó una red de modelos para varias composiciones químicas pero desafortunadamente, las opacidades que utilizó no son físicamente realistas como han discutido Carson *et al.* (1984) y Magee *et al.* (1984).

Como hemos dicho antes, el único modelo reciente que se puede comparar directamente con nuestros modelos convencionales es el de Hejlesen porque las suposiciones y la composición química son las mismas. La única (e importantísima) diferencia está en las tablas de opacidad usadas. Mientras nosotros usamos las más recientes de Los Alamos (Huebner *et al.*, 1977), Hejlesen utiliza las antiguas de Cox y Stewart (1969). Las tasas de producción de energía que usamos (Fowler *et al.*, (1975); Harris *et al.*, 1983) también son ligeramente distintas de las utilizadas por Hejlesen. La Figura 2.1.19 muestra una comparación detallada entre los dos modelos en cuestión. Se pueden ver claramente los efectos en temperatura efectiva detectados observacionalmente por Andersen *et al.* (1984) e interpretados como un efecto de contenido en Helio.



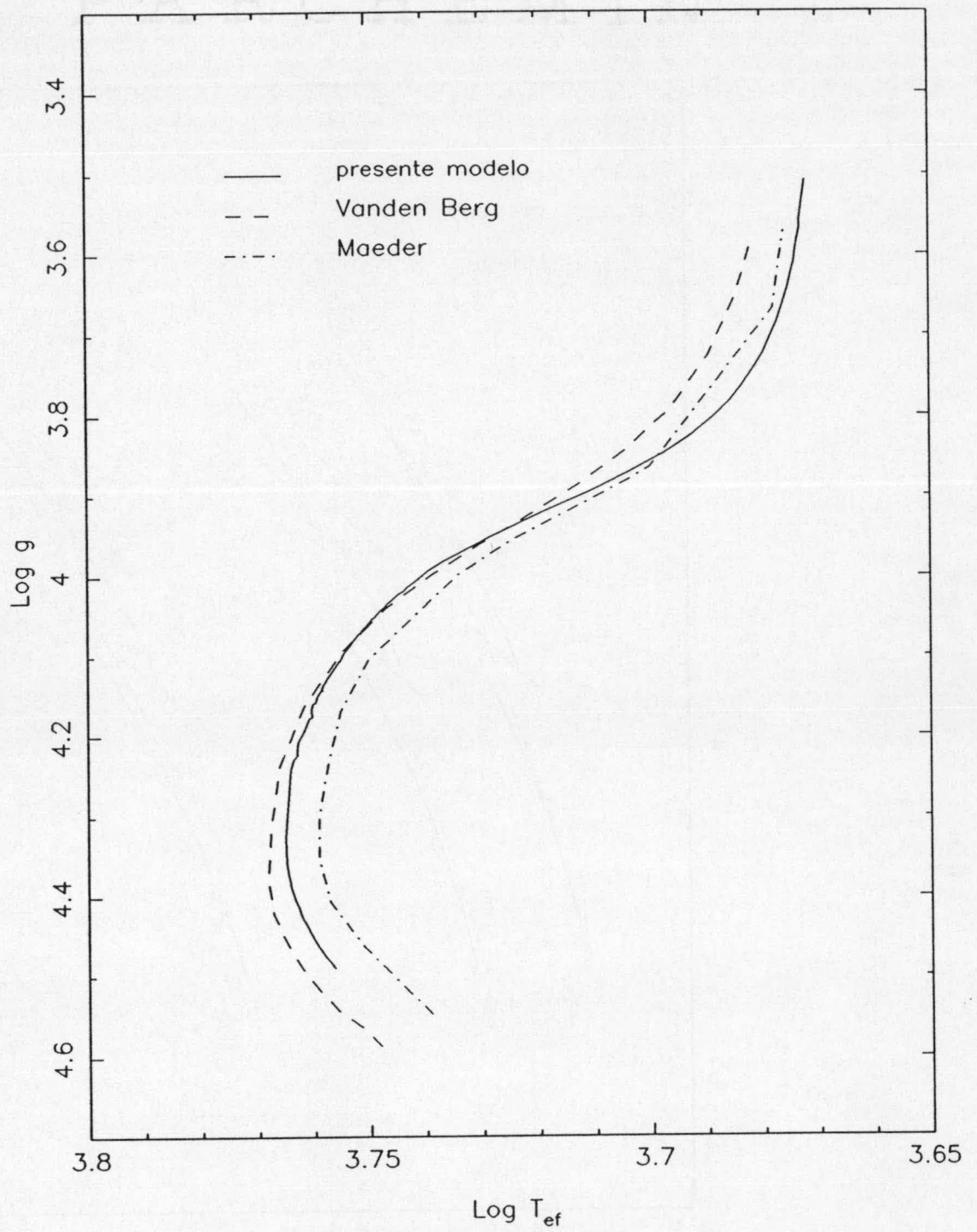


Figura 2.1.16 Comparación entre el presente modelo, el de VandenBerg (1983, 1985) y el de Maeder y Meynet (1989b) para  $1 M_{\odot}$

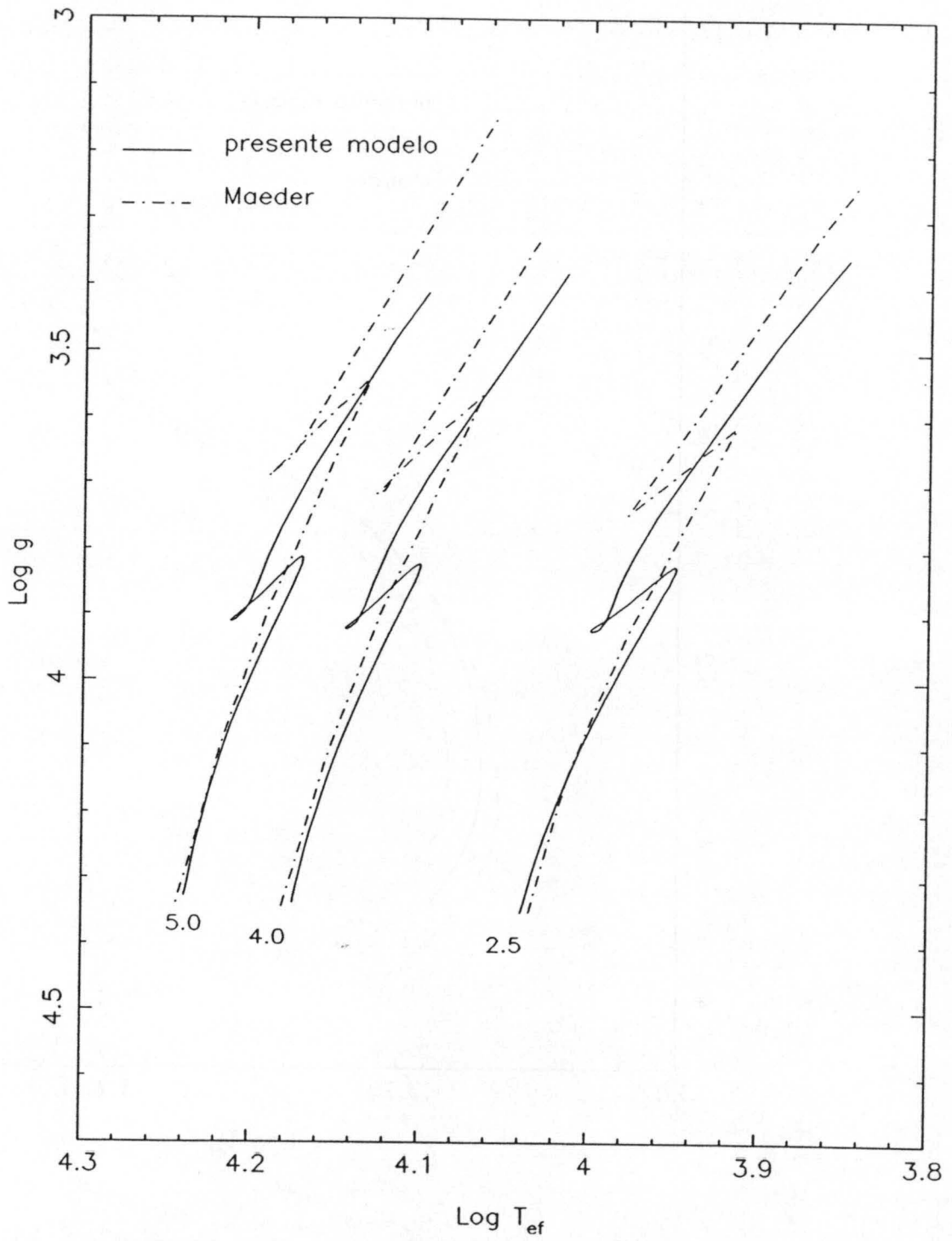


Figura 2.1.17 Comparación entre el presente modelo (continua) y el de Maeder y Meynet (discontinua) (1989b) para 2.5, 4 y 5  $M_{\odot}$

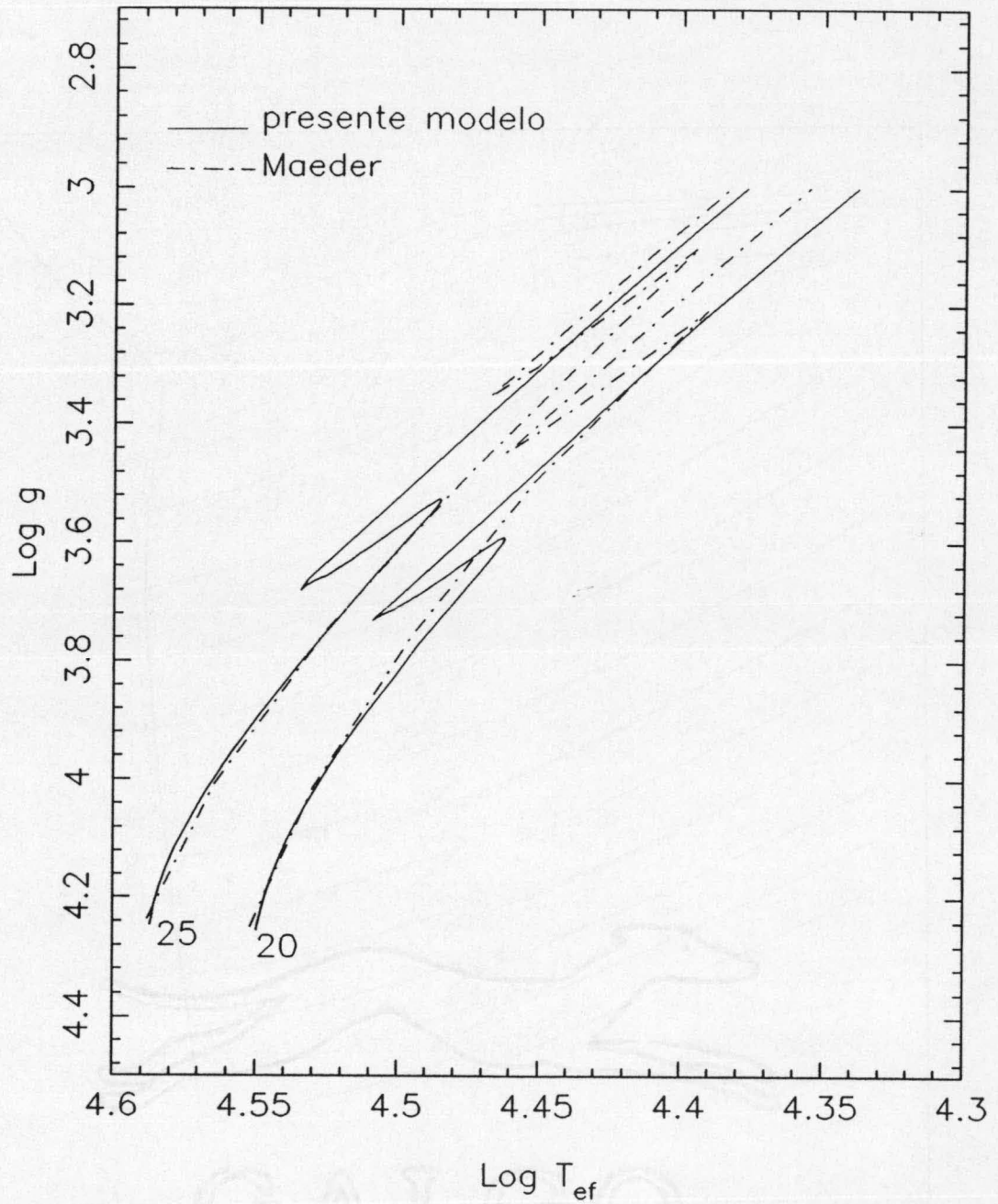
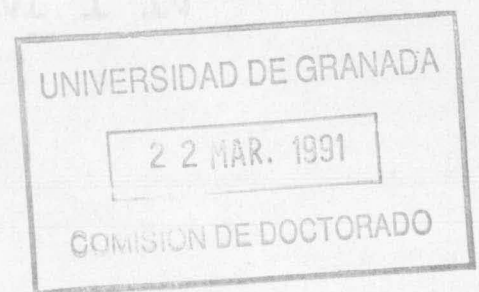


Figura 2.1.18 Comparación entre el presente modelo (continua) y el de Maeder y Meynet (discontinua) (1989b) para 20 y 25  $M_{\odot}$



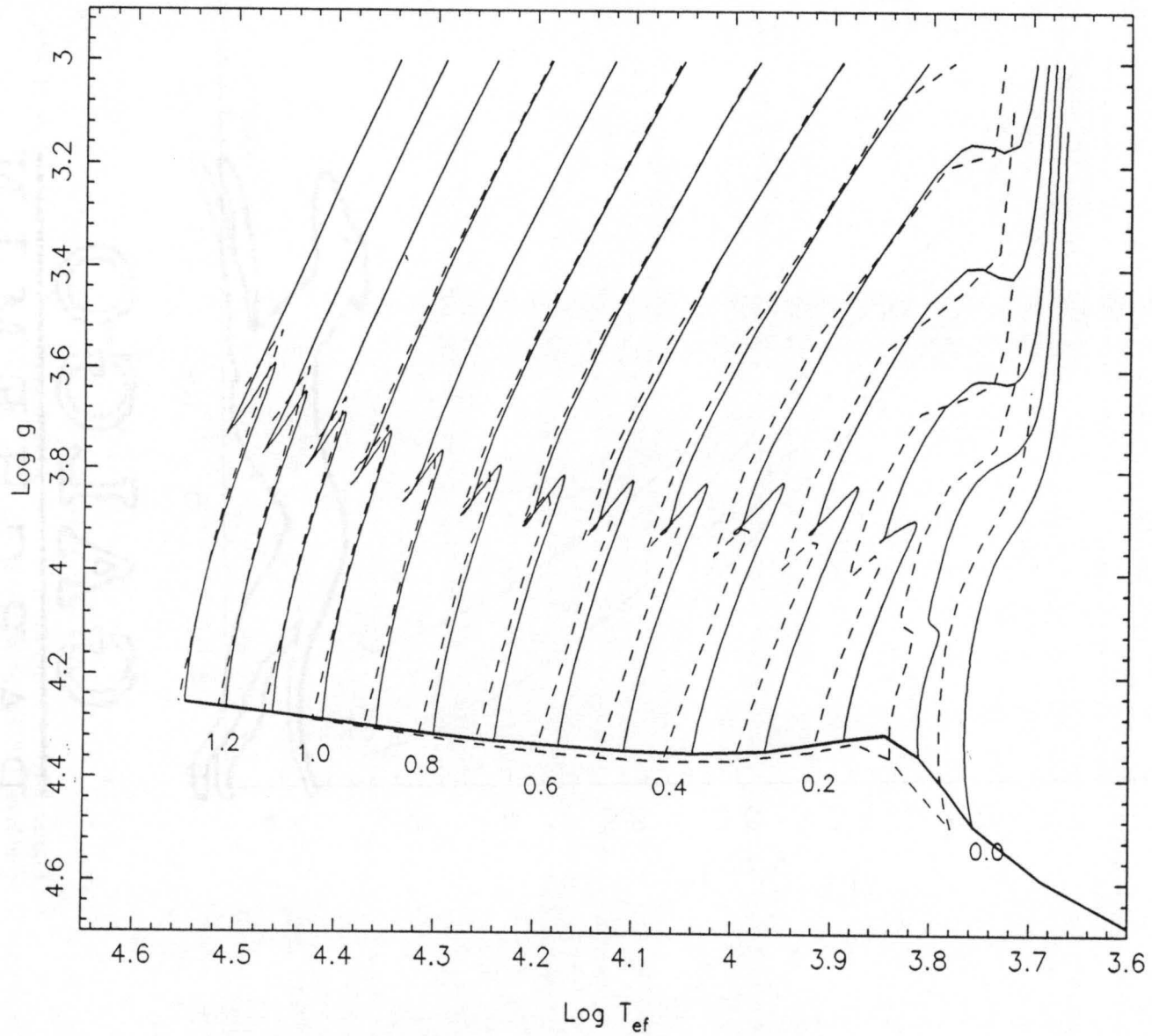


Figura 2.1.19 Diagrama HR comparativo entre el presente modelo (continua) y el de Hejlesen (discontinua). Nótese el efecto en  $T_{\text{ef}}$  para bajas temperaturas efectivas. Obsérvese también un pequeño efecto en la gravedad superficial.



De hecho, los modelos de Hejlesen son sistemáticamente más calientes, principalmente para modelos poco masivos. Para modelos con mayores masas ( $\log m \geq 1.0$ ) las diferencias son bastante menores. Se puede notar también un pequeño efecto en  $\log g$ . Respecto a las constantes de estructura interna, nuevamente, sólo el modelo de Hejlesen puede ser utilizado para la comparación. En este caso, la Figura 2.1.20 muestra que nuestros modelos son sistemáticamente más concentrados hacia el centro excepto en el caso de las estrellas menos masivas que son prácticamente iguales. Se detectó una diferencia media de 0.05 en  $\log k_2$  durante la Secuencia Principal. Esto, ciertamente mejora las comparaciones con los valores observacionales (Claret y Giménez, 1988; Giménez y Claret, 1988, Giménez y Claret, 1990). Todas estas diferencias están seguramente ligadas a las tablas de opacidad y también a las tasas de generación de energía utilizadas en ambos modelos.

Podemos concluir que el presente modelo convencional, después de las comparaciones hechas con otros modelos, es más apropiado que el de Hejlesen para la comparación con las observaciones. El hecho de que hemos detectado teóricamente las anomalías en  $\log T_{ef}$  y en  $\log g$  observadas por Andersen *et al.*, (1984) nos da plena confianza en utilizar nuestra red de modelos estelares en el estudio del movimiento apsidal.

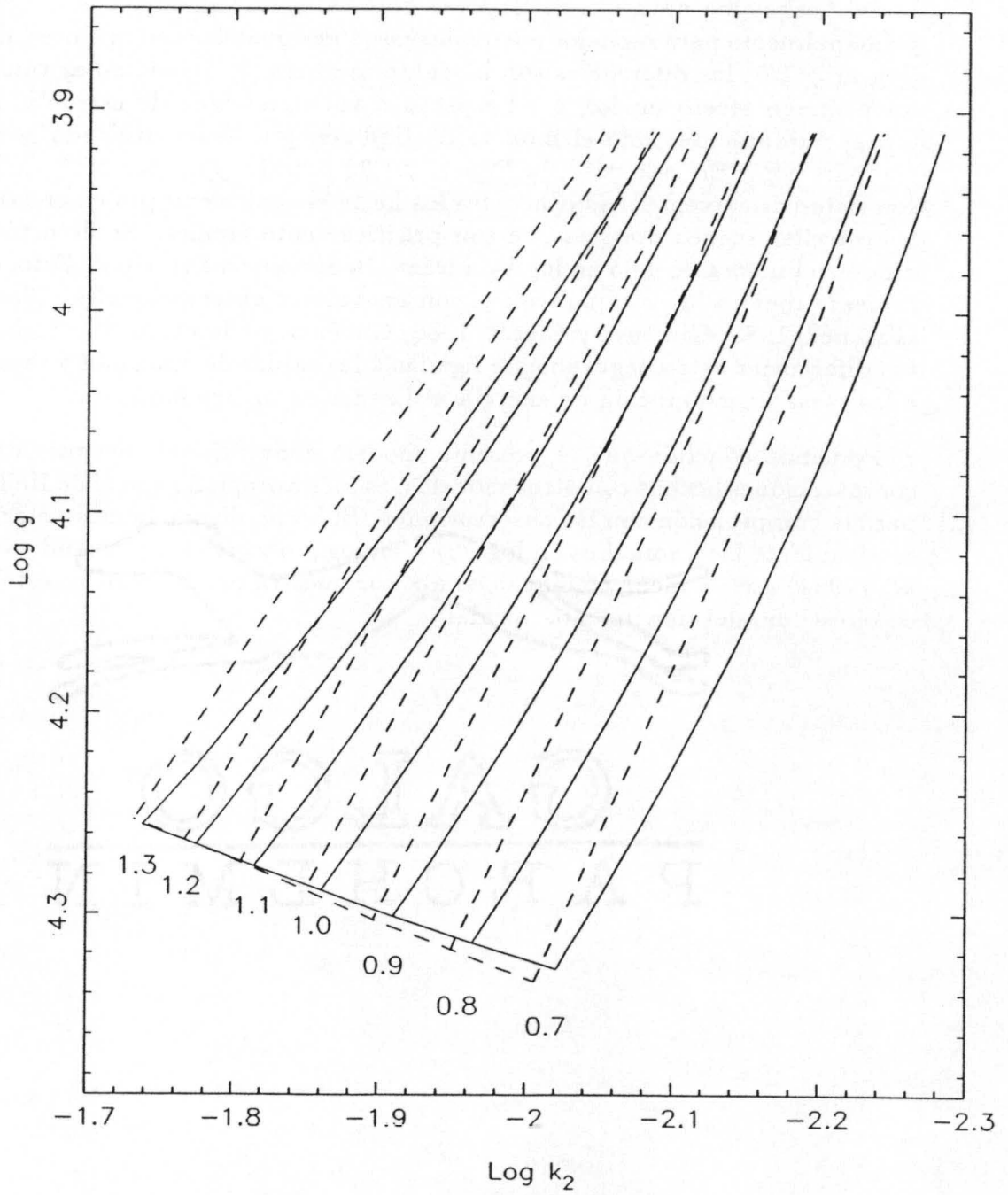


Figura 2.1.20 Comparación entre el presente modelo (contínua) y el de Hejlesen (discontínua) para  $\log k_2$ . Las diferencias se acentúan para modelo más evolucionados.

## 2.2 ECUACIONES DINAMICAS DEL MOVIMIENTO APSIDAL

### 2.2.1 Introducción

En el apartado (2.1.4) hemos analizado, desde el punto de vista de los modelos de interiores estelares, cuales son las condiciones y ecuaciones para obtener los coeficientes teóricos de la estructura interna, traducidos en suma por la resolución de la ecuación de Radau. Ahora, hace falta pues, obtenerlos para dos estrellas reales (deformadas) rotando sobre sus propios ejes y orbitando alrededor de un centro de masa común para una posterior comparación.

Debemos desarrollar las ecuaciones de movimiento para dos cuerpos, pero antes hay que hacer ciertas hipótesis de trabajo sin las cuáles el problema se haría demasiado complejo. Las principales suposiciones son:

- 1- La masa del sistema no varía con el tiempo;
- 2- No hay transferencia de masa de una estrella hacia la otra;
- 3- No hay pérdida de masa por vientos estelares;
- 4- Los sistemas estudiados cumplen el criterio de Roche para estrellas bien separadas, o sea, ninguna de las dos componentes llena sus respectivos lóbulos;
- 5- El sistema en estudio se encuentra dinámicamente aislado.

Dadas estas hipótesis, el centro de masas del sistema se desplazará con velocidad constante y podemos fijarnos en la órbita relativa de, por ejemplo, la estrella 2. Las ecuaciones del problema serán:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{G(m_1 + m_2)x}{r^3} = \frac{\partial R_{12}}{\partial x} \quad (2.2.1)$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} + \frac{G(m_1 + m_2)y}{r^3} = \frac{\partial R_{12}}{\partial y} \quad (2.2.2)$$

$$\frac{d^2z}{dt^2} + \frac{G(m_1 + m_2)z}{r^3} = \frac{\partial R_{12}}{\partial z} \quad (2.2.3)$$

donde  $r$  es el radio vector y  $R_{12}$  es la función perturbadora debido a la no esfericidad de las componentes causada por la rotación y por mareas. Es fácil ver que el sistema de ecuaciones diferenciales descrito se reduce al problema de Kepler si las perturbaciones son nulas.

Al resolver tal sistema aparecerán seis constantes de integración a saber:

$\Omega$  - la longitud del nodo ascendente

$i$  - la inclinación de la órbita

$A$  - el semi-eje mayor de la órbita relativa

$e$  - la excentricidad

$\omega$  - longitud del periastro

$\epsilon$  - diferencia entre la anomalía verdadera y media en el paso por el periastro.

La Figura 2.2.1 muestra los elementos orbitales. Por supuesto, el período ya está incluido en la tercera ley de Kepler.

El movimiento de una de las estrellas en torno a la otra es tal que se cumple la ecuación de la elipse, que en coordenadas polares es:

$$r = \frac{A(1 - e^2)}{1 + e \cos v} = A(1 - e \cos E) \quad (2.2.4)$$

donde  $v$  es la anomalía verdadera (ángulo de posición medido desde el periastro) y  $E$  es la anomalía excéntrica que está ligada a la ecuación de Kepler

$$E - e \sin E = n(t - T_o) \quad (2.2.5)$$



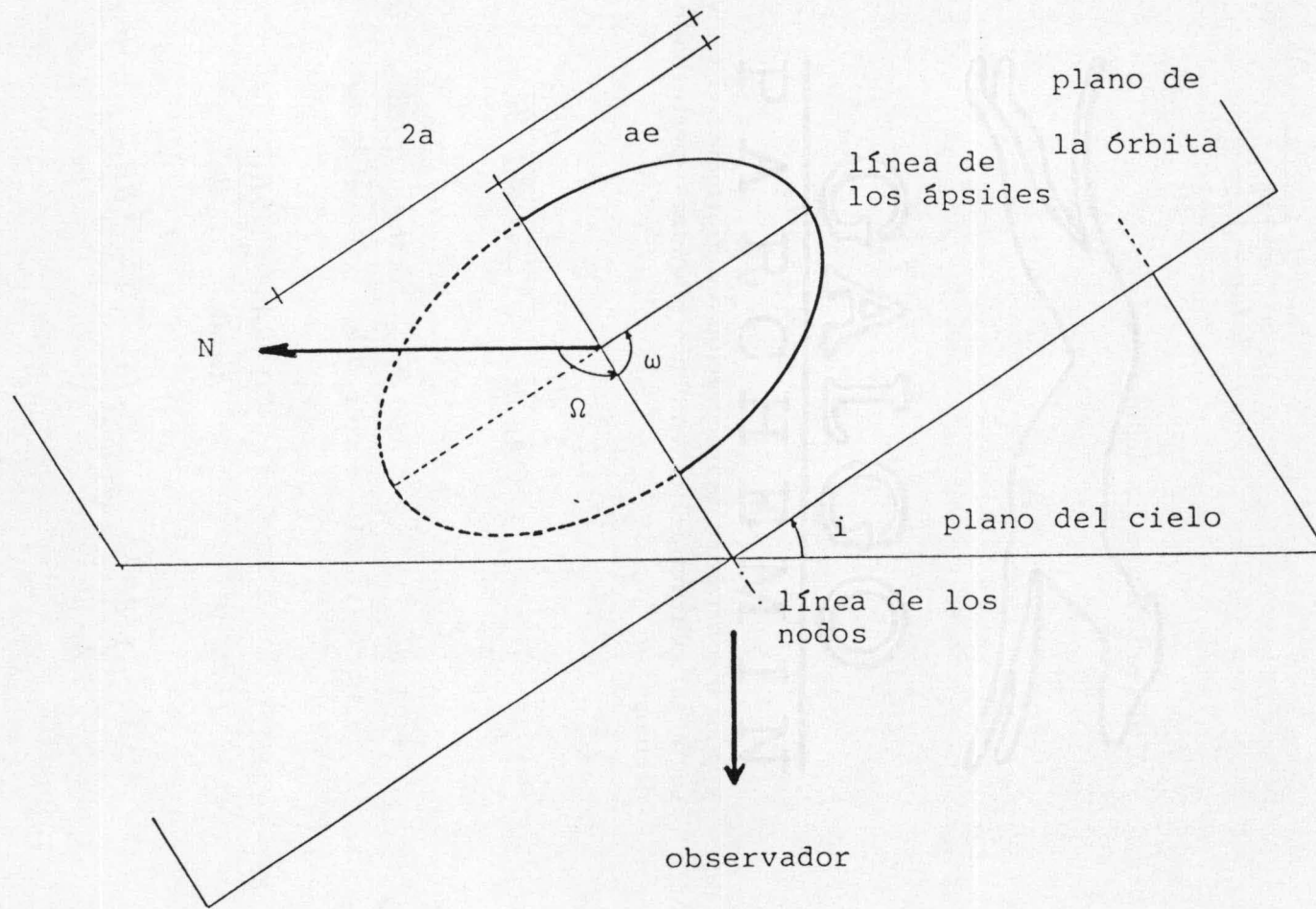


Figura 2.2.1 Elementos orbitales

donde  $n = 2\pi/P$ . Las dos anomalías están conectadas a través de

$$\operatorname{tag} \frac{v}{2} = \operatorname{tag} \frac{E}{2} \sqrt{\frac{(1+e)}{(1-e)}} \quad (2.2.6)$$

Utilizando ahora las definiciones

$$\bar{\omega} \equiv \omega + \Omega \quad (2.2.7)$$

$$u \equiv \omega + v \quad (2.2.8)$$

$$\epsilon \equiv \bar{\omega} - nT_o \quad (2.2.9)$$

y si las 6 constantes de integración anteriormente vistas varían en el tiempo, según la solución del movimiento planetario perturbado de Lagrange, tendremos:

$$\frac{1}{An} \frac{d\Omega}{dt} = \frac{1}{\sqrt{1-e^2} \operatorname{sen} i} \frac{\partial R_{12}}{\partial i} \quad (2.2.10)$$

$$\frac{1}{An} \frac{di}{dt} = -\frac{1}{\sqrt{1-e^2} \operatorname{sen} i} \frac{\partial R_{12}}{\partial \Omega} - \frac{\operatorname{tag} \frac{i}{2}}{\sqrt{1-e^2}} \left( \frac{\partial R_{12}}{\partial \omega} + \frac{\partial R_{12}}{\partial \epsilon} \right) \quad (2.2.11)$$

$$\frac{1}{An} \frac{dA}{dt} = 2A \frac{\partial R_{12}}{\partial \epsilon} \quad (2.2.12)$$

$$\frac{1}{An} \frac{de}{dt} = -\sqrt{1-e^2} \left( \frac{1-\sqrt{1-e^2}}{e} \frac{\partial R_{12}}{\partial \epsilon} + \frac{1}{e} \frac{\partial R_{12}}{\partial \omega} \right) \quad (2.2.13)$$

$$\frac{1}{An} \frac{d\bar{\omega}}{dt} = \frac{\operatorname{tag} \frac{i}{2}}{\sqrt{1-e^2}} \frac{\partial R_{12}}{\partial i} + \frac{\sqrt{1-e^2}}{e} \frac{\partial R_{12}}{\partial \epsilon} \quad (2.2.14)$$

$$\frac{1}{An} \frac{d\epsilon}{dt} = \frac{\text{tag} \frac{i}{2}}{\sqrt{1-e^2}} \frac{\partial R_{12}}{\partial i} + \sqrt{1-e^2} \frac{1-\sqrt{1-e^2}}{e} \frac{\partial R_{12}}{\partial e} - 2A \frac{\partial R_{12}}{\partial A} \quad (2.2.15)$$

Siendo  $R$  la componente de  $R_{12}$  en la dirección del radio vector,  $S$  la perpendicular al radio vector y  $W$  la normal al plano de la órbita, las ecuaciones anteriores se pueden escribir como (Kopal, 1978, pag. 205):

$$\frac{d\Omega}{dt} = \frac{Wrsenu}{nA^2\sqrt{1-e^2}seni} \quad (2.2.16)$$

$$\frac{di}{dt} = \frac{Wrcosu}{nA^2\sqrt{1-e^2}} \quad (2.2.17)$$

$$\frac{dA}{dt} = \frac{2}{n\sqrt{1-e^2}} \left( \frac{Rersenu + SA(1-e^2)}{r} \right) \quad (2.2.18)$$

$$\frac{de}{dt} = \frac{\sqrt{1-e^2}}{nA} (Rsenu + (\cos v + \cos E)S) \quad (2.2.19)$$

$$\frac{d\bar{\omega}}{dt} = \frac{\sqrt{1-e^2}}{nAe} \left( R\cos v + \left[ 1 + \frac{r}{A(1-e^2)} \right] Ssenu \right) + \frac{Wsenu}{n\sqrt{1-e^2}A^2} \text{tag} \frac{i}{2} \quad (2.2.20)$$

$$\frac{d\epsilon}{dt} = -\frac{1}{nA} \left( \frac{2r}{A} - \frac{1-e^2}{e} \cos v \right) R - \frac{1-e^2}{nAe} \left( 1 + \frac{r}{A(1-e^2)} \right) Ssenu \quad (2.2.21)$$

Se puede demostrar que, si consideráramos la estrella perturbadora como una masa puntual, la función  $R_{12}$  se puede descomponer en dos términos, a saber

$$R_{12} = R_1 + R_2 \quad (2.2.22)$$

donde las contribuciones individuales para rotación y marea son

$$R_i^r = \frac{-2\mu\omega_i^2 R_i^5 k_{2i}}{3Gm_i r^3} P_2(\nu_i') \quad (2.2.23)$$

y

$$R_i^m = \frac{\mu m_{3-i}}{m_i} \sum_{j=2}^4 \frac{k_{ji} R_i^{2j+1}}{r^{j+1} r_\epsilon^{j+1}} P_j(\lambda_i'') \quad (2.2.24)$$

donde  $\mu = G(m_1 + m_2)$ ,  $\omega_i$  la velocidad angular de la componente  $i$ ,  $R_i$  es el radio medio y los  $k_{ji}$  son las constantes de estructura interna, mientras  $\nu_i'$  es el coseno del ángulo formado por el radio vector y el eje de rotación y  $\lambda_i''$  es el coseno del ángulo formado entre la dirección principal de la deformación de la marea y el radio vector. En el caso de haber retraso debido a la viscosidad

$$r_\epsilon = \frac{A(1 - e^2)}{1 + e \cos(v - \epsilon)} \quad (2.2.25)$$

y  $r^{j+1}$  se sustituye por  $r^{j+1} r_\epsilon^{j+1}$ .

Las contribuciones de la perturbación por marea y rotación de las dos componentes vienen dadas por las expresiones (2.2.23) y (2.2.24). Nuestro interés es justamente obtener a través de ellas las perturbaciones en el período sidéreo (intervalo de tiempo transcurrido entre dos mínimos iguales consecutivos).

Para la distorsión rotacional se puede mostrar que tras las diferenciaciones adecuadas sus 3 componentes anteriormente definidas resultan ser

$$R = \frac{2\mu}{G} \sum_{i=1}^2 \frac{k_{2i} \omega_i^2 R_i^5}{m_i r^4} P_2(\nu_1'') \quad (2.2.26)$$

$$S = \frac{2\mu}{G} \sum_{i=1}^2 \frac{k_{2i} \omega_i^2 R_i^5}{m_i r^4} \nu_1'' \nu_2'' \quad (2.2.27)$$

$$W = \frac{2\mu}{G} \sum_{i=1}^2 \frac{k_{2i} \omega_i^2 R_i^5}{m_i r^4} \nu_1'' \nu_3'' \quad (2.2.28)$$

donde los  $\nu''$  son las derivadas parciales respecto a los ángulos descritos antes.



Para la distorsión por mareas, si no hay desfase, las componentes  $S$  y  $W$  son nulas (Giménez, 1981a) quedando solamente la componente  $R$

$$R \cos \nu = 2\mu \sum_{i=1}^2 \frac{m_{3-i}}{m_i} \sum_{j=2}^4 (j+1) k_{ji} X_o^{-(2j+3),1} \frac{R_i^{2j+1}}{A^{2j+3}} \quad (2.2.29)$$

donde los coeficientes de Hansen de orden cero son las medias sobre una revolución completa y se calculan por medio de la siguiente ecuación

$$\frac{1}{P} \int_0^P \left(\frac{r}{A}\right)^n \cos(mvt) dt = \binom{-n-2}{m} \left(\frac{e}{2}\right)^m (1-e^2)^{n+\frac{3}{2}} F\left(\frac{m+n+2}{2}, \frac{m+n+3}{2}, m+1, e^2\right) \quad (2.2.30)$$

Debido a las propiedades de estos coeficientes es fácil demostrar que en ausencia de fuerzas disipativas y también para el caso de rotación no coplanar el semi-eje mayor de la órbita y su excentricidad permanecen constantes en el tiempo, o sea

$$\frac{dA}{dt} = \frac{de}{dt} = 0 \quad (2.2.31)$$

Para la longitud del periastro tendremos que la contribución rotacional es

$$\frac{d\bar{\omega}}{dt} = \frac{3n}{2(1-e^2)} \sum_{i=1}^2 \frac{\omega_i^2 k_{2i}}{2\rho_i} a_i^2 \left(1 - \frac{3}{2} \text{sen}^2(\theta_i + i) - \frac{1}{2} \text{sen} 2(\theta_i + i) \text{tag} \frac{i}{2}\right) \quad (2.2.32)$$

donde los  $a_i$  vienen dados por  $R_i/A$ .

Debemos añadir una nota interesante respecto a los argumentos angulares  $\theta_i$  y  $i$  que aparecen en la ecuación (2.2.32). Si el plano ecuatorial de las dos componentes coincide con el plano orbital, los dos ángulos serán nulos y por lo tanto, la expresión (2.2.32) se reducirá a la fórmula conocida. Debido al signo negativo que llevan, su contribución hará que la línea de los ápsides retroceda si estos ángulos son distintos de cero. Volveremos a este curioso

tema cuando tratemos de las comparaciones entre los valores observados y los teóricos de  $k_2$ .

Respecto a la contribución proveniente de las mareas, si no tenemos en cuenta los efectos de la viscosidad, tendremos que las ecuaciones de Lagrange conducirán a la siguiente expresión

$$\frac{d\bar{\omega}}{dt} = 2\mu\sqrt{1-e^2} \frac{1}{neA^3} \sum_{i=1}^2 \frac{m_{3-i}}{m_i} \sum_{j=2}^4 (j+1)k_{ji}X_o^{-(2j+3),1} a_i^{2j+1} \quad (2.2.33)$$

La tasa total de avance de la línea de los ápsides será la suma de las contribuciones rotacional y por mareas. Un concepto operativo bastante útil es la tasa de avance apsidal por ciclo del período orbital  $P$

$$\frac{\Delta\bar{\omega}}{2\pi} = \frac{P}{U} = \frac{1}{n} \left( \left( \frac{d\bar{\omega}}{dt} \right)_r + \left( \frac{d\bar{\omega}}{dt} \right)_m \right) \quad (2.2.34)$$

donde las derivadas de  $\bar{\omega}$  respecto al tiempo vienen dadas por las ecuaciones (2.2.32) y (2.2.33) y  $U$  es el período de revolución de la línea de los ápsides.

Hemos obtenido pues las expresiones que relacionan los cambios con el tiempo de los elementos orbitales (en este caso, de la longitud del periaastro) en función de las masas, radios relativos, velocidades angulares y de los parámetros de concentración interna ( $k_{ji}$ ). Con excepción de estos últimos, todas las demás variables del problema se pueden medir. La tasa de variación de la longitud del periaastro  $\bar{\omega}$  (o en su caso, de la posición del periaastro  $\omega$ , si  $d\Omega/dt$  es cero) también se puede medir. A través de una media apropiada, se podrán obtener informaciones valiosas sobre los interiores del par de estrellas como veremos más adelante.

### 2.2.2 Efectos relativistas

La curvatura del espacio en las cercanías de un cuerpo muy masivo actúa también sobre los elementos orbitales provocando un avance de la línea de los ápsides. Una confirmación bastante conocida de este efecto es el avance del perihelio del planeta Mercurio en sus revoluciones alrededor del Sol.

Tal corrección no depende de las distorsiones por rotación y/o marea. Cuando comparemos las observaciones con los valores teóricos de  $k_2$  será preciso corregir  $(d\bar{\omega}/dt)_{obs}$  de la contribución relativista de forma que esta quede restada.

Si  $U'$  denota el período de revolución de la línea de los ápsides, entonces la corrección vendrá dada por (Levi-Civita, 1937; Kopal, 1978)

$$\frac{P}{U'} = 6.35 \times 10^{-6} \frac{m_1 + m_2}{A(1 - e^2)} \quad (2.2.35)$$

si el semi-eje mayor de la órbita y las  $m_{12}$  se dan en unidades solares.

Tales correcciones resultan ser normalmente pequeñas pero para algunos casos especiales donde los efectos de marea y de rotación son pequeños (VV Pyx, V1143 Cyg, DI Her, etc) estas son bastante significativas.

Los efectos de segundo orden (términos con  $c^{-4}$ ) para el efecto relativista no son importantes en el nivel de precisión actual y se pueden despreciar (Giménez y Costa, 1980).

### 2.2.3 Efectos de un tercer cuerpo y permeabilidad del medio circumestelar

Es un hecho bien conocido que una parte importante de sistemas binarios pertenece a sistemas triples o de más componentes. La presencia de una tercera estrella cerca de un sistema binario puede perturbar mucho su órbita y uno de los elementos orbitales más sensibles es la longitud del periastro.

Obviamente, éste es un problema bastante complejo (ver Martynov, 1948; Kopal, 1959, 1967). La técnica comúnmente utilizada se basa en la teoría lunar porque los dos problemas son muy semejantes. Una característica del problema estelar es que al contrario que el problema lunar, los tres cuerpos involucrados tienen masas comparables.

Slavenas (1927) al estudiar dicho problema hizo dos hipótesis simplificadas, a saber: las órbitas están en un mismo plano y la órbita del tercer cuerpo es circular. Llamando  $U''$  al período de revolución de la línea de los ápsides,  $P$



al periodo del sistema cuyas componentes están más cercanas y  $P'$  al periodo del sistema separado, Slavenas obtuvo:

$$\frac{P'}{U''} = \frac{0.75m_1}{m_1 + m_2 + m_3} \left( \frac{P}{P'} \right)^2 \quad (2.2.36)$$

Siendo  $P/P'$  del orden de  $10^{-2} - 10^{-3}$  y evaluando las masas de las estrellas como iguales, resulta que  $P/U''$  será del orden de  $10^{-4} - 10^{-5}$ . Tal valor implica que la tasa de avance de la línea de los ápsides es del mismo orden que la proveniente de otras causas.

Lyttleton (1934) y Brown (1936, 1937) estudiaron el problema suponiendo una cierta inclinación entre las dos órbitas. Este último, incluso introdujo la posibilidad de que la órbita de la tercera estrella fuera elíptica. El efecto neto de estas mejoras es que la contribución, dada por la ecuación (2.2.36) es algo menor. La línea de los nodos  $\Omega$  también retrocede debido a la presencia de un tercer cuerpo con una velocidad del orden de la dada por la ecuación (2.2.36). De la definición de la longitud del periastro ( $\bar{\omega}$ ) se ve que ésta tendrá una velocidad dos veces mayor que la dada por la ecuación (2.2.36).

Martynov (1948) obtuvo una expresión parecida a la (2.2.36) pero con términos de orden superior

$$\frac{P}{U'} = \frac{0.75m_3}{m_1 + m_2 + m_3} \left( \frac{P}{P'} \right)^2 + \frac{225}{32} \frac{m_3^2}{(m_1 + m_2 + m_3)^2} \left( \frac{P}{P'} \right)^3 \quad (2.2.37)$$

Considerando las dos órbitas excéntricas ( $e$  y  $e'$ ) y que forman entre sí un ángulo  $i$ , encontró que

$$\frac{P}{U'} = 2a \left( 1 - \frac{e^2}{2} + \frac{3}{2} e'^2 - 2tag^2i \right) + 50a^2 \quad (2.2.38)$$

donde

$$a = \frac{3}{8} \frac{m_3}{m_1 + m_2 + m_3} \left( \frac{P}{P'} \right)^2 (1 - e^2)^{-\frac{3}{2}} \quad (2.2.39).$$

El período de revolución de la línea de los nodos resultó ser



$$\frac{P}{U''} = 2a \left( 1 + 2e^2 + \frac{3}{2}e'^2 - \frac{1}{2} \text{tag}^2 i \right) - 2a^2 \quad (2.2.40)$$

Finalmente, Kopal (1959, 1967) utilizando otro formalismo demostró que la posición del periastro oscila con un período del mismo orden que el movimiento apsidal para el caso de órbitas coplanares. Dicho de otra forma, el valor observado de  $U$  puede disminuir o aumentar implicando que el  $k_{2obs}$  pueden ser mayor o menor. Si la mayor parte de los sistemas triples fueran coplanares, los valores de  $k_{2obs}$  serían sistemáticamente sobrestimados. Sin embargo, no hay evidencia observacional de que las órbitas sean coplanares. Respecto a posibles grandes inclinaciones relativas, esto implicaría movimientos apsidales retrógrados, hecho jamás observado.

Otro efecto que puede influenciar la tasa de avance de la línea de los apsidés es que el sistema esté inmerso en un medio material caracterizado por una densidad  $\sigma$ . De hecho la resistencia en sí no aporta variación alguna a  $\dot{\omega}_{obs}$  (Smart, 1953), pero la presencia de materia entre las dos componentes modifica la atracción gravitatoria mutua. Si además, la órbita es elíptica, esta atracción variará dependiendo de la posiciones relativas de las estrellas. La ecuación que rige el cambio (recesión) de la línea de los ápsides tiene la forma (Hadjidemetriou, 1967)

$$\Delta\omega = -\frac{4\pi G}{c^2} r^4 \text{sen}^2 v dv \quad (2.2.41)$$

donde todos los símbolos anteriores ya fueron definidos en otros apartados. Si la densidad es constante y la excentricidad es pequeña la ecuación (2.2.41) se puede escribir como

$$\Delta\omega = -GP^2\sigma \quad (2.2.42)$$

o

$$\frac{P}{U'''} = -\frac{GP^2\sigma}{2\pi} \quad (2.2.43)$$

si  $U'''$  es el período del movimiento apsidal debido a este efecto.

Sustituyendo valores típicos en la ecuación (2.2.43) se obtiene que

$$\sigma \approx 10^{-2} P/U''' g/cm^3 \quad (2.2.44)$$

Para valores típicos de los períodos involucrados, se encuentra que para obtener un 1 por cien en la tasa de regresión, se necesitarían densidades del orden de  $10^{-8}$  que está muy por encima de las densidades típicas del medio circumestelar (Batten, 1973).

Estudiaremos cuando analicemos la comparación entre teoría y observación otros efectos que pueden afectar a los valores de la tasa de avance del periastro.

#### **2.2.4 Tiempos de mínimo, curvas de luz, espectroscopía y dimensiones absolutas**

No reproduciremos detalladamente aquí todos los requisitos necesarios para que se pueda estudiar un sistema binario eclipsante que tenga movimiento apsidal. Una buena discusión sobre este tema se puede encontrar en Giménez (1981b). Esquemáticamente, tendremos que los criterios básicos de restricción son los siguientes (Giménez, 1981a):

1- Los eclipses deben ser claros y profundos dada la precisión necesaria para la determinación de los tiempos de mínimos.

2- Las dos componentes del sistema deben estar dentro de sus respectivas superficies de Roche. Por ejemplo, no se considerarán estrellas tipo Algol. Los sistemas que sufran cualquier tipo de pérdida de masa o que tengan anillos o cualquier otro fenómeno que pueda influenciar dinámicamente el sistema tampoco se considerarán.

3- Se deberán rechazar toda clase de perturbaciones que no sean las específicas del problema. Sistemas en la Pre-Secuencia, con componentes pulsantes, con tercer cuerpo o que sufran variaciones muy violentas en el período tampoco serán considerados.

4- Los tiempos de mínimo correspondientes a los eclipses primario y secundario, han de seguir variaciones periódicas con un desfase de 180 grados. La excentricidad debe ser mayor o del orden de  $0.01\pi/P$ .

5- Eliminación de los sistemas cuyas contribuciones relativistas sean significativas comparadas con la de marea y de rotación.

La obtención de la tasa de variación de la línea de los ápsides con el tiempo no es una tarea sencilla desde el punto de vista observacional. Desde luego, los sistemas analizados deben ser tales que sus parámetros (masa,  $\log g$ ,  $\log T_{ef,e}$ , etc) estén dentro de un margen de error bastante pequeño. Esto implica tener en cuenta solo curvas de luz con alto grado de fiabilidad, siendo lo mismo válido para las observaciones espectroscópicas (incluyendo curvas de velocidades radiales). Solamente con estas dos clases de observaciones es posible obtener dimensiones absolutas suficientemente exactas como para proceder a una comparación detallada con modelos teóricos de evolución.

Deseando, como es nuestro caso, obtener además el valor de la constante de estructura interna, son necesarias medidas en los tiempos de mínimos con un precisión mejor que 0.0001 días. Giménez y García-Pelayo (1983) desarrollaron un método para el análisis de tiempos de mínimos que tiene en cuenta términos hasta el quinto orden en la excentricidad combinando dominios en el espacio del tiempo y de las frecuencias. Dicho método se ha utilizado en todos los sistemas de nuestra muestra observacional para garantizar una homogeneidad en el análisis.

Como hemos visto, tanto la contribución debida a la rotación como la debida a las marea (ecuaciones (2.2.32) y (2.2.33)) dependen fuertemente de los radios relativos de las estrellas (quinta potencia). Esto refuerza aún más el hecho de que la calidad de las curvas de luz debe ser alta. Específicamente en el caso de la contribución rotacional, se precisa conocer las velocidades de rotación con una buena precisión. Estos tipos de observaciones son bastante difíciles de hacer y aún en el caso de que estén disponibles, se refieren siempre a la atmósfera pudiendo haber desacoplamiento entre la atmósfera y el núcleo.

Todas estas restricciones naturalmente, limitan mucho el número de sistemas que se pueden analizar sin riesgo de introducir errores sistemáticos. En este trabajo, solamente los sistemas que cumplen totalmente los requisitos serán objeto de investigación aunque se introducirán también unos pocos que los cumplen parcialmente.

Otra gran dificultad en obtener  $\omega_{obs}$  estriba en que los períodos de rotación de la línea de los ápsides son generalmente altos, observándose normalmente un sistema dado solamente durante una fracción pequeña de dichos períodos.



### 2.2.5 Cálculo de los errores

En este apartado se llevan a cabo las definiciones de las variables involucradas en la comparación entre teoría y observación, así como el cálculo de los errores observacionales y teóricos en su caso. Los radios y masas están en unidades solares, el período en días, las velocidades en Km/s y la gravedad superficial en unidades cgs.

Para el semi-eje mayor de la órbita  $A$ , para los radios  $R_i$ , para la razón de radios  $k$  y para la razón de masas  $q$  tendremos, respectivamente,

$$A = 4.2067[(m_1 + m_2)P^2]^{\frac{1}{3}} \quad (2.2.45)$$

$$\Delta A = \frac{A}{3} \left[ \frac{(\Delta m_1^2 + \Delta m_2^2)^{\frac{1}{2}}}{m_1 + m_2} + \frac{2\Delta P}{P} \right] \quad (2.2.46)$$

$$R_i = Ar_i \quad (2.2.47)$$

$$\Delta R_i = R_i \left( \frac{\Delta r_i}{r_i} + \frac{\Delta A}{A} \right) \quad (2.2.48)$$

donde los  $r_i$  son los radios relativos.

$$k = \frac{r_2}{r_1} \quad (2.2.49)$$

$$\Delta k = k \left( \frac{\Delta r_1}{r_1} + \frac{\Delta r_2}{r_2} \right) \quad (2.2.50)$$

$$q = \frac{m_2}{m_1} \quad (2.2.51)$$

$$\Delta q = q \left( \frac{\Delta m_1}{m_1} + \frac{\Delta m_2}{m_2} \right) \quad (2.2.52).$$



Los logaritmos de la gravedad superficial vendrán dados por

$$\log g_i = 4.43755 + \log m_i - 2 \log R_i \quad (2.2.53)$$

$$\Delta \log g_i = 0.4343 \left[ \left( \frac{\Delta m_i}{m_i} \right)^2 + 4 \left( \frac{\Delta R_i}{R_i} \right)^2 \right] \quad (2.2.54)$$

Hemos mencionado anteriormente la posibilidad de promediar los valores de las constantes de estructura interna  $k_{2i}$  y relacionar tal valor medio con el valor observacional de  $\dot{\omega}$ . De hecho, no es posible separar los efectos de una y otra estrella en el valor de  $\bar{k}_{2obs}$ . Así, tendremos

$$\frac{P}{U} = c_{21} k_{21} + c_{22} k_{22} \quad (2.2.55)$$

Si tenemos en cuenta la ecuación (2.2.34) se verificará que los  $c_{2i}$  vendrán dados por

$$c_{2i} = \left[ \left( \frac{\omega_i}{\omega_K} \right)^2 \left( 1 + \frac{m_{3-i}}{m_i} \right) f(e) + \frac{15m_{3-i}}{m_i} \frac{(8 + 12e^2 + e^4)f(e)^{2.5}}{8} \right] \left( \frac{R_i}{A} \right)^5 \quad (2.2.56)$$

donde

$$f(e) = (1 - e^2)^{-2} \quad (2.2.57)$$

de donde se ve claramente que el primer término en la ecuación (2.2.56) es debido a la rotación mientras que el segundo proviene de las mareas. Los respectivos errores serán

$$\Delta c_{2i} = 5c_{2i} \frac{\Delta r_i}{r_i} \quad (2.2.58)$$

Hay también contribuciones de orden superior (7 y 9) en los radios relativos que se pueden despreciar dados sus pequeños valores.

Los valores promedios de la constante de estructura interna (que serán posteriormente comparados con los teóricos) se evalúan utilizando la siguiente fórmula

$$\bar{k}_{2obs} = \frac{1}{c_{21} + c_{22}} \frac{P}{U} \quad (2.2.59)$$

y si  $\dot{\omega}_{obs}$  viene dado en grados por ciclo

$$\bar{k}_{2obs} = \frac{1}{360(c_{21} + c_{22})} \dot{\omega}_{obs} \quad (2.2.60)$$

Para la corrección relativista vista anteriormente, el correspondiente error viene dado por

$$\Delta\dot{\omega}_{rel} = \dot{\omega}_{rel} \left[ \frac{\Delta A}{A} + \frac{(\Delta m_1^2 + \Delta m_2^2)^{\frac{1}{2}}}{m_1 + m_2} + \frac{2(\Delta e)^2}{1 - e^2} \right] \quad (2.2.61)$$

Los valores medios de algunas variables tales como log g, m, R, etc se calculan por ecuaciones similares a la ecuación (2.2.59). Sea X esta variable. Entonces

$$\bar{X} = \frac{c_{21}X_1 + c_{22}X_2}{c_{21} + c_{22}} \quad (2.2.62)$$

y sus respectivos errores se calculan según su definiciones. La ecuación (2.2.62) resulta muy útil como veremos más tarde para sistematizar la dependencia de discrepancias entre modelos y observaciones con las distintas variables observadas.

Para los errores teóricos cometidos durante el proceso de interpolación, hemos tenido en cuenta las contribuciones de los errores en log g y también en la masa. Por ejemplo: supongamos que calculamos por interpolación un modelo evolutivo específico a partir de su masa. La masa observada estará afectada de errores. Siendo así, calculamos dos modelos con masas  $m \pm \Delta m$ . Las diferencias encontradas entre estos dos modelos y el original en las diversas variables serán entonces los errores teóricos debidos al error en la masa. Lo mismo valdrá en el caso del logaritmo de la gravedad superficial.

## 2.3 Comparación con las observaciones

### 2.3.1 La Muestra Observacional

Nuestra red de modelos evolutivos ha sufrido a lo largo del tiempo bastante cambios (Claret y Giménez, 1988; Giménez y Claret, 1988; Claret y Giménez, 1989a, 1989b, 1991a, 1991b, 1991f) por la introducción de crecientes grados de complejidad con el fin de mejorar significativamente el acuerdo con las observaciones de alta calidad de binarias eclipsantes. Hicimos comparaciones también con otra clase de estrellas, las  $\delta$  Sct de alta amplitud, cuyos resultados pueden ser considerados muy buenos pues las masas deducidas de la red estaban bastante cerca de las masas predichas por la teoría de pulsación (Claret *et al.*, 1991a; Walraven, 1990). Esta muestra se amplió con cuatro estrellas más (Claret *et al.*, 1991b) presentando también muy buenos resultados. Por otro lado, Andersen y Clausen (1989) utilizaron también nuestros modelos para compararlos con los datos observacionales del sistema EM Car y los resultados fueron considerados bastante satisfactorios.

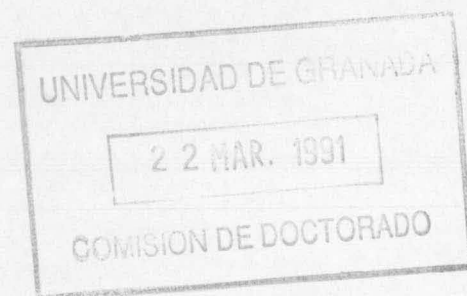
Para la comparación directa con estrellas binarias eclipsantes que presentan movimiento apsidal hemos elegido sistemas que, dentro de lo disponible actualmente, presentan las determinaciones más fiables de los parámetros estelares. Nuestra muestra final se compone de 23 sistemas cuyas principales características están en la Tabla 2.3.1. De acuerdo con lo expuesto en el apartado anterior, las hemos dividido en tres categorías:

Grupo I - Elementos fotométricos y espectroscópicos de alta calidad.

Grupo II - Elementos fotométricos y espectroscópicos de mediana calidad. Errores evaluados para las masas y/o temperaturas efectivas.

Grupo III - Masas obtenidas por ajustes a modelos teóricos de parámetros superficiales.

En la bibliografía correspondiente (Apendice A) se puede encontrar más detalles respecto a estos sistemas.



### 2.3.2 Comparación entre los coeficientes de estructura interna observados y teóricos

Hemos el siguiente esquema para considerar que un sistema binario es apto para la comparación planteada en este estudio:

- 1- Las dos estrellas del sistema deben estar en la misma isocrona
- 2- Las temperaturas efectivas observadas de las dos componentes deben estar en buen acuerdo con las teóricas

En (1) hemos supuesto que ambas estrellas de un sistema binario tienen la misma edad, como parece lógico, e imponemos que modelos reproduzcan bien el grado evolutivo de las mismas. En la condición (2) estamos comprobando que se reproducen bien los parámetros radiativos con los modelos utilizados y que, por lo tanto es válida la composición química adoptada.

Si las estrellas analizadas cumplen los dos requisitos anteriores podemos proceder a la comparación en sí misma con el siguiente esquema de trabajo:

- 1- Las velocidades rotacionales observadas se utilizarán para el cálculo de  $k_{2obs}$  siempre que estén disponibles. Para aquellos sistemas para los cuales estas velocidades no han sido observadas, se utilizará la aproximación de Kopal (1978) para  $\omega_i/\omega_K$ .
- 2- Se comparan de  $\log k_{2obs}$  con los de  $\log k_{2teo}$  para cada sistema
- 3- Analizamos posibles correlaciones entre las desviaciones obtenidas en el paso 2 con las variables observadas ( $\log g$ ,  $\log R$ , etc) para buscar las causas del desacuerdo si existiera.



Tabla 2.3.1

Sistemas con Rotación de Apsides											
Nombre	$m_1$	$m_2$	$r_1$	$r_2$	$e$	$\dot{\omega}$	P	$T_{ef1}$	$T_{ef2}$	$V_{r1}$	$V_{r2}$
GG Lup I	4.246 0.102	2.552 0.068	0.2020 0.0020	0.1470 0.0020	0.1480 0.0020	0.0204 0.0070	1.84950	4.146 0.016	4.061 0.019		
OX Cas I	7.20 0.50	6.30 0.50	0.256 0.016	0.2304 0.017	0.043 0.002	0.0672 0.0007	2.48931	4.380 0.054	4.373 0.055		
CW Cep I	11.86 0.10	11.14 0.10	0.2371 0.0010	0.2063 0.0010	0.0293 0.0006	0.05902 0.00080	2.72959	4.447 0.025	4.431 0.025	132.	138.
AG Per I	4.52 0.07	4.12 0.07	0.2016 0.0100	0.1814 0.0100	0.0707 0.0020	0.02626 0.0002	2.02873	4.204 0.025	4.182 0.025	95.	71.
QX Car I	9.27 0.12	8.48 0.12	0.1440 0.0030	0.1360 0.0030	0.2780 0.0030	0.0122 0.0002	4.47813	4.377 0.009	4.354 0.010	120.	110.
V1647 Sgr I	2.19 0.04	1.97 0.03	0.1226 0.0010	0.1116 0.0010	0.4130 0.0005	0.0055 0.0001	3.28285	3.982 0.014	3.959 0.014	80.	70.
V760 Sco I	4.98 0.09	4.62 0.07	0.2340 0.0050	0.2050 0.0060	0.0265 0.0010	0.0430 0.0017	1.73114	4.228 0.013	4.212 0.013	96.	86.
V451 Oph I	2.78 0.06	2.36 0.05	0.2155 0.0020	0.1655 0.0020	0.0125 0.0015	0.0120 0.0007	2.19667	4.033 0.032	3.991 0.022	41.	30.
EM Car I	22.89 0.32	21.42 0.33	0.2771 0.0050	0.2474 0.0045	0.0120 0.0005	0.0810 0.0100	3.41505	4.531 0.026	4.531 0.026	150.	130.
CO Lac I	3.13 0.30	2.75 0.30	0.230 0.001	0.210 0.002	0.0270 0.0020	0.03590 0.0040	1.54221	4.055 0.05	4.04 0.05		
PV Cas I	2.71 0.05	2.76 0.05	0.2040 0.0060	0.2140 0.0050	0.0322 0.0005	0.0189 0.0015	1.75056	4.00 0.010	4.00 0.010	65.	65.
Y Cyg I	16.70 0.40	16.70 0.40	0.2100 0.0100	0.2100 0.0100	0.1456 0.0010	0.0621 0.0002	2.99685	4.485 0.025	4.485 0.025	137.	121.
V453 Cyg I	14.50 1.20	11.30 1.00	0.2910 0.0050	0.1790 0.0050	0.0200 0.0050	0.0539 0.0022	3.89041	4.470 0.015	4.445 0.015	107.	97.
V477 Cyg I	1.78 0.12	1.34 0.07	0.1438 0.0020	0.1191 0.0010	0.3070 0.0030	0.0066 0.0002	2.34698	3.936 0.025	3.837 0.025	64.	50.
U Oph I	5.16 0.10	4.60 0.06	0.2690 0.0030	0.2370 0.0070	0.0031 0.0003	0.0779 0.0012	1.67772	4.204 0.002	4.179 0.002	107.	87.
RU Mon I	3.60 0.40	3.33 0.30	0.1360 0.0040	0.1290 0.0040	0.3850 0.0300	0.01014 0.0004	3.58465	4.11	4.10		
V380 Cyg II	14.30 0.60	8.00 0.30	0.2660 0.0030	0.0690 0.0020	0.2200 0.0100	0.0082 0.0009	12.42589	4.362 0.020	4.373 0.020	102.	41.
HR 7551 II	23.50 1.00	11.70 0.50	0.2570 0.0200	0.0830 0.0080	0.3150 0.0150	0.00682 0.00050	13.37389	4.498	4.332	135.	30.
$\alpha$ Vir II	10.80 1.30	6.80 0.90	0.2940 0.0180	0.1510 0.0260	0.1300 0.0100	0.02826 0.00148	4.01452	4.39 0.040	4.235 0.060		
V346 Cen III	11.80 1.40	8.40 0.80	0.2110 0.0040	0.1070 0.0020	0.2880 0.0030	0.0194 0.0010	6.32237	4.423 0.016	4.38 0.018	166.	141.
ZETA Phe III	3.93 0.045	2.55 0.026	0.2585 0.0010	0.1680 0.0020	0.0113 0.0020	0.0373 0.0055	1.66994	4.158 0.024	4.079 0.022	85.	75.
GL Car III	13.50 1.00	13.00 1.00	0.2204 0.0060	0.2094 0.0060	0.1457 0.0010	0.0947 0.0001	2.42287	4.476 0.007	4.468 0.007	141.	134.
NO Pup III	2.88 0.10	1.50 0.05	0.2530 0.0100	0.1770 0.0100	0.1255 0.0010	0.0333 0.0002	1.25699	4.08	3.90		

Con el fin de homogeneizar nuestra muestra observacional para las primeras comprobaciones del esquema establecido anteriormente hemos incluido también sistemas relativistas para homogeneizar nuestra muestra (ver Apendice a). La Figura 2.3.1 muestra las edades deducidas para las dos componentes de cada sistema. En ella se puede ver que el acuerdo para las estrellas del grupo I es bastante bueno. Sin embargo, las estrellas del grupo II (V380 Cyg, HR 7551,  $\alpha$  Vir y OX Cas) están bastante fuera de lo esperado para que un sistema pueda ser encuadrado en nuestro esquema. Las otras estrellas tienen un comportamiento que se puede considerar bastante satisfactorio dado que el rango de edades y de masas involucradas es bastante extenso.

Un diagrama de bastante importancia se presenta en la Figura 2.3.2 (no hemos incluido ya los sistemas del grupo II por no cumplir la condición anterior) que representa las temperaturas efectivas observadas y las predichas teóricamente. Se puede ver claramente que hay un acuerdo bastante bueno y que no se ha detectado ningún comportamiento sistemático. Este hecho es bastante importante dado que el rango de masas involucrado es muy extenso y demuestra que nuestro modelo se comporta bien independientemente de las masas en cuestión. Además confirma lo adecuado de nuestra elección de la composición química inicial  $(X, Z) = (0.70, 0.02)$  y la validez de las opacidades adoptadas. Las estrellas del grupo II podrían recuperarse quizás modificando estas hipótesis de los modelos.

Como no todas las estrellas de nuestra muestra tienen determinaciones de velocidades rotacionales, se decidió, antes de adoptar una u otra aproximación posible para la relación  $\omega_i/\omega_K$  usada en el cálculo de la contribución de la rotación en  $k_2$ , comparar los valores observacionales con los predichos si las estrellas estuvieran sincronizadas en el periastro. Esta relación, según Kopal (1978) se puede escribir como:

$$\omega_{P_i}^2 = \frac{(1+e)}{(1-e)^3} \omega_K^2 \quad (2.3.1)$$

donde hemos adoptado  $\omega_i \equiv \omega_{P_i}$ , siendo  $\omega_{P_i}$  la velocidad angular en el tiempo de paso por el periastro y  $\omega_K$  la velocidad angular kepleriana. Los resultados están en la Figura 2.3.3. Si tomamos aquellos sistemas con buena determinación de elementos absolutos, dentro de los errores observacionales, se puede considerar que gran parte de nuestra muestra se comporta como si las estrellas estuvieran pseudo-sincronizadas. Esto significa que podemos adoptar, cuando la correspondiente velocidad no esté disponible, los valores teóricos según la ecuación (2.3.1). Un sistema que se desvía notablemente de la pseu-

dosincronización es V346 Cen. Los errores en las velocidades rotacionales para este sistema son bastante significativos (Giménez *et al.*, 1986).

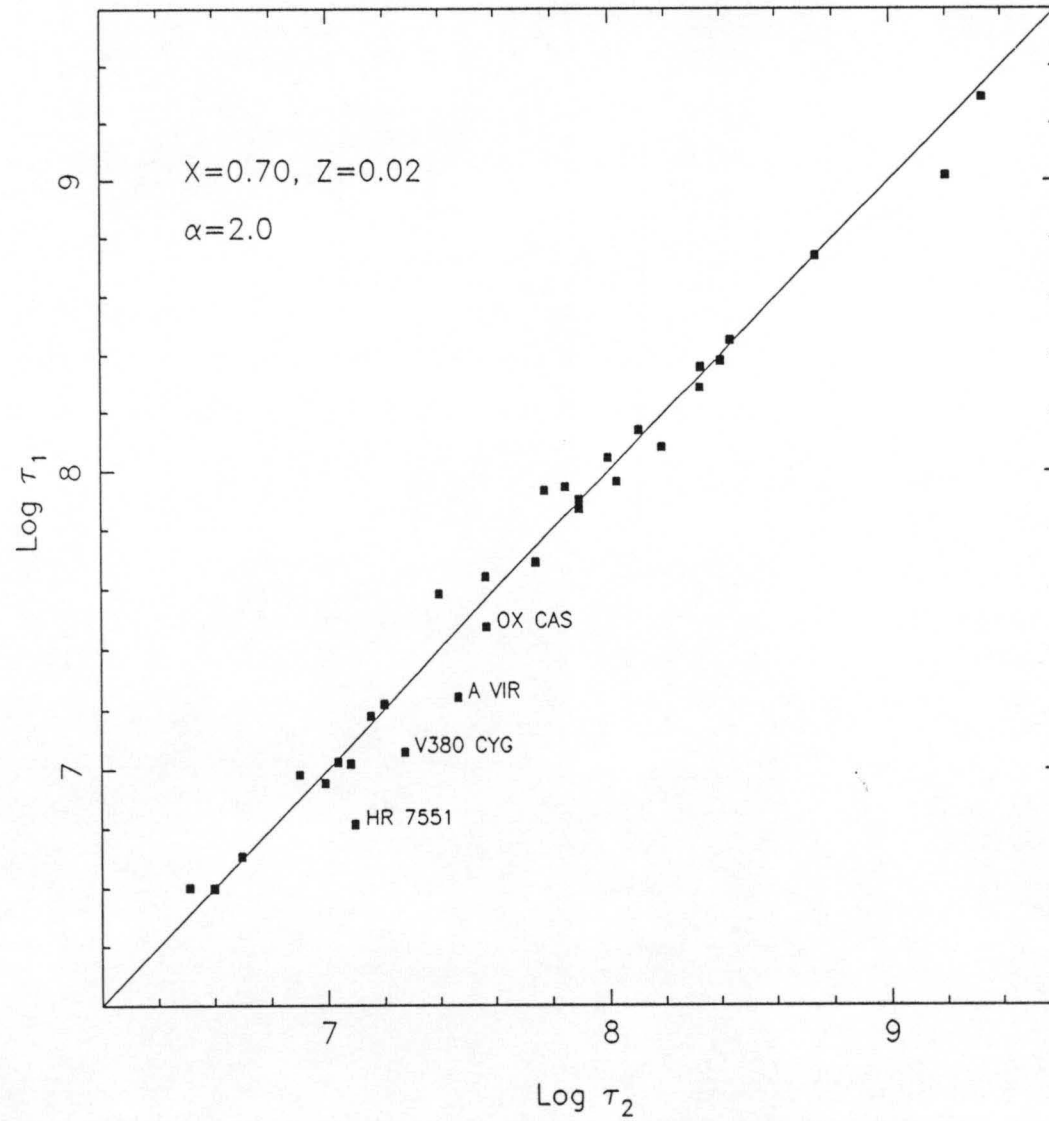


Figura 2.3.1 Edades de los sistemas derivadas del modelo convencional.



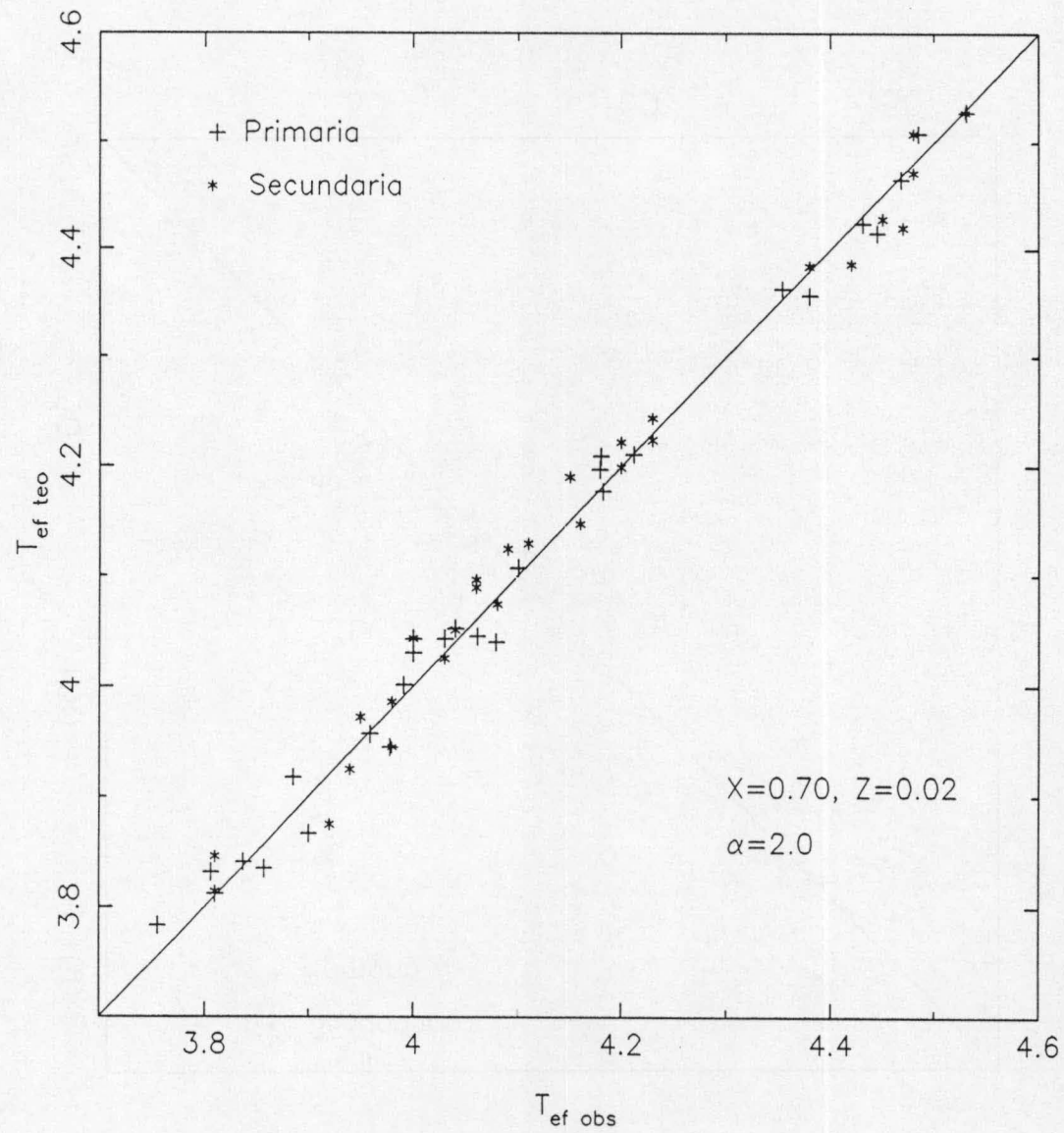


Figura 2.3.2 Temperaturas efectivas observadas y teóricas. Las cruces se refieren a las primarias y los asteriscos a las secundarias.

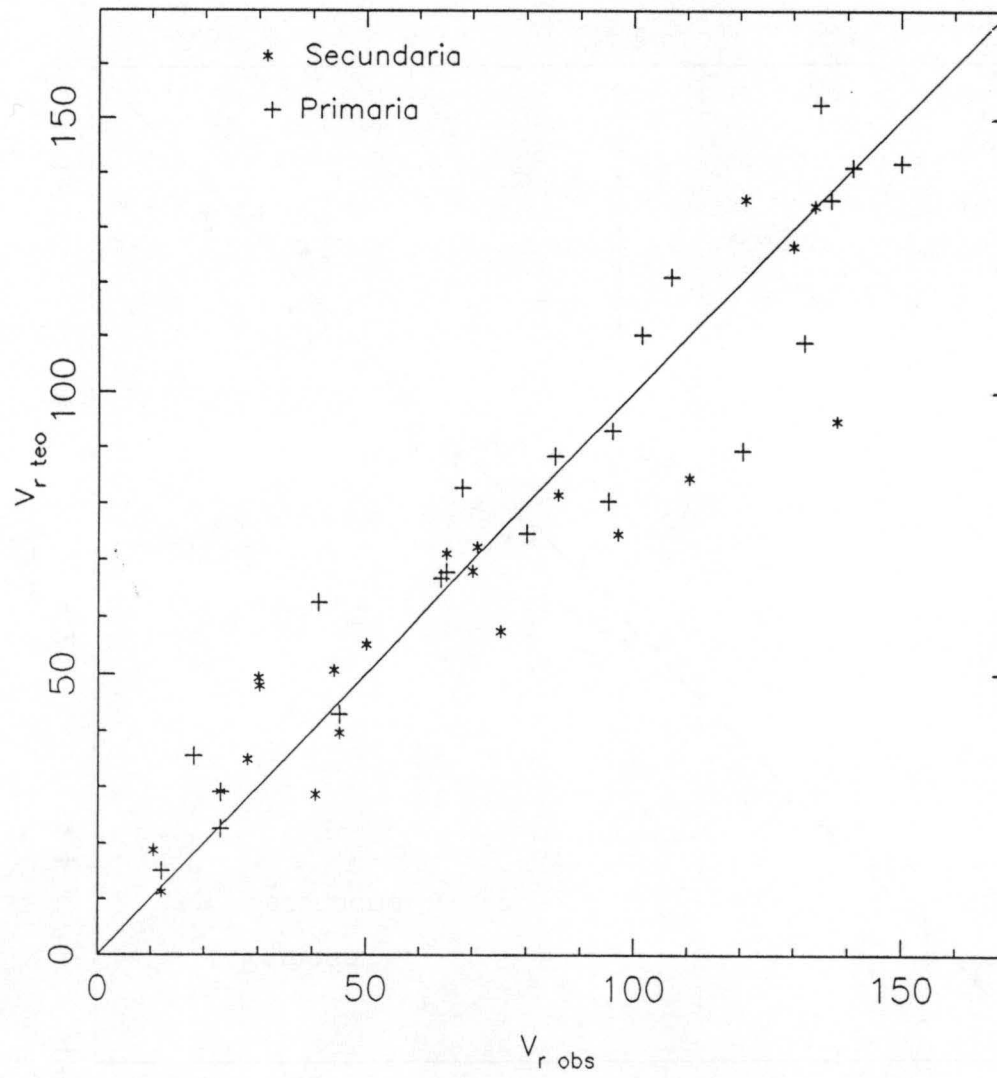


Figura 2.3.3 Velocidades rotacionales observadas y teóricas (en el periastro). La notación es la misma de la Figura 2.3.2

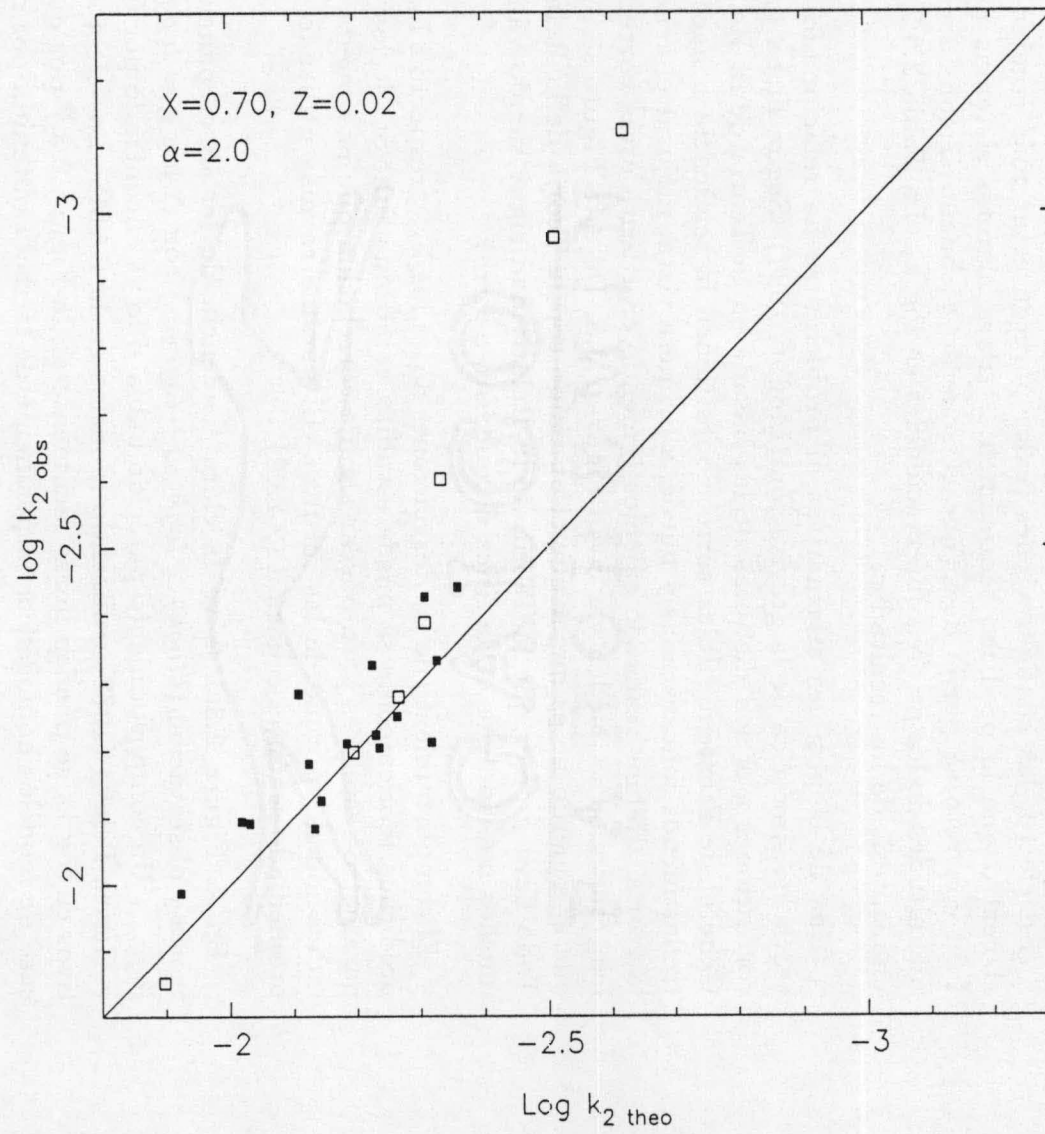


Figura 2.3.4 Las constantes de estructura interna observadas y teóricas. Nótese el efecto sistemático en  $\log k_2$ . Los cuadrados vacíos representan sistemas "problemáticos".

El siguiente paso en nuestra investigación será la comparación entre los  $\log k_{2obs}$  y  $\log k_{2teo}$ . Para llevarla a cabo ha sido necesario antes, como hemos visto anteriormente (apartado 2.2.2), corregir de la contribución relativista. La Figura 2.3.4 muestra la comparación. Los efectos sistemáticos siguen existiendo aunque en menor grado que anteriormente (Giménez y García-Pelayo, 1982) debido a las mejoras introducidas en el modelo de evolución y también en la calidad de las observaciones.

En efecto, las configuraciones reales parecen estar más condensadas en el centro que lo predicho teóricamente. Para algunos sistemas del grupo I en concreto se puede decir que el acuerdo es bueno si consideramos las magnitudes de los errores observacionales en  $\log k_2$ . La Tabla 2.3.2 muestra una síntesis de los resultados.

Una de las posibles alternativas al problema se ha relacionado con una teoría no simétrica de la gravitación (Moffat, 1984). Según dicha teoría, las correcciones a  $\dot{\omega}$  son distintas de las basadas en la Teoría de la Relatividad General de Einstein. Tales correcciones tienen la tendencia a hacer las estrellas menos concentradas y puede, a primera vista, mejorar el acuerdo con la teoría. Hemos realizado cálculos teniendo en cuenta estas correcciones y los resultados se pueden ver en la Figura 2.3.5. De esta Figura se puede ver que el acuerdo no es mejor que el obtenido con la Teoría de la Relatividad. Todo lleva a creer que la Teoría de la Relatividad sigue siendo válida (hay muchos más indicios en la física de que esto ocurre).

El comportamiento de las desviaciones de los  $\log k_{2obs}$  respecto a los valores predichos teóricamente se puede estudiar como una función de los diversos parámetros estelares para buscar alguna correlación que nos pueda dar una indicación del porqué de las mismas. El parámetro más utilizado es  $\log g$  promediado según la ecuación (2.2.62).

En la Figura 2.3.6 se ve la clara tendencia de las discrepancias entre teoría y observación ( $\delta \log k_2 \equiv \overline{\log k_{2obs}} - \overline{\log k_{2teo}}$ ) con  $\Delta \log g = \overline{\log g_{ZAMS}} - \overline{\log g_{obs}}$ . Un comportamiento parecido había sido ya encontrado por Giménez y García-Pelayo (1982) utilizando modelos en la ZAMS. Los efectos evolutivos en  $\log k_2$  se pueden notar fácilmente en la Figura 2.3.7 por que, en el caso de modelos homogéneos la pendiente de la recta obtenida por mínimos cuadrados es mayor que en el caso de tener en cuenta la evolución de  $k_2$  (ver Figura 2.3.6). Las diferencias entre  $\log k_{2obs}$  y  $\log k_{2ZAMS}$  definen  $\Delta \log k_2$ .



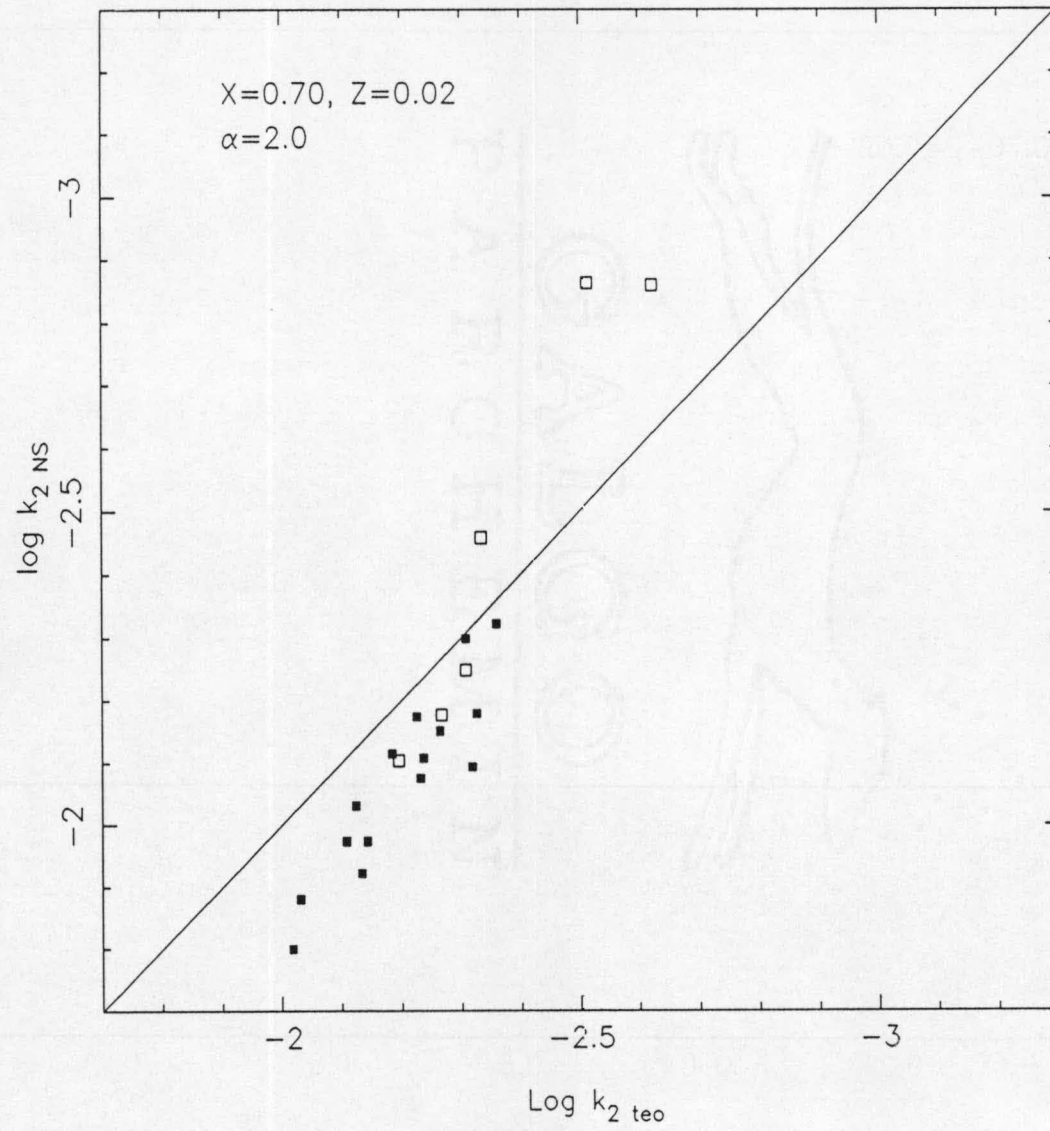


Figura 2.3.5 Comparación entre las constantes de estructura interna utilizando Moffat la teoría simétrica y las teóricas.

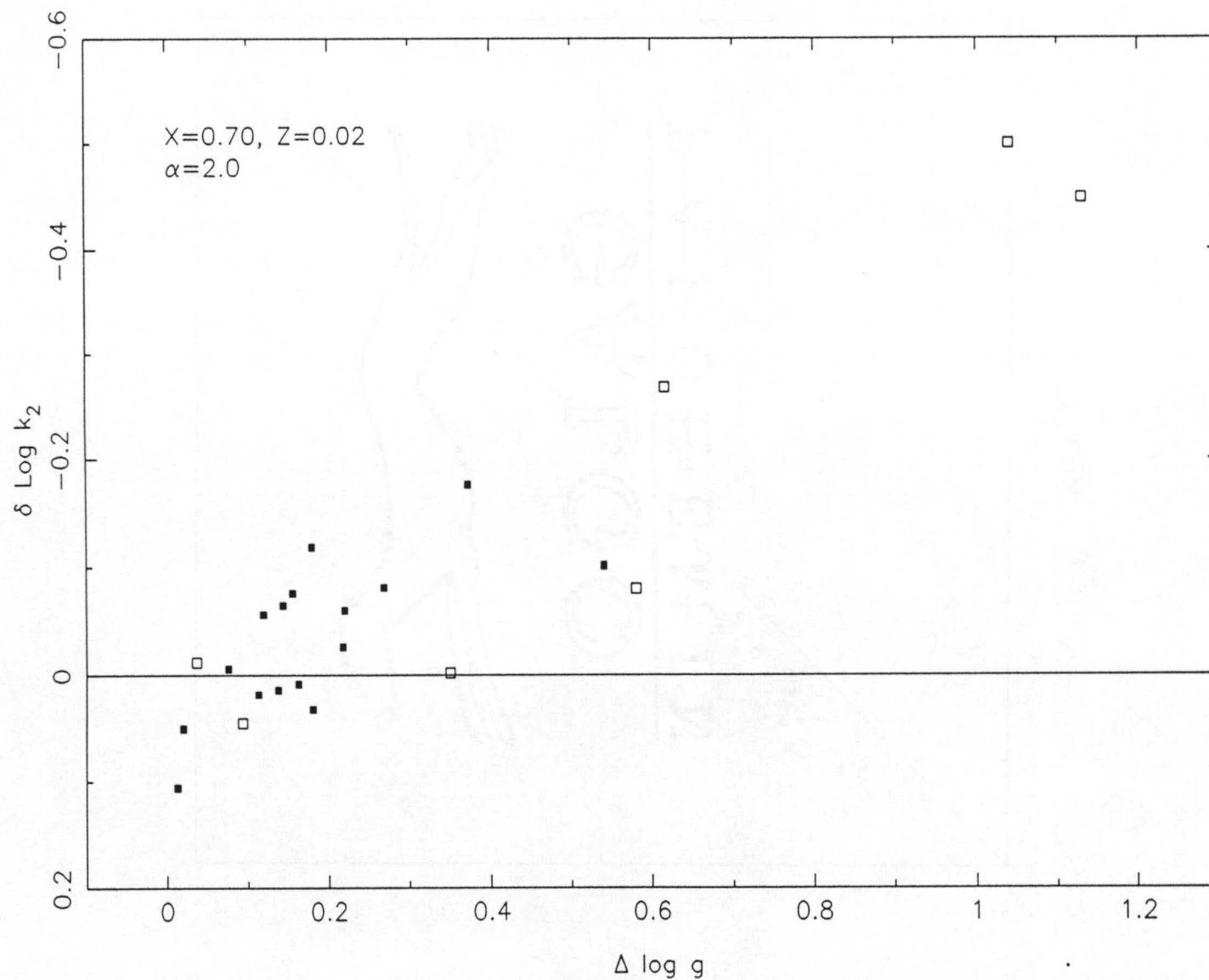


Figura 2.3.6 Dependencia de las discrepancias en las constantes de estructura interna y la evolución. Ver textos para definiciones de  $\Delta \log g$  y  $\delta \log k_2$ .

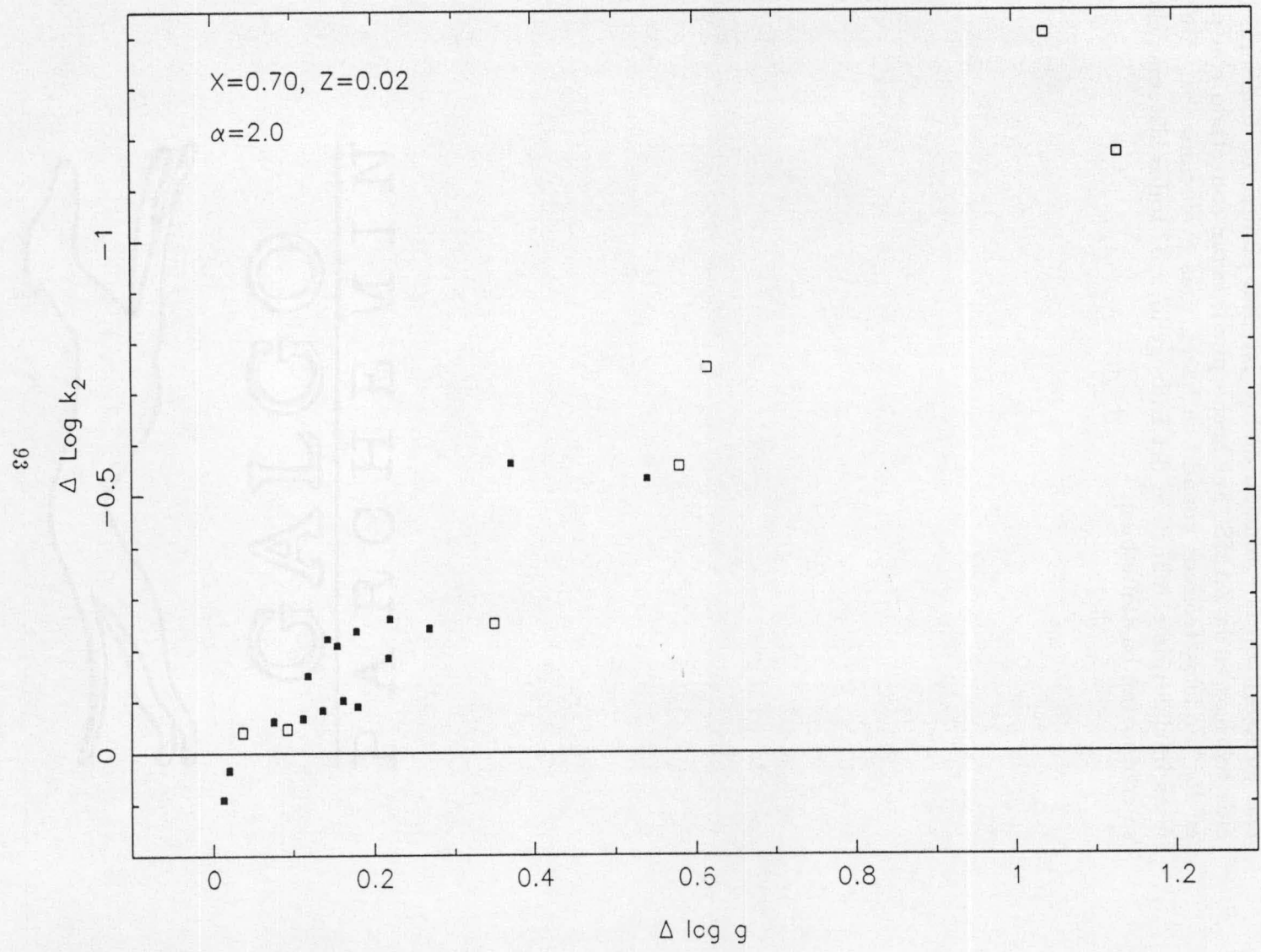


Figura 2.3.7 Los mismo que la Figura 2.3.6 para modelos homogéneos.

Figuras similares a la 2.3.6 se pueden obtener si utilizamos la masa ( $\bar{m}$ ) o el radio ( $\bar{R}$ ) pero la relación  $\Delta \log g$ , que es un indicativo seguro de evolución, demuestra que sigue habiendo una dependencia sistemática de las discrepancias en  $\log k_2$  con la evolución de los sistemas aunque no tomemos los modelos teóricos en la ZAMS. Tal hecho puede estar conectado con problemas en los modelos teóricos cuando se hacen más evolucionados. Durante las fases iniciales de combustión del Hidrógeno, casi todos sistemas estudiados se comportan bastante bien.



Tabla 2.3.2

Comparación entre Teoría y Observación								
Nombre	$\bar{m}$	$R$	$\log \bar{g}$	$\log k_{2obs}$	$\log k_{2teo}$	$\log \bar{g}_{ZAMS}$	$\log k_{2ZAMS}$	$\log k_{2NS}$
GG Lup	3.66 0.07	2.20 0.02	4.32 0.011	-2.08 0.176	-2.13 0.176	4.34	-2.11	-1.92
OX Cas	6.81 0.36	4.51 0.02	3.96 0.023	-2.20 0.015	-2.20 0.04	4.31	-1.95	-2.10
CW Cep	11.59 0.07	5.27 0.02	4.06 0.004	-2.09 0.013	-2.03 0.018	4.28	-1.83	-1.88
AG Per	4.36 0.05	2.68 0.10	4.22 0.033	-2.13 0.084	-2.14 0.019	4.33	-2.06	-2.00
QX Car	8.91 0.09	4.18 0.06	4.14 0.014	-2.09 0.042	-2.02 0.079	4.30	-1.89	-1.80
V346 Cen	11.53 1.28	7.94 0.14	3.70 0.051	-2.38 0.062	-2.31 0.109	4.28	-1.83	-2.25
V1647 Sgr	2.10 0.03	1.76 0.01	4.27 0.008	-2.33 0.019	-2.33 0.032	4.35	-2.27	-2.18
V760 Sco	4.85 0.06	2.88 0.05	4.21 0.016	-2.18 0.055	-2.12 0.091	4.33	-2.03	-2.03
V451 Oph	2.67 0.05	2.48 0.02	4.08 0.010	-2.44 0.044	-2.36 0.041	4.35	-2.20	-2.32
EM Car	22.32 0.23	8.96 0.12	3.88 0.012	-2.28 0.084	-2.11 0.069	4.25	-1.72	-1.97
CO Lac	2.96 0.22	2.24 0.01	4.21 0.032	-2.25 0.014	-2.26 0.051	4.35	-2.17	-2.15
PV Cas	2.74 0.04	2.26 0.04	4.17 0.017	-2.43 0.077	-2.31 0.091	4.35	-2.19	-2.30
Y Cyg	16.70 0.28	5.91 0.20	4.12 0.030	-1.99 0.075	-1.92 0.179	4.26	-1.77	-1.66
ZETA Phe	3.63 0.04	2.63 0.01	4.16 0.005	-2.20 0.075	-2.24 0.024	4.34	-2.12	-2.11
GL Car	13.27 0.71	4.87 0.10	4.18 0.029	-1.85 0.044	-1.90 0.119	4.27	-1.81	-1.62
NO Pup	2.38 0.07	1.81 0.06	4.30 0.031	-2.28 0.073	-2.27 0.179	4.34	-2.24	-2.18
V453 Cyg	14.08 1.06	8.49 0.14	3.73 0.035	-2.33 0.052	-2.23 0.098	4.27	-1.80	-2.17
V380 Cyg	14.28 0.60	16.85 0.19	3.14 0.021	-2.96 0.078	-2.51 0.071	4.27	-1.79	-2.86
HR 7551	23.36 0.99	19.80 1.54	3.21 0.070	-3.12 0.206	-2.62 0.395	4.25	-1.72	-2.86
U Oph	4.94 0.06	3.25 0.04	4.11 0.013	-2.21 0.036	-2.18 0.071	4.33	-2.03	-2.12
RU Mon	3.47 0.26	2.49 0.05	4.18 0.037	-2.27 0.067	-2.23 0.123	4.34	-2.12	-2.12
$\alpha$ Vir	10.49 1.20	7.82 0.46	3.67 0.072	-2.60 0.150	-2.33 0.348	4.29	-1.85	-2.46
V477 Cyg	1.61 0.08	1.46 0.02	4.32 0.023	-2.21 0.038	-2.32 0.038	4.33	-2.30	-2.09

### 2.3.3 Posibles soluciones - efectos secundarios dinámicos

Las posibles causas del desacuerdo encontrado anteriormente respecto al grado de concentración interna estelar se pueden dividir en dos:

- 1- Efectos secundarios dinámicos
- 2- Física de los modelos teóricos

En el primer caso podemos destacar el posicionamiento de las componentes respecto a su plano orbital. La ecuación (2.2.32) indica que si las estrellas no tienen sus ejes de rotación perpendiculares al plano orbital, habrá un retroceso de la línea de los ápsides dado por la contribución proveniente de los términos trigonométricos. Sin embargo, según las teorías de mareas, cuanto más evolucionadas estén las estrellas menor será la probabilidad de que tengan los ejes de rotación no perpendiculares a su plano orbital. Teniendo en cuenta este hecho se puede descartar esta solución, en principio.

Igualmente poco probable es la solución basada en la permeabilidad del medio circumestelar, como vimos antes en el apartado 2.2.3, dados los valores de las densidades típicas encontradas.

Recientemente, Hosokawa (1985) haciendo la hipótesis de que las estrellas no son fluidos perfectos llegó a una expresión para  $\dot{\omega}$  que tiene en cuenta este efecto. Sabemos que un fluido perfecto tiene viscosidad cero mientras el material en el interior estelar debe tener una viscosidad distinta aunque presumiblemente pequeña. Tomando dos límites conocidos (fluido perfecto y cuerpo rígido) obtuvo una fórmula para el movimiento de los ápsides que contiene una contribución para la recesión. Esto, naturalmente, disminuye (en valor absoluto) el valor obtenido de  $\log k_2$  haciendo que las estrellas sean menos condensadas centralmente y disminuyendo así las discrepancias encontradas. Hemos realizado cálculos para evaluar los valores de las viscosidades necesarias para ajustar observaciones y teoría. Los valores necesarios de la viscosidad para tal ajuste llegaron hasta 0.89 (V380 Cyg). Los valores promedio de la viscosidad necesaria son bastante altos (considerando el valor para el cuerpo rígido que es igual a 1.4) y además la teoría involucrada no tiene, a nuestro modo de ver, la fiabilidad suficiente.

La ecuación (2.2.58) que sirve para calcular los errores en  $c_1$  y  $c_2$  no está afectada por el error en las velocidades. Ello significa que los errores observacionales en  $\log k_2$  en la Tabla 2.3.2 son, en realidad, un poco mayores. Además, no sabemos con seguridad cuales son los valores de  $\omega_i$  que debemos usar: los de la atmósfera (que podemos tomarlos como si las estrellas estuvieran pseudosincronizadas) o los del núcleo. En el segundo caso, nos queda todavía la incertidumbre de saber sus valores.

Teniendo en cuenta la Figura 2.3.3 y la ecuación (2.2.56) para el cálculo de  $c_1$  y  $c_2$ , se decidió verificar cual era el comportamiento de alguna variable relacionada con la rotación y las discrepancias en  $\log k_2$ . El parámetro elegido fue  $\lambda = 2v^2R/3Gm$  y los resultados están en la Figura 2.3.8 (esta figura se obtuvo con modelos no convencionales, pero no hay razones para creer que su forma general se cambiará mucho si utilizamos modelos normales). Se puede ver claramente que hay una dependencia de las discrepancias entre observación y teoría para  $\log k_2$  y  $\lambda$  de una forma bastante similar a la de la Figura 2.3.6. Pero, si escribimos  $\lambda = 2v^2/3gR$ , las razones del comportamiento de  $\delta \log k_2$  con  $\lambda$  quedan más claras aunque el factor  $v^2$  también juegue un papel importante pero no completamente desvinculado de la evolución ( $\log g$ ). Es importante resaltar nuevamente el valor incierto de las velocidades observadas para el sistema V346 Cen. Tales incertidumbres se reflejan en el más alto valor para  $\lambda$  en la Figura 2.3.8.

Otra fuente de incertidumbre se relaciona justo con el parámetro  $r_i$  que determina los valores de  $c_1$  y  $c_2$  (y por lo tanto,  $\overline{k_{2obs}}$ ). Algunos sistemas, por ejemplo, V380 Cyg (Hill y Batten, 1984) presenta muchos problemas en la curva de luz aunque los errores en sus parámetros sean del mismo orden que los obtenidos para estrellas mejor observadas. Así, otra posible causa para las discrepancias comentadas podría estar en los errores reales en la determinación de las dimensiones absolutas. Sin embargo, esta posibilidad es muy difícil de controlar y en principio, debemos confiar en la homogeneidad de los datos disponibles.



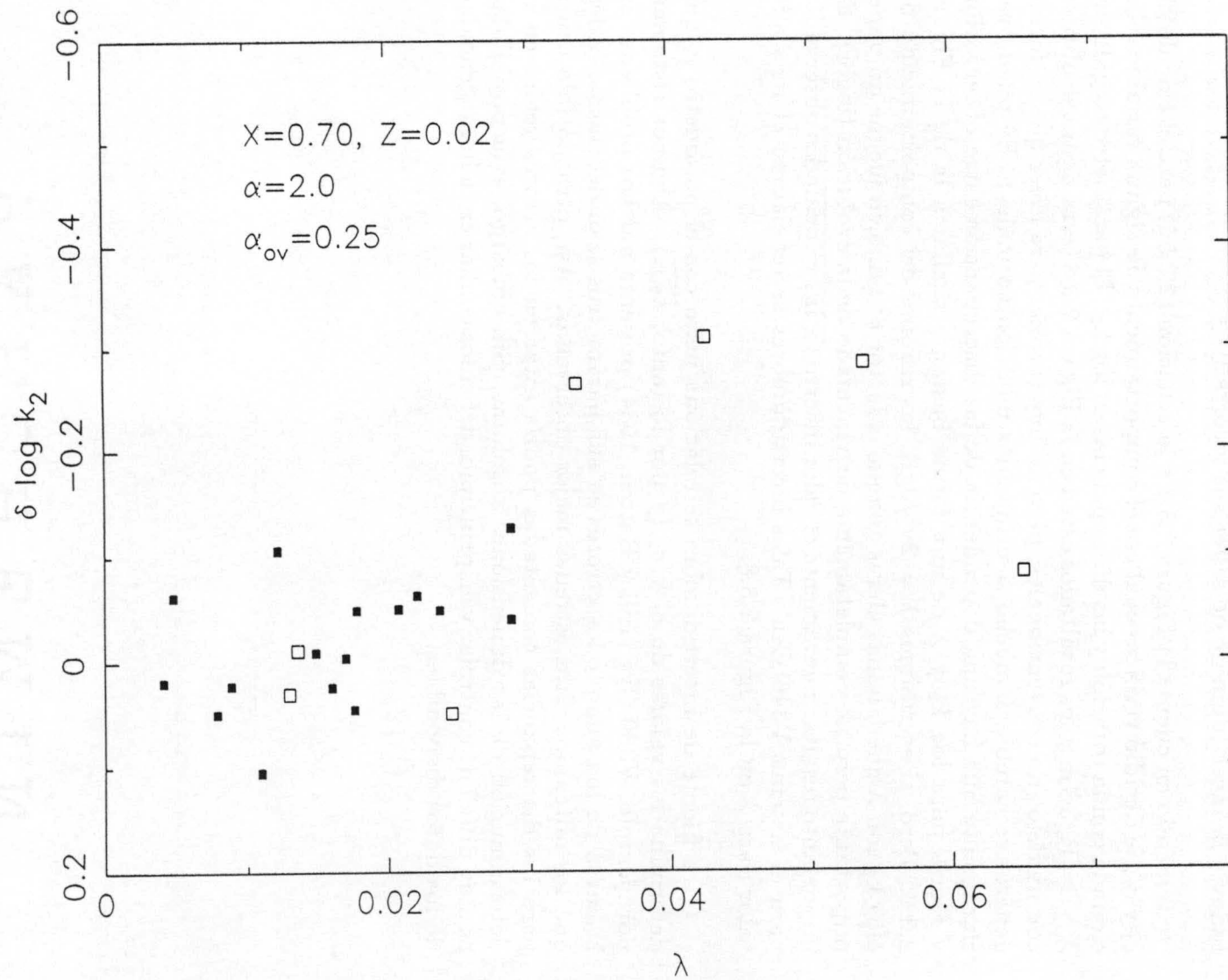


Figura 2.3.8  $\delta \log k_2$  en función de  $\lambda$  (ver texto para definición).



### 2.3.4 Posibles soluciones - hipótesis físicas de los modelos teóricos

Según comentado en el apartado anterior, buscaremos también en los modelos teóricos las posibles causas para el desacuerdo en  $\log k_2$ . Podríamos enumerar varios factores ligados a los modelos teóricos de interiores que podrían hacerlos centralmente más concentrados. Pero, hay que tener en cuenta siempre las restricciones impuestas por las observaciones. Por ejemplo, modelos de interiores con granulación en su parte central o que llegan a la ZAMS con un gradiente razonable de composición química permiten, *a priori*, obtener grados de concentración central más altos que para los modelos convencionales. Sin embargo, ninguna de estas dos posibilidades están respaldadas por la observación y no se analizarán.

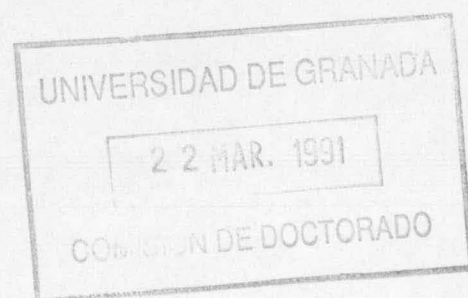
Entre las restantes posibilidades no convencionales que tienen cierto soporte observacional podemos destacar: incertidumbre en las opacidades y en la longitud de mezcla, rotación, pérdida de masa y overshooting en el núcleo convectivo.

El análisis, cualquiera que sea el efecto físico estudiado, es bastante difícil de llevar a cabo por una razón de orden observacional: el modelo modificado también debe ajustarse a los valores observacionales por lo menos tan bien como lo hace el modelo convencional en todas las fases de la comparación.

#### 2.3.4.1 Incertidumbres en las opacidades y en $l/H$

Anteriormente hemos comentado que el presente modelo estándar fue modificado para tener en cuenta 5 tablas de opacidad para interpolación y posterior obtención de la opacidad. Las opacidades, sin embargo, contienen un error intrínseco que depende, por ejemplo, del tipo de aproximación usada para calcularlas o incluso del desconocimiento del comportamiento de la materia en condiciones físicas límite.

Podemos, en cierta forma, considerar como un error en las opacidades los errores observacionales en la composición química. De hecho, pequeñas desviaciones en  $\log k_2$ , como las encontradas para los sistemas en la Secuencia Principal se pueden explicar perfectamente mediante pequeños cambios en la



composición química adoptada. La determinación de la composición química para los sistemas binarios sería de gran ayuda en la comparación de las observaciones con los modelos teóricos, dado que su conocimiento serviría como una condición de contorno adicional en el problema. Algunos estudios recientes (Andersen *et al.*, 1988) ya empiezan a hacerlo facilitando mucho la elección de la composición química del modelo a utilizar para la comparación.

Estimando el error en las opacidades del orden de 20 por ciento y utilizando modelos de 2.5, 5, 10 y 16  $M_{\odot}$  encontramos que los valores de  $\log k_2$  tendrían una incertidumbre de  $\pm 0.1$  hasta  $\pm 0.04$  respectivamente para modelos homogéneos (para masas mayores que 5  $m_{\odot}$  la incertidumbre es prácticamente constante e igual a  $\pm 0.04$ ). Para modelos más evolucionados, ciertamente, estas incertidumbres crecen. Como una prueba de ello, calculamos un modelo de 23  $m_{\odot}$  y  $\log g = 3.8$  y encontramos que la incertidumbre en  $\log k_2$  puede llegar a  $\pm 0.1$ .

Sin embargo, puede ocurrir que las estimaciones hechas para la incertidumbre en las opacidades no sean constantes y probablemente dependan, por ejemplo, de la temperatura, densidad o de la composición química.

Con respecto al parámetro de longitud de mezcla,  $l/H$ , la situación tampoco es muy distinta pues esta variable juega un papel más importante para estrellas menos masivas donde la convección tiene una importancia fundamental y como vimos, el rango de masas donde el movimiento apsidal es más frecuente casi no contiene estrellas poco masivas. Sin embargo, estimamos la incertidumbre en  $\log k_2$  relacionada con  $l/H$  como del mismo orden que las encontradas con relación a las opacidades.

Las incertidumbres en las tasas de producción de energía también influyen la estructura y evolución de los modelos estelares. Por ejemplo, la tasa  $^{14}\text{N}(p, \gamma)^{15}\text{O}$ , la reacción más lenta de ciclo CNO fue estudiada por Schröder *et al.* (1986) que encontraron para ella una reducción de un factor cercano a 1.75. Por otro lado, existe una controversia antigua respecto de la reacción  $^{12}\text{C}(\alpha, \gamma)^{16}\text{O}$  (ver Maeder, 1990 para una discusión sobre la situación actual de esta reacción).

#### 2.3.4.2 "Overshooting" en el núcleo convectivo y pérdida de masa

El overshooting en el núcleo convectivo de las estrellas se refiere a que en la extensión de este núcleo no se cumple el criterio de Schwarzschild. Este criterio establece que las aceleraciones de los elementos convectivos son nulas pero no necesariamente sus velocidades. Así, habrá una penetración en las zonas estables (overshooting) aumentando entonces el tamaño del núcleo clásico y dicho criterio sirve únicamente como un límite inferior.

Las primeras investigaciones teóricas fueron realizadas por Saslaw y Schwarzschild (1965), Shaviv y Salpeter (1973), Maeder (1975), Roxburgh (1978), etc. El criterio propuesto por Roxburgh fue criticado (ver Baker y Kuhfuß, 1987) y no lo adoptaremos en este estudio. Los conceptos provenientes de la teoría de longitud de mezcla se usarán para deducir la distancia de penetración y de ello, la extensión del nuevo núcleo. Por supuesto hoy día se dispone de algunas teorías más sofisticadas pero creemos que la basada en la teoría de longitud de mezcla será suficiente en el momento.

Según Hejlesen (1987), Claret y Giménez (1989a) y Giménez (1990) algunas teorías no convencionales podrían explicar, por lo menos parcialmente, las discrepancias entre teoría y observaciones para  $\log k_2$ . Se sabe que el overshooting en el núcleo convectivo hace posible que haya más combustible disponible aumentando con ello la vida de las estrellas en la Secuencia Principal (Maeder y Meynet, 1989a, Chiosi y Maeder, 1986). El aumento del tamaño del núcleo convectivo altera también el grado de concentración central.

El overshooting parece ser necesario para explicar observaciones astrofísicas recientes (Maeder y Meynet, 1989a; Chiosi y Maeder, 1986). En el campo de las binarias eclipsantes, algunos sistemas presentan componentes en regiones del diagrama HR bastante improbables estadísticamente y/o que no están sobre una misma isocrona. Cuando comparamos modelos con overshooting con los mismos sistemas mejora tal situación (Clausen, 1991; Andersen *et al.*, 1991) Una característica muy importante es que prácticamente todos los sistemas que presentan movimiento apsidal están en el rango donde se espera que el overshooting sea apreciable. Este hecho refuerza más aún la necesidad de introducir el overshooting en los modelos



Hemos introducido el overshooting en el núcleo convectivo de nuestros modelos para estudiar su influencia en los parámetros de concentración interna (Claret y Giménez, 1990d, 1991a, 1991b, 1991f; Giménez y Claret, 1990b). Hemos ampliado también el rango en masa (hasta  $40 M_{\odot}$ ) para todas las redes (incluso la convencional). Hemos calculado también modelos no convencionales para las otras 4 composiciones químicas (Claret y Giménez, 1991f). Para tal tarea, adoptamos el mismo formalismo descrito por Maeder y Meynet (1989a): la distancia recorrida por una célula convectiva más allá del criterio de Schwarzschild viene dada por  $d_{over} = \alpha H_p$  donde  $H_p$  es la escala de presión y  $\alpha$  es un parámetro libre. En este trabajo adoptamos para  $\alpha$  el valor 0.25 como representativo de overshooting moderado. No hemos tenido en cuenta un posible undershooting aunque recientemente Vandenberg y Poll (1989) usaron este mecanismo para explicar la cantidad de Li entre las estrellas de la Secuencia Principal en las Hyades. Se presentaron algunos problemas de orden numérico dado que también puede haber regiones convectivas en otras zonas del modelos (por ejemplo, en la atmósfera o en las regiones donde el Hidrógeno se quema en capas). Esto se evitó por medio de un algoritmo ideado por nosotros que verificaba las condiciones en que la convección ocurría y eliminaba (para el cálculo del overshooting en el núcleo) las regiones no deseables. Otro aspecto numérico que tuvimos que analizar con mucho cuidado era al número de capas usado en cada modelo. Como la masa de las estrellas suele estar bastante concentrada en el centro, hubo que añadir más capas para evitar errores en la determinación del tamaño del nuevo núcleo.

Hemos seleccionado 3 modelos con 2.5, 10 y 25 masas solares para cubrir el rango de masas donde el overshooting es importante (y donde el movimiento apsidal también lo es). La composición química adoptada fue  $X = 0.70$ ,  $Z = 0.02$  y la longitud de mezcla fue fijada en 2.0. La integración de la ecuación de Radau se llevó a cabo con la misma subrutina usada para los modelos convencionales. A efectos de comparación, utilizamos el modelo de Maeder y Meynet (1989a, 1989b).

El efecto del overshooting en la anchura de la Secuencia Principal se puede ver en las Figuras 2.3.4.1, 2.3.4.3 y 2.3.4.5. Además se puede notar que los modelos no convencionales son más calientes y las diferencias en las temperaturas efectivas aumentan cuando los modelos evolucionan. En el plano  $\log k_2 - \log g$  (Figuras 2.3.4.2, 2.3.4.4, 2.3.4.6) las diferencias entre modelos normales y con overshooting durante la secuencia principal es típicamente de 0.03 (en  $\log k_2$ ) pero para estados más evolucionados la diferencia puede llegar hasta valores mayores que 0.15 existiendo pues una dependencia con



log g.

ALBION  
COTTON



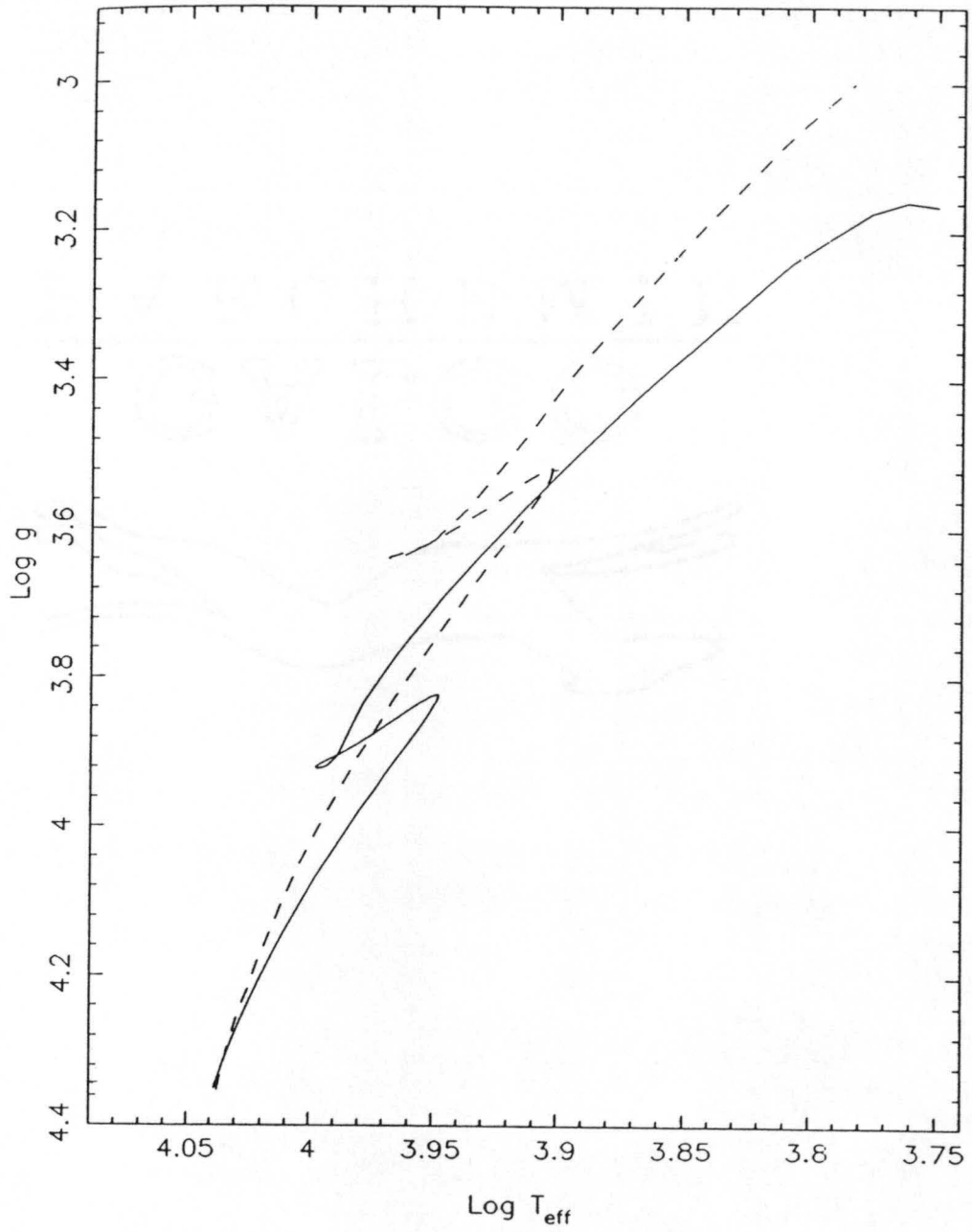


Figura 2.3.4.1 Diagrama HR comparativo entre el presente modelo estándar (continua) y el con overshooting (discontinua) para  $2.5 M_{\odot}$

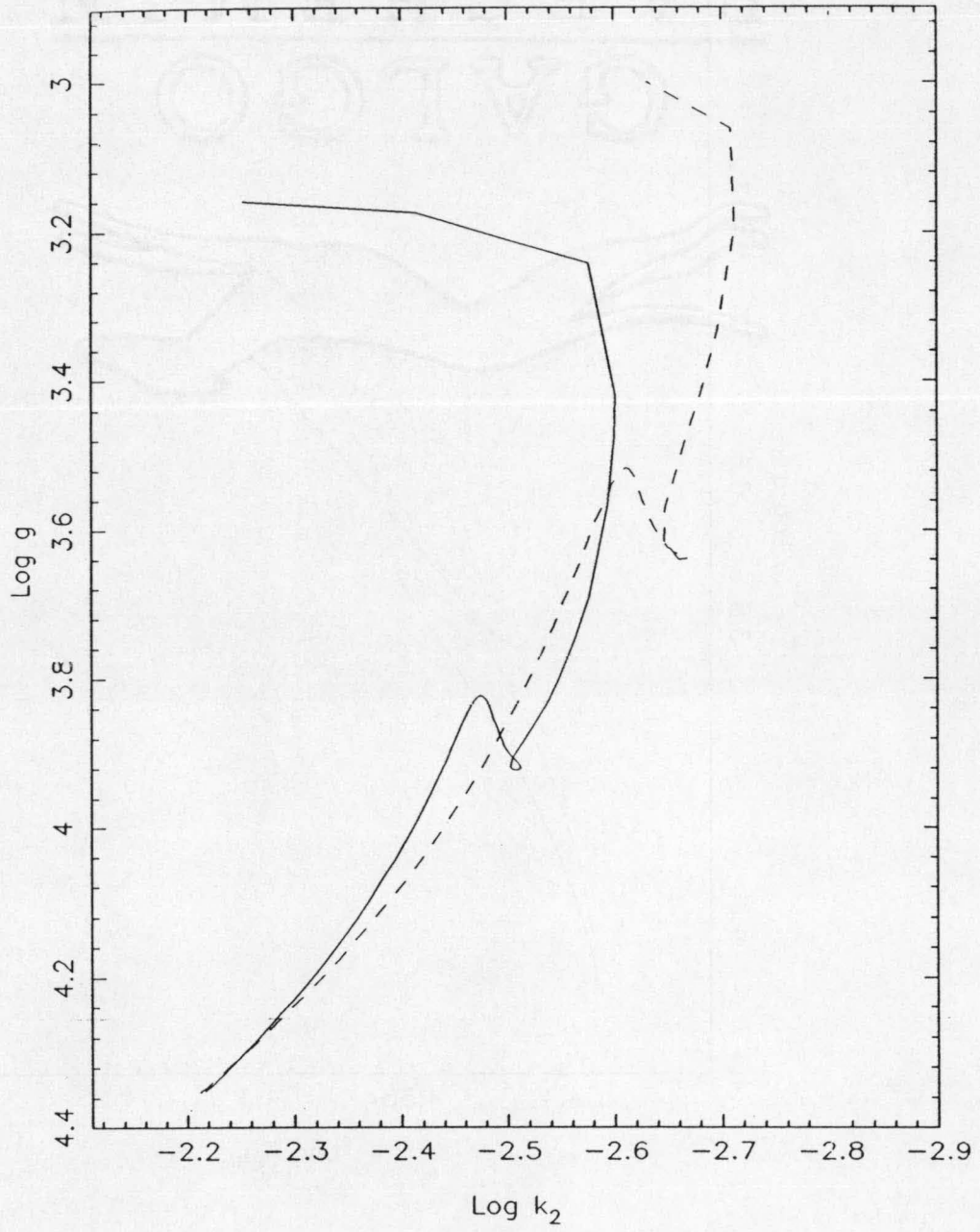


Figura 2.3.4.2 Diagrama  $\log k_2$ - $\log g$  comparativo entre el presente modelo estándar (contínua) y el con overshooting (discontinua) para  $2.5 M_{\odot}$

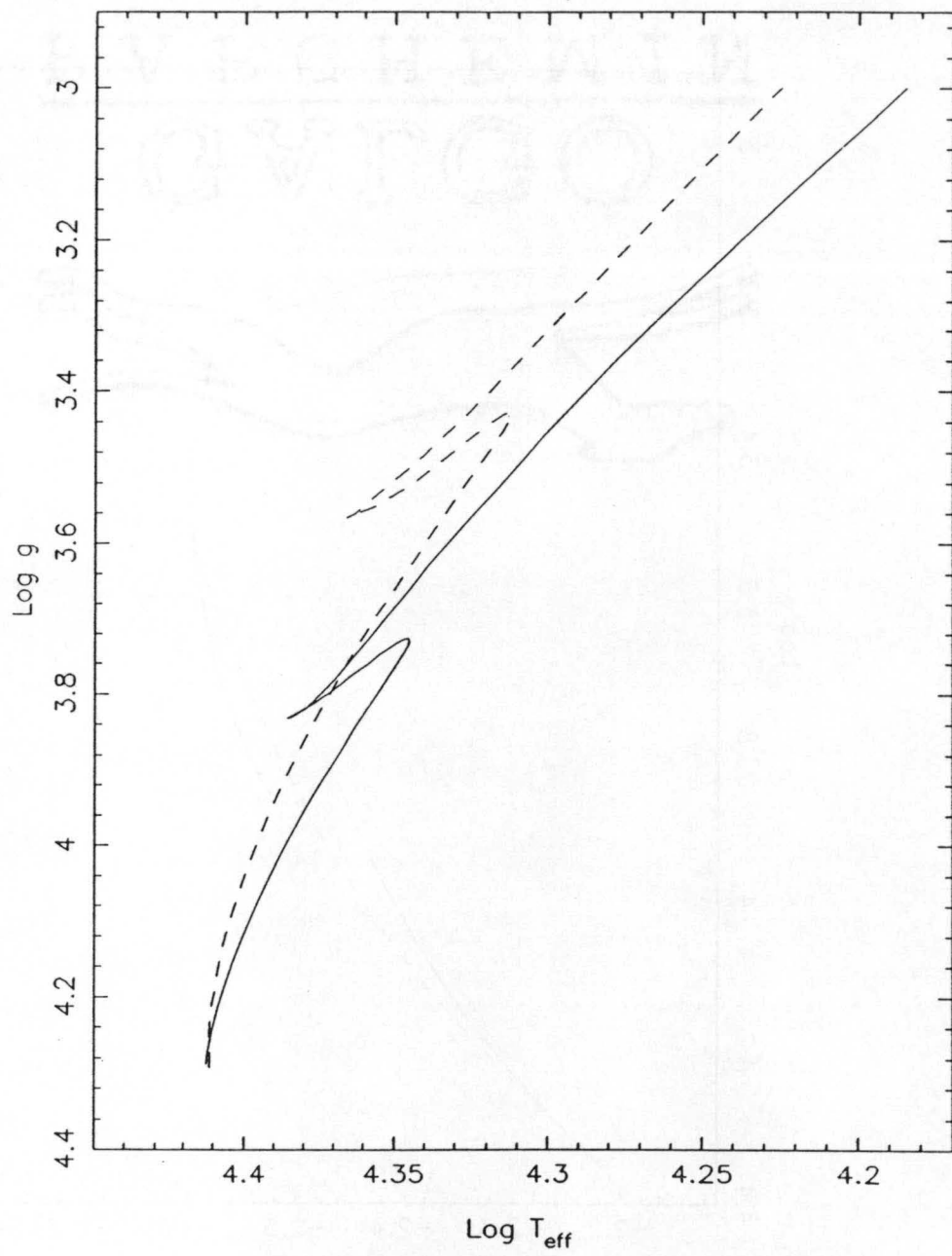


Figura 2.3.4.3 Diagrama HR comparativo entre el presente modelo estándar (continua) y el con overshooting (discontinua) para  $10 M_{\odot}$



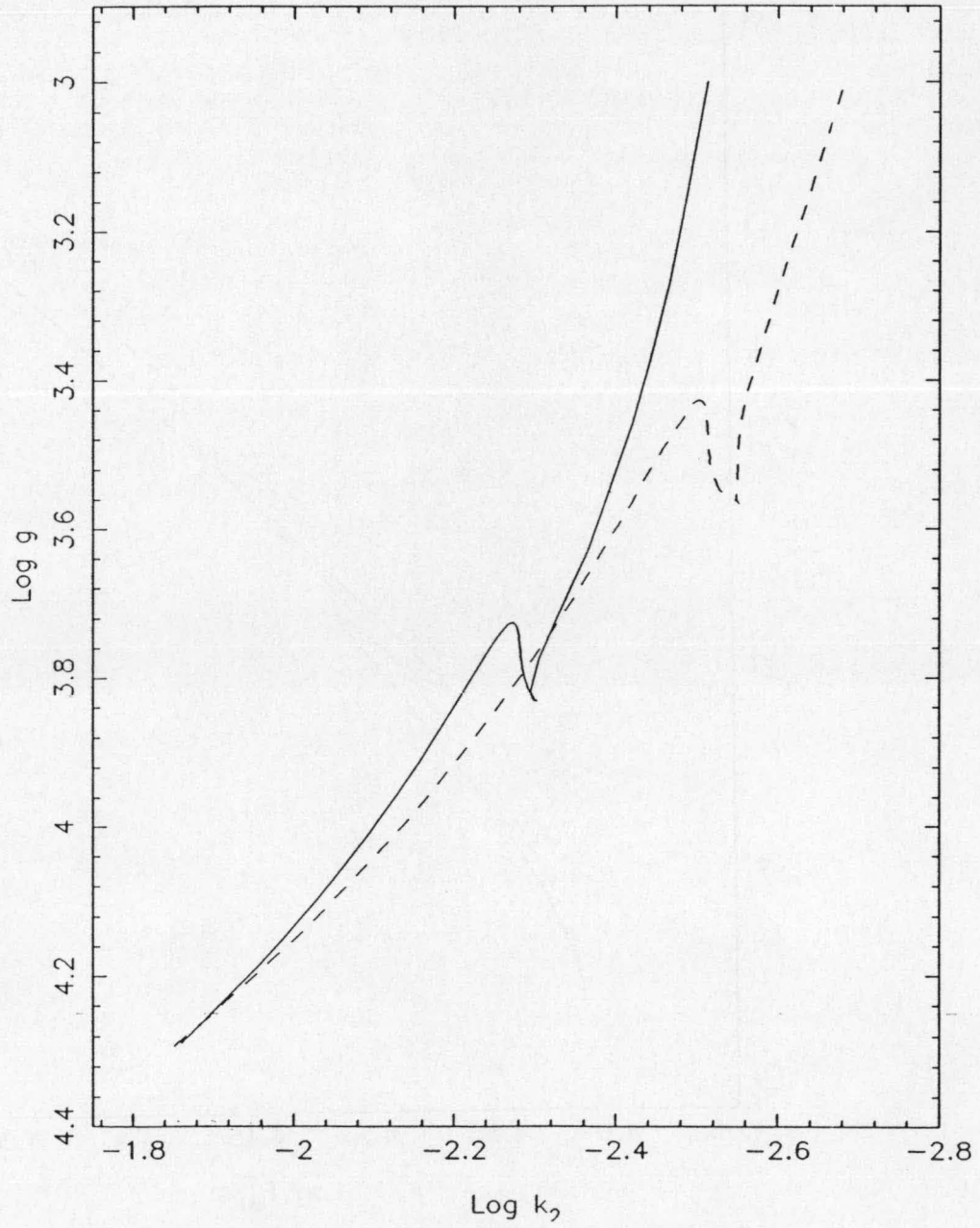


Figura 2.3.4.4 Diagrama  $\log k_2 - \log g$  comparativo entre el presente modelo estándar (continua) y el con overshooting (discontinua) para  $10 M_{\odot}$

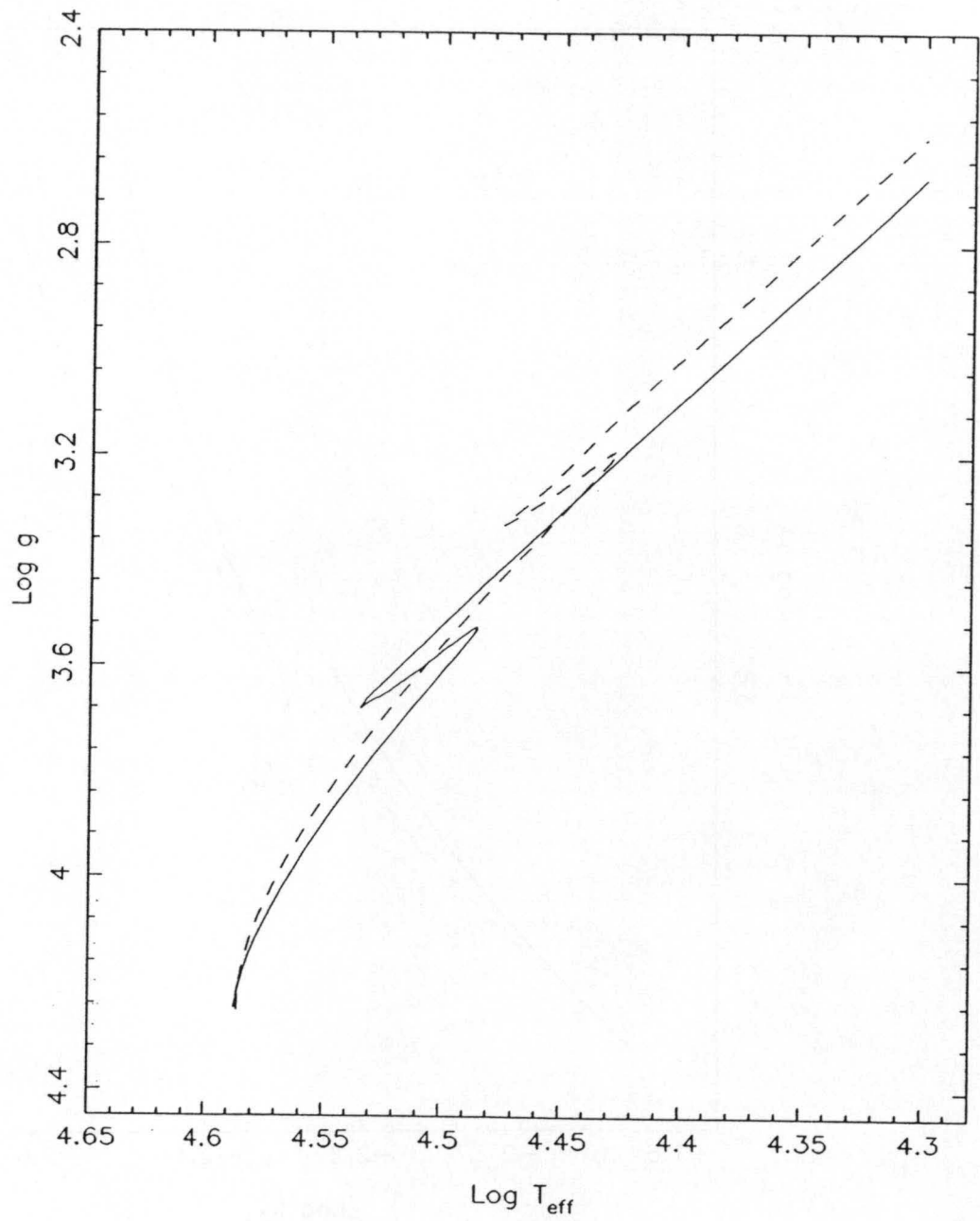


Figura 2.3.4.5 Diagrama HR g comparativo entre el presente modelo estándar (continua) y el con overshooting (discontinua) para  $25 M_{\odot}$

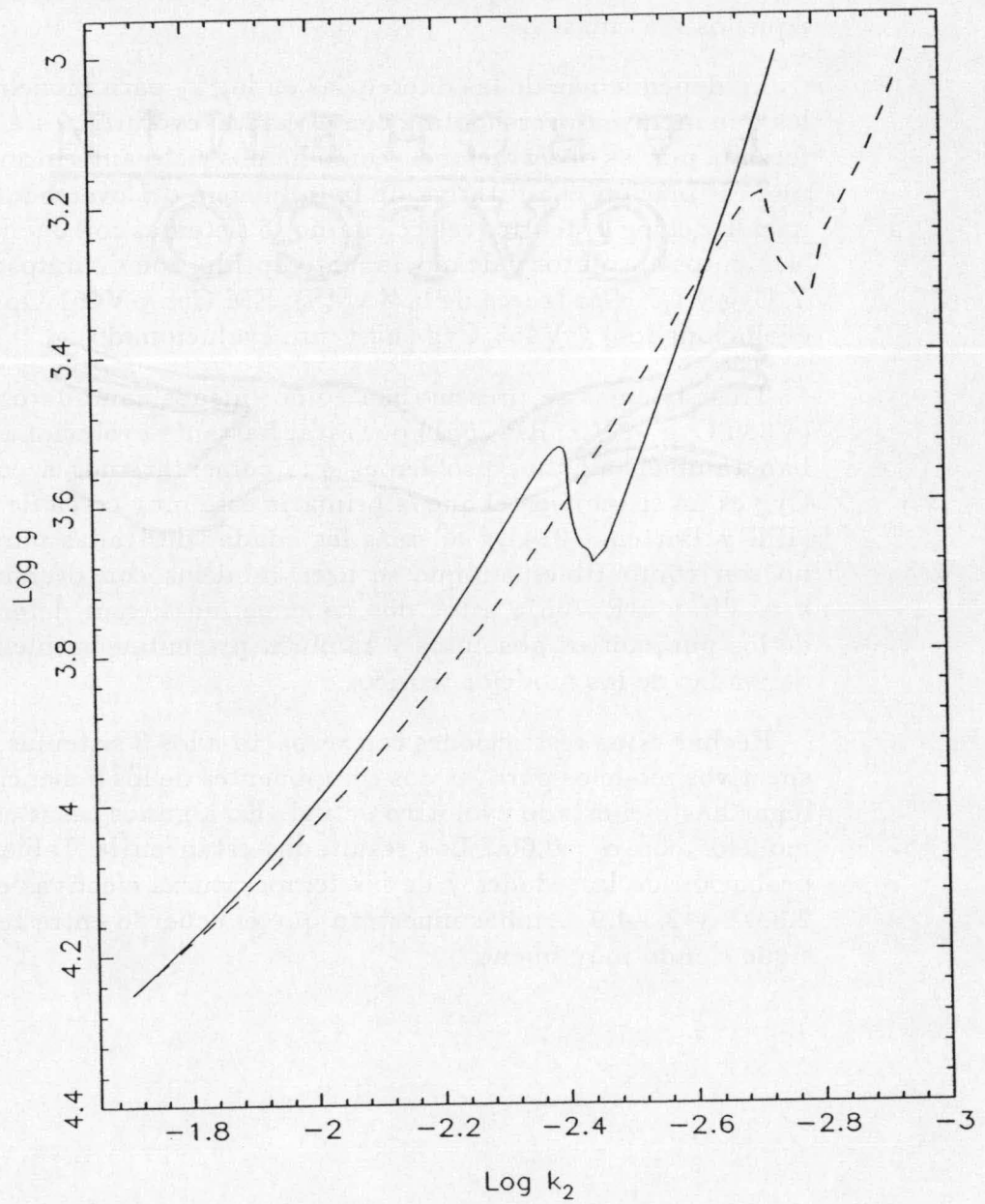


Figura 2.3.4.6 Diagrama  $\log k_2 - \log g$  comparativo entre el presente modelo estándar (continua) y el con overshooting (discontinua) para  $25 M_{\odot}$

Hemos encontrado una interesante relación lineal entre el tamaño del núcleo convectivo  $Q$  y la constante  $\log k_2$  (Figura 2.3.4.7). La pendiente es prácticamente independiente de la masa del modelo, especialmente para aquellos más masivos.

La dependencia de las diferencias en  $\log k_2$  para modelos convencionales y los que incluyen overshooting con el estado evolutivo está en cierta forma reforzada por las observaciones, como hemos visto anteriormente. Para obtener una estimación cuantitativa de la influencia del overshooting en la determinación del  $\log k_2$  teórico seleccionamos 5 sistemas con buena determinación de elementos absolutos y de movimiento apsidal con distintos estados evolutivos:  $\gamma$  Cyg y QX Car (cerca de la ZAMS), EM Car y V451 Oph (moderadamente evolucionados) y V453 Cyg (bastante evolucionado).

Tres sistemas se presentaban como buenos candidatos para este análisis (V380 Cyg,  $\alpha$  Vir, HR 7551) por estar bastante evolucionados, pero presentaban también algunos problemas que comentaremos a continuación. V380 Cyg es un sistema en el que la primaria está muy cerca de su límite de Roche (Hill y Batten, 1984) y además las edades derivadas para las componentes no son compatibles aunque se usen modelos con overshooting. Respecto a  $\alpha$  Vir y HR 7551, estos dos sistemas no tienen determinaciones fiables de los parámetros absolutos y también presentan problemas con las edades derivadas de los modelos teóricos.

Hechas estas restricciones con respecto a los 3 sistemas, calculamos los respectivos modelos para las dos componentes de los 5 mencionados en primero lugar hasta el estado evolutivo actual. En algunos casos calculamos también modelos con  $\alpha = 0.60$ . Los resultados están en la Tabla 2.3.4.1. La comprobación de las edades y de las temperaturas efectivas está en las Figuras 2.3.4.8 y 2.3.4.9. Ambas muestran que el acuerdo entre teoría y observación sigue siendo muy bueno.



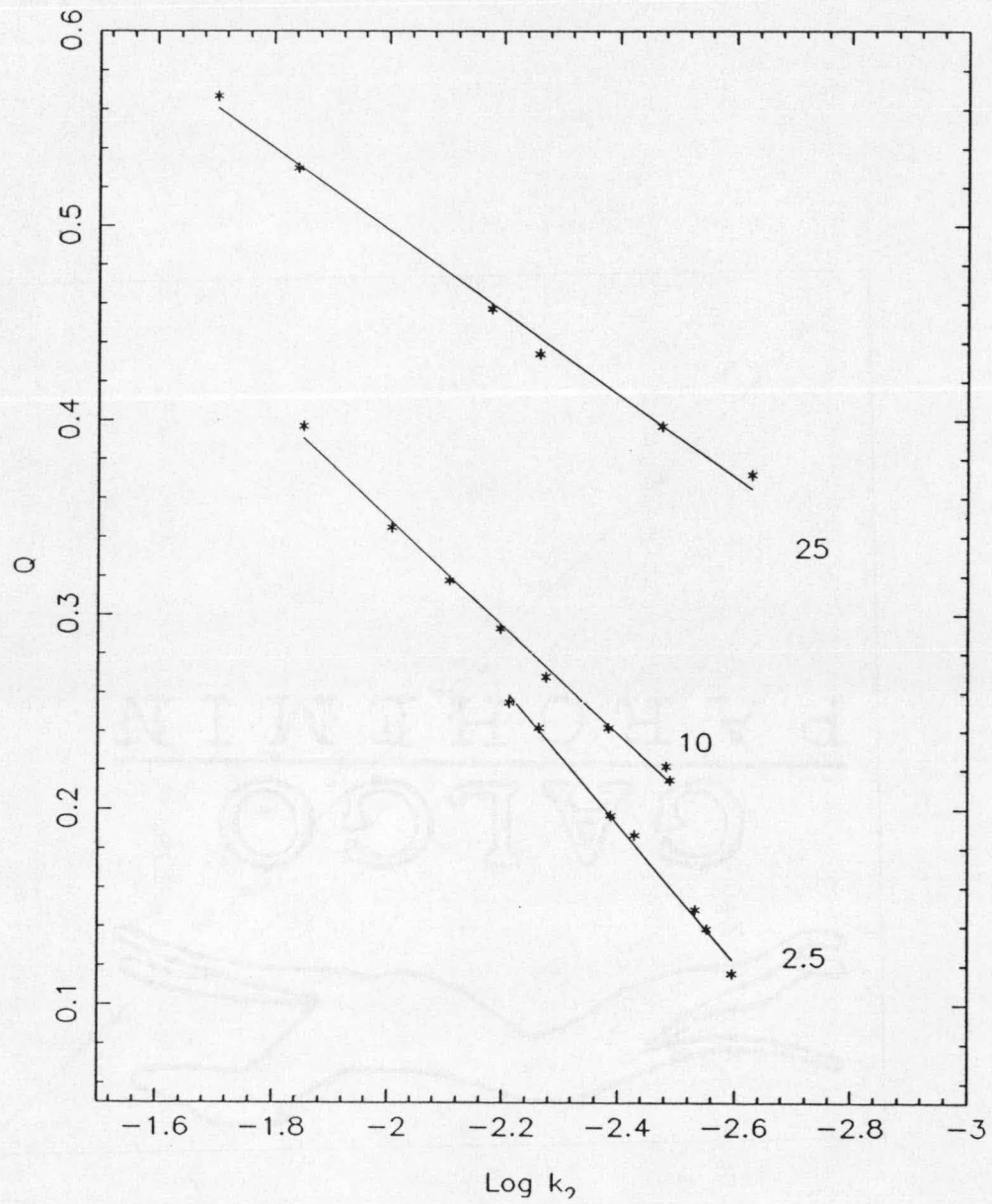


Figura 2.3.4.7 Relación entre Q y log k<sub>2</sub> para modelos de 2.5, 10 y 25 M<sub>⊙</sub>

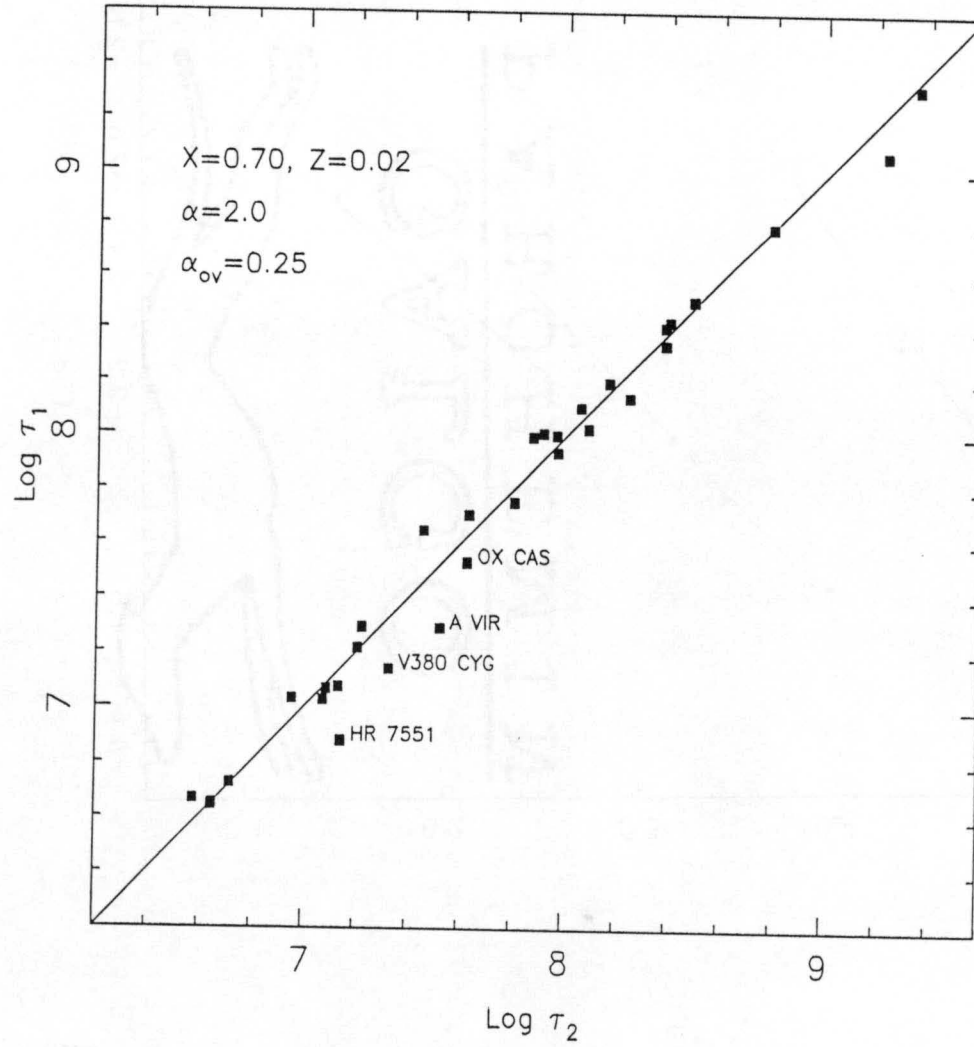


Figura 2.3.4.8 Edades de los sistemas para modelos con overshooting. Los subíndices se refieren a las componentes.

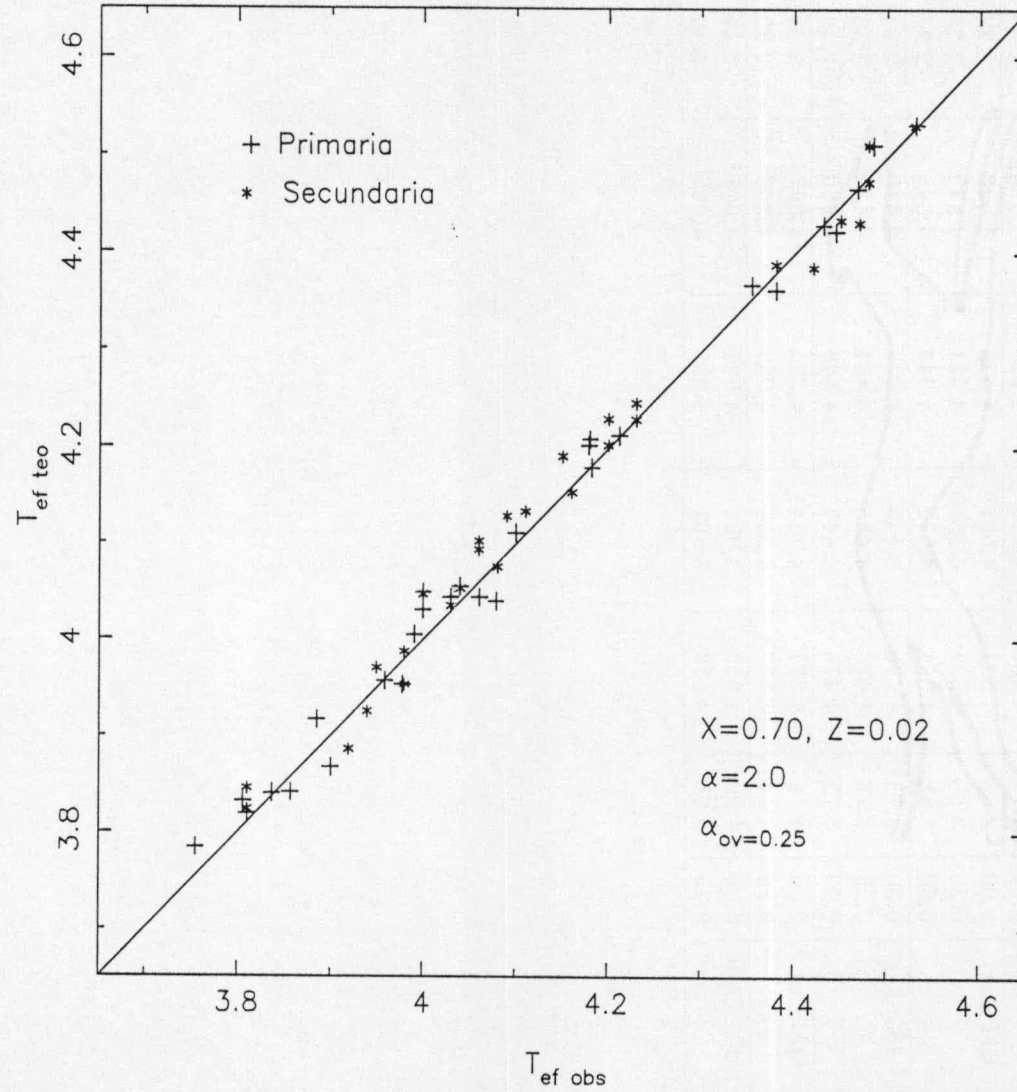


Figura 2.3.4.9 Comparación entre las temperaturas efectivas observadas y teóricas para modelos con overshooting. Las cruces se refieren a las primarias y los asteriscos denotan las secundarias

Tabla 2.3.4.1									
Comparación con las Observaciones									
Modelos con Overshooting									
Nombre	$\alpha$	$\text{Log } \bar{g}$	$\text{Log } T_{ef1}$	$\text{Log } T_{ef2}$	$\text{Log } T_{ef1teo}$	$\text{Log } T_{ef2teo}$	$\text{Log } k_{2obs}$	$\text{Log } k_{2teo}$	$\text{Log } \tau$
Y Cyg	0.00	4.12	4.485	4.485	4.508	4.508	-1.99	-1.92	6.60
	0.25	4.12	4.485	4.485	4.511	4.511	-1.99	-1.94	6.66
	0.60	4.12	4.485	4.485	4.520	4.520	-1.99	-1.95	6.71
EM Car	0.00	3.88	4.531	4.531	4.528	4.528	-2.28	-2.11	6.70
	0.25	3.88	4.531	4.531	4.531	4.532	-2.28	-2.16	7.73
	0.60	3.88	4.531	4.531	4.543	4.543	-2.28	-2.19	7.78
V453 Cyg	0.00	3.73	4.470	4.445	4.420	4.415	-2.33	-2.23	7.03
	0.25	3.73	4.470	4.445	4.431	4.422	-2.33	-2.28	7.07
	0.60	3.73	4.470	4.445	4.446	4.430	-2.33	-2.33	7.14
QX Car	0.00	4.14	4.377	4.354	4.384	4.367	-2.09	-2.02	7.05
	0.25	4.14	4.377	4.354	4.389	4.368	-2.09	-2.03	7.10
V451 Oph	0.00	4.08	4.033	3.991	4.025	4.001	-2.44	-2.36	8.44
	0.25	4.08	4.033	3.991	4.035	4.005	-2.44	-2.38	8.49



Gráficamente, las correcciones introducidas debido al overshooting pueden verse en la Figura 2.3.4.10 para los casos de  $\alpha = 0.25$  y  $0.60$ . Puede observarse que, como esperábamos, el overshooting proporciona modelos más concentrados y la corrección es una función del estado evolutivo de las estrellas y del valor de  $\alpha$ . Los sistemas más masivos de nuestra muestra se deberían corregir además de un término dependiente de la masa dado que para estas estrellas la pérdida de masa es bastante importante. El aspecto general de la Figura 2.3.4.10 ha mejorado el acuerdo con las observaciones para los valores de  $\log k_2$  (como comparación, ver Figura 2.3.4)

La corrección introducida por el overshooting en el núcleo convectivo (para el caso  $\alpha = 0.25$ ) viene dada por

$$\log k_{2ov} \approx \log k_{2st} - 0.1\Delta \log g \quad (2.3.4.1)$$

donde todos los símbolos han sido definidos anteriormente. Para el caso de  $\alpha = 0.60$  la pendiente de (2.3.4.1) es un poco mayor. Un valor mayor de  $\alpha$  podría explicar las discrepancias el  $\log k_2$  pero no hay indicaciones observacionales que confirmen esta hipótesis. Como una corrección media (para overshooting moderado) encontramos un valor de cerca de  $-0.04$  para estrellas en la secuencia principal. Obviamente, esto mejora la confrontación entre teoría y observación de una forma similar a la que obtuvimos cuando introducimos nuevas tablas de opacidad y tasas de producción de energía. Así, obtenemos una mejora neta de  $0.10$  en  $\log k_2$  en relación con los modelos más antiguos.

La pérdida de masa también convierte los modelos en más concentrados, pero actúa en la secuencia principal sólo para los modelos más masivos. Hemos realizado cálculos con un modelo de  $25 M_{\odot}$ . Para la parametrización de la pérdida de masa utilizamos la formulación de De Jagger *et al.* (1986) y para la fase de gigantes rojas, la de Reimers (1975). La Figura 2.3.4.11 muestra la comparación entre nuestro modelo y el correspondiente de Maeder y Meynet (1989b): Las diferencias son bastante pequeñas y los puntos de cada traza que tienen la temperatura efectiva más baja tienen edades de  $7.3 \times 10^6$  y  $7.1 \times 10^6$  años respectivamente. El tamaño del núcleo convectivo en la ZAMS es  $0.57$  y  $0.59$  (en función de la masa normalizada). Por lo tanto, nuestros modelos y los de Maeder y Meynet están en muy buen acuerdo tanto interna como externamente.

Las Figuras 2.3.4.12a y 2.3.4.12b muestran la comparación entre nuestros modelos convencionales y los que incluyen pérdida de masa (y overshooting).

En el plano  $\log k_2 - \log g$  las diferencias son más evidentes en la secuencia principal en el sentido que el modelo no convencional es más concentrado centralmente que el normal. Por otro lado, con respecto al diagrama HR, las diferencias son menores que en el caso de masa constante (y overshooting) porque la pérdida de masa lleva a modelos más fríos. La Figura 2.3.4.13 muestra las isocronas para la red de modelos convencionales y con pérdida de masa más overshooting. Para grandes valores de  $\log g$  prácticamente se confunden, mientras que las diferencias se acentúan para  $\log g$  más pequeños. Para un sistema binario dado es posible predecir, en base a este diagrama, que las edades obtenidas con el modelo no convencional serán un poco mayores que las derivadas del modelo convencional (La tabla 2.3.4.1 confirma esta observación).

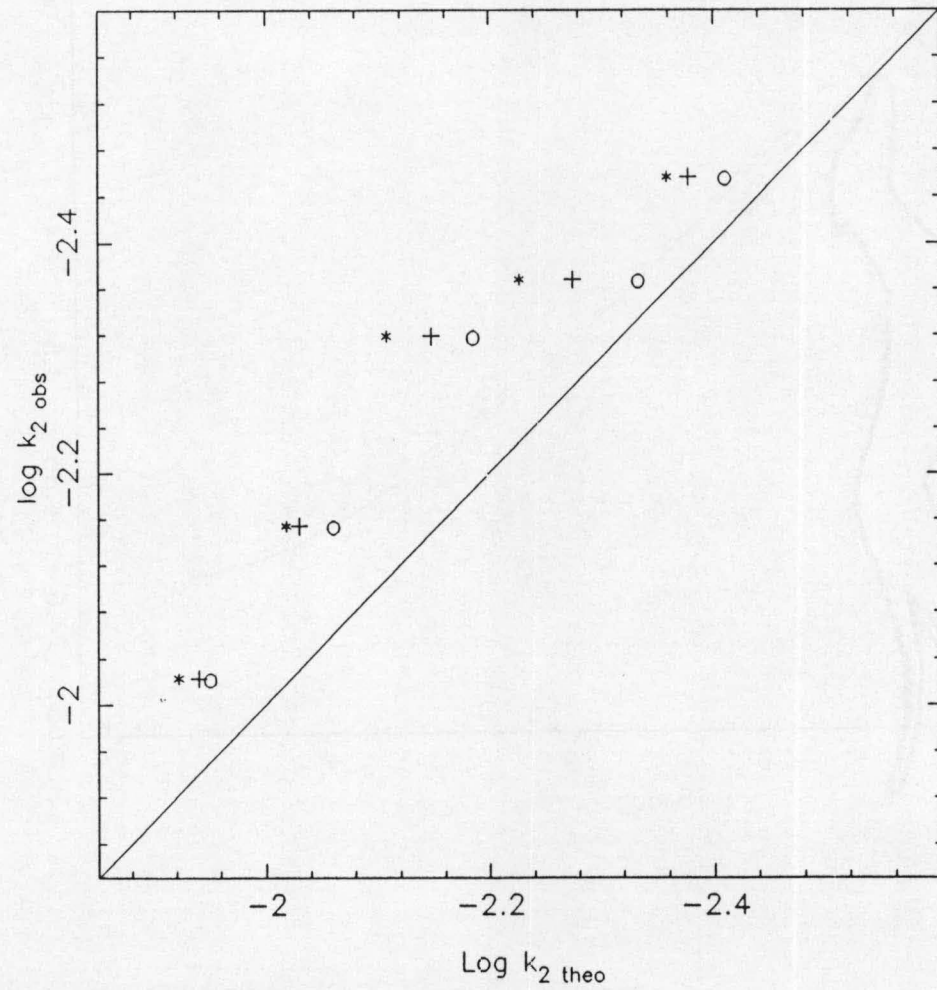


Figura 2.3.4.10 Comparación entre  $\log k_{2obs}$  y  $\log k_{2teo}$  para modelos con overshooting para  $\alpha = 0.00$  (\*),  $\alpha = 0.25$  (+) y  $\alpha = 0.60$  (o)

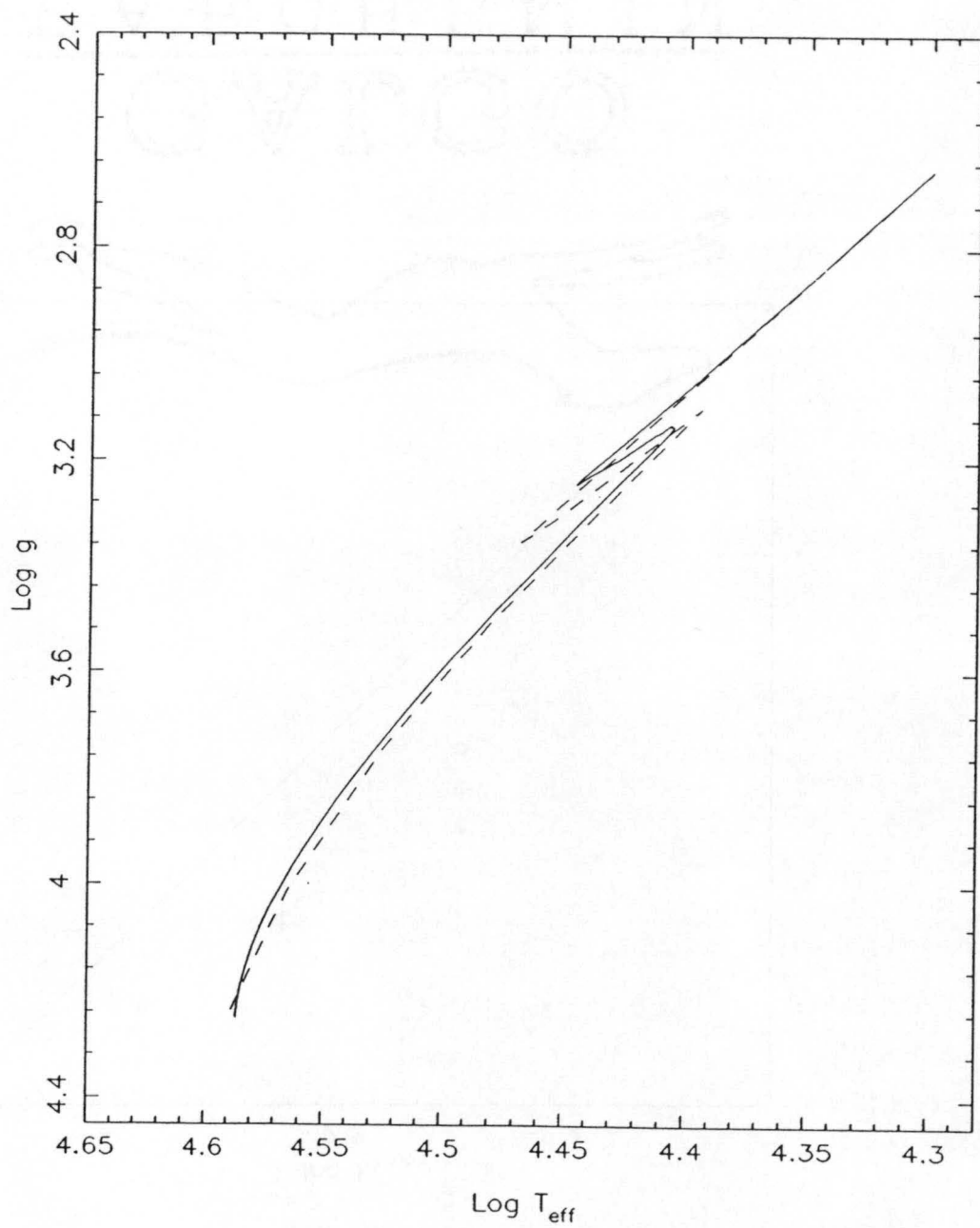


Figura 2.3.4.11 Diagrama HR comparativo entre el presente modelo (con overshooting y pérdida de masa) y el de Maeder y Meynet (1989b) para  $25 M_{\odot}$



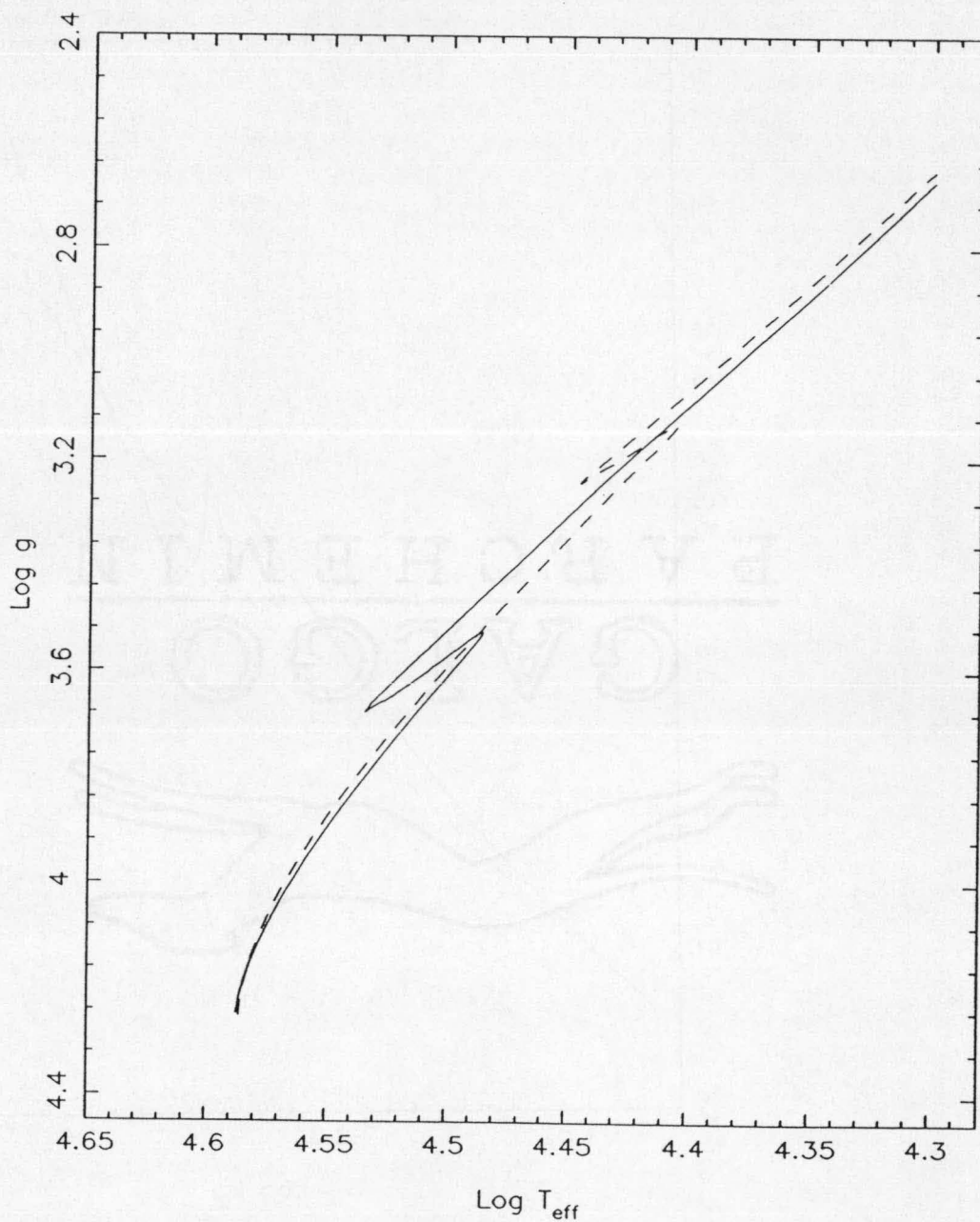
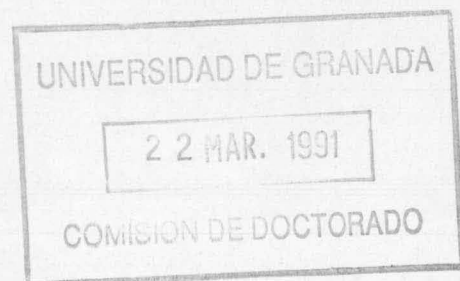


Figura 2.3.4.12a Diagrama HR comparativo entre el presente modelo estándar y el que incluye overshooting y pérdida de masa para  $25 M_{\odot}$



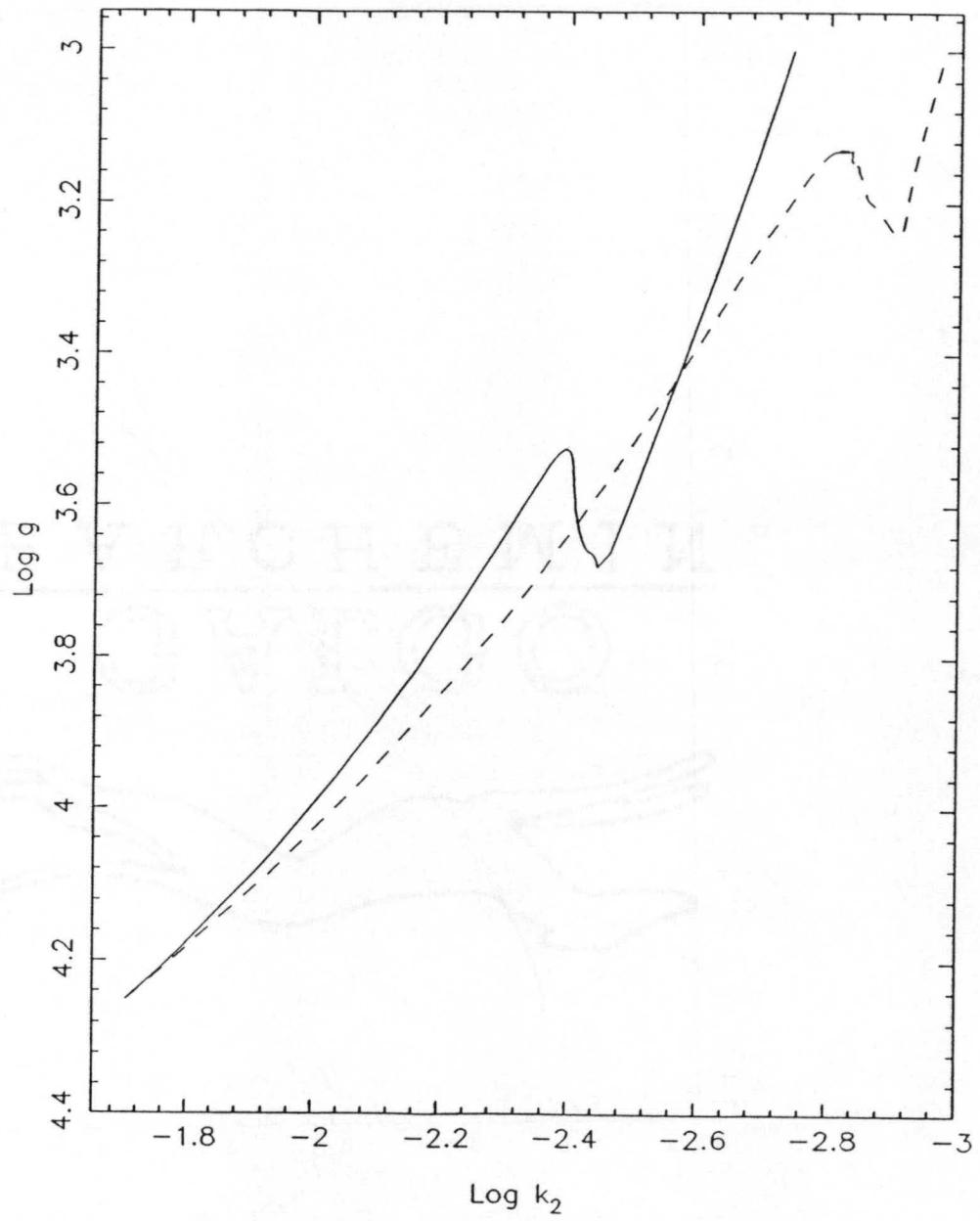


Figura 2.3.4.12b Diagrama  $\log k_2 - \log g$  comparativo entre el presente modelo estándar (continua) y el que incluye overshooting y pérdida de masa para  $25 M_{\odot}$

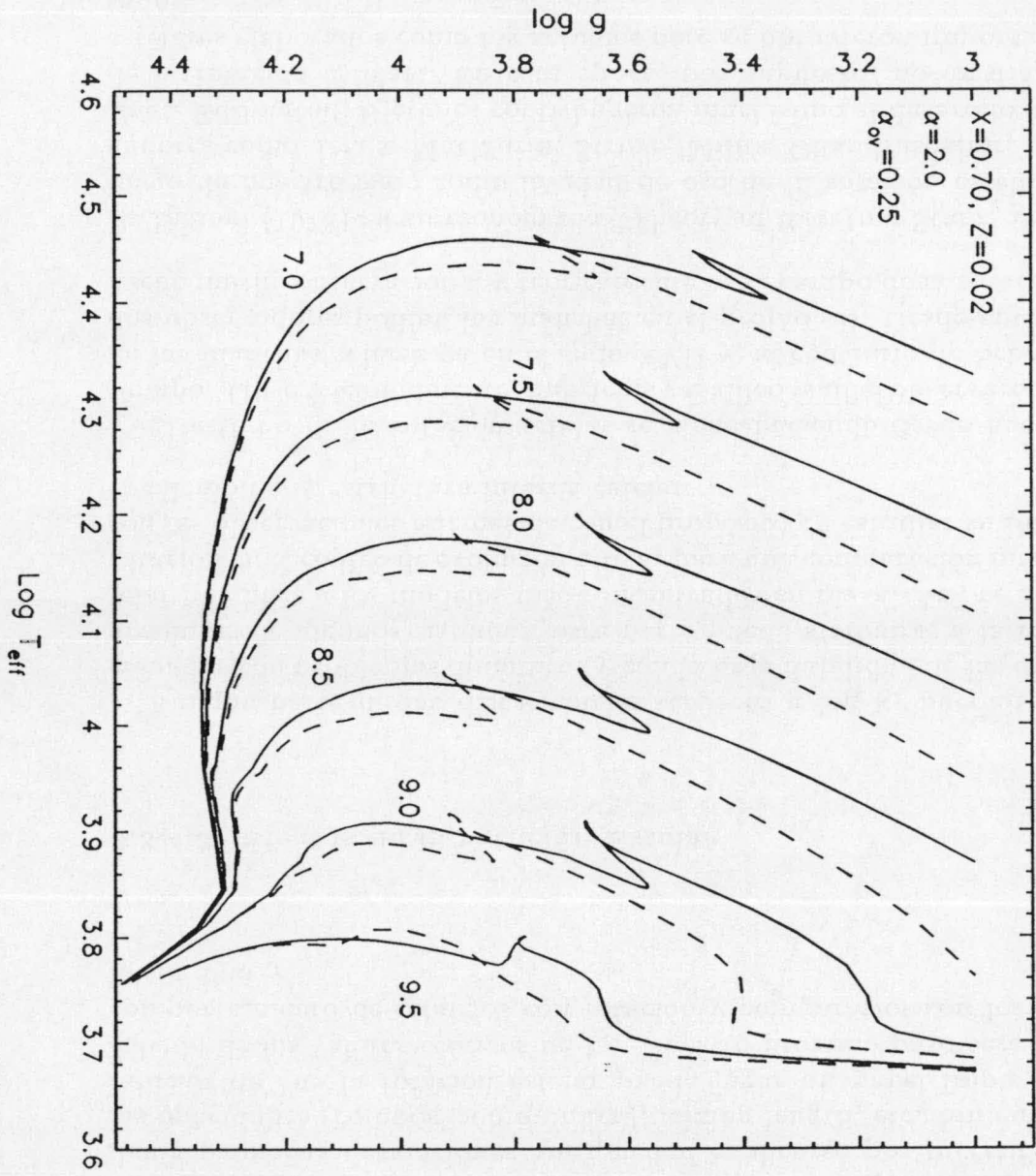


Figura 2.3.4.13 Isochronas para el modelo estándar (discontinua) y el modelo con overshooting y pérdida de masa (continua)

Resumiendo, la introducción del overshooting en el núcleo y de la pérdida de masa en nuestro modelo evolutivo mejoran substancialmente la comparación con las observaciones respecto a las constantes de estructura interna sin perder el buen acuerdo entre teoría y observación en lo que concierne a las dimensiones absolutas. Aunque la mejoría es significativa, quedan todavía pequeñas desviaciones que pueden explicarse por incertidumbres en las opacidades (composición química), mixing length, etc. Sin embargo, hay indicios de que la rotación estelar puede jugar un papel importante en el cálculo de los valores teóricos de  $k_2$ . Nuestro próximo paso será estudiar el comportamiento de modelos con rotación y compararlos con los estudiados hasta aquí.

#### 2.3.4.3 Efectos de la rotación Estelar

Aunque parte de las discrepancias respecto a  $\log k_2$  puedan estar relacionadas con problemas dinámicos y con la baja fiabilidad de las dimensiones absolutas de algunos sistemas, otra parte puede atribuirse a la rotación estelar que hace a los modelos más concentrados en masa. Así, se introdujo la rotación en el código de evolución estelar para una comparación más detallada con las observaciones además de con el propósito de estudiar su influencia en el cálculo de la estructura interna estelar.

El estudio de la rotación estelar se viene haciendo desde hace bastante tiempo. Observacionalmente, Fabricius y Galileo Galilei observaron el movimiento de las manchas solares ya en el siglo XVII y, al contrario de Scheiner, estos dos observadores ponían las manchas en el propio sol. Desde entonces se ha hecho mucho observacional y teóricamente en el campo de la rotación estelar.

Tassoul (1978) en su monografía "Theory of Rotating Stars" denomina el inicio de nuestro siglo como la edad de oro de la rotación estelar. Investigadores como Jeans, Maclaurin, Struve, Milne, Chandrasekhar, von Zeipel, Vogt, Eddington, Bjerknæs contribuyeron muchísimo al desarrollo de la teoría de la rotación estelar. En esta época, por supuesto, no existían modelos estelares elaborados como los actuales pero se obtuvieron importantes resultados.

Stoekely (1965) investigó los polítopos con rotación diferencial asumiendo una distribución gaussiana para la velocidad angular  $\omega$ . Bodenheimer



y Ostriker (1973) usando el llamado método autoconsistente utilizaron una distribución de momento angular en lugar de la velocidad. En este caso los modelos son muy similares a los esferoides de Maclaurin, con excepción de que aquellos no tienen rotación uniforme. Más recientemente, Aikawa (1971) estudió el problema de polítopos con rotación constante para varios valores del índice  $n$ . Muchos son los trabajos basados en modelos politrópicos que se han publicado desde entonces y aún hoy, siguen apareciendo nuevas técnicas de tratar el problema.

En relación a los modelos de evolución más elaborados también se han publicado bastantes artículos (ver por ejemplo, *Stellar Rotation*, ed. Sletteback (1970)). Para estrellas homogéneas, Faulkner *et al.* (1968) utilizando la técnica de Makeda construyeron modelos de  $1 m_{\odot}$ ,  $2 m_{\odot}$  y  $5 m_{\odot}$  que tenían en cuenta opacidades y generación de energía por procesos nucleares de una forma realista.

Kippenhahn *et al.* (1970) estudiaron el problema de modelos con rotación diferencial bajo dos hipótesis: 1) que el momento angular por unidad de masa se conserva localmente en regiones en equilibrio radiativo y tiene rotación de cuerpo rígido cuando la convección domina o 2) el momento angular por unidad de masa se conserva en regiones donde el peso molecular varía. Para regiones químicamente homogéneas se adopta la rotación de cuerpo rígido. Los principales resultados de esta investigación se pueden resumir en que la luminosidad y temperatura efectiva disminuyen mientras el radio aumenta con la rotación. Cualquiera que sea la ley de conservación del momento angular adoptada, el resultado final es un núcleo que rota muy rápidamente y una atmósfera cuya velocidad angular es bastante pequeña en relación al núcleo.

Por las características del potencial centrífugo, es de esperarse que un modelo que contenga rotación (aunque que sea uniforme) se haga más concentrado centralmente. De hecho, Stothers (1974) en un artículo sobre comparación entre teoría y observación para las constantes de estructura interna, utilizando la formulación de Faulkner *et al.* (1968) encontró una corrección para la constante  $\log k_2$  en función del parámetro  $\lambda$  definido anteriormente que se puede escribir como:

$$\log k_{2rot} - \log k_{2stan} = -0.7\lambda \quad (2.3.4.3.1)$$

Lamentablemente, Stothers no describe el método empleado para obtener tal información.

Hemos utilizado la aproximación cuasi esférica (Claret y Giménez, 1991c; Giménez y Claret, 1990b) debido a Kippenhahn y Thomas, (1970) que trata configuraciones distorcidas como esferas equivalentes y cuyas funciones promedio son definidas como

$$\bar{F} = S_{\psi}^{-1} \int_{\psi=\text{const}} F dS \quad (2.3.4.3.2).$$

donde  $dS$  es el elemento de superficie ( $\psi = \text{constante}$ ).

La gravedad viene dada por

$$g = \frac{d\psi}{dn} \quad (2.3.4.3.3),$$

donde  $dn$  es la distancia entre dos superficies vecinas. El volumen equivalente viene dado por

$$V_{\psi} = \frac{4\pi}{3} r_{\psi}^3 \quad (2.3.4.3.4).$$

Las principales diferencias de un modelo con rotación respecto a un modelo no rotante son:

- a) Reducción de la gravedad efectiva (*cambio en la ecuación de equilibrio hidrostático*)
- b) La fuerza centrífuga no es paralela a la fuerza gravitatoria. Las superficies equipotenciales no son esferas (*todas las ecuaciones de la estructura estelar quedan afectadas excepto la de equilibrio convectivo*)
- c) El flujo radiativo no es constante sobre una superficie equipotencial (*cambio en la ecuación de equilibrio radiativo. El criterio de estabilidad contra la convección puede también modificarse debido a cambios en el gradiente de temperatura radiativo*)

d) Algunos modos de movimiento convectivo se pueden inhibir con cambios en el criterio de estabilidad frente a la convección.

Las ecuaciones de estructura estelar modificadas vienen dadas por

$$\frac{\partial r_\psi}{\partial M_\psi} = \frac{1}{4\pi\rho r_\psi^2} \quad (2.3.4.3.5)$$

$$\frac{\partial P_\psi}{\partial M_\psi} = -\frac{GM_\psi}{4\pi r_\psi^4} f_P \quad (2.3.4.3.6)$$

$$\frac{\partial L_\psi}{\partial M_\psi} = \epsilon - T \frac{\partial S}{\partial t} \quad (2.3.4.3.7)$$

$$\frac{\partial \ln T_\psi}{\partial \ln P_\psi} = \frac{3\kappa L_\psi P_\psi f_T}{16\pi acGM_\psi T_\psi^4 f_P} \quad (2.3.4.3.8)$$

El criterio de Schwarzschild es

$$\frac{\partial \ln T_\psi}{\partial \ln P_\psi} = \min[\nabla_{ad}, \nabla_{rad} \frac{f_T}{f_P}] \quad (2.3.4.3.9)$$

donde  $\nabla_{ad}$  y  $\nabla_{rad}$  son los gradientes adiabáticos y radiativos y los demás símbolos tienen sus significados usuales.

Las funciones  $f_P$  y  $f_T$  dependen únicamente de la geometría de las superficies equipotenciales y se pueden escribir como:

$$f_P = 4\pi r_\psi^4 \frac{1}{GM_\psi S_\psi \bar{g}^{-1}} \quad (2.3.4.3.10)$$

$$f_T = \left( \frac{4\pi r_\psi^2}{S_\psi} \right)^2 \frac{1}{\bar{g} \bar{g}^{-1}} \quad (2.3.4.3.11)$$

En principio, al utilizar esta aproximación, es necesario resolver la ecuación de Poisson simultáneamente. Sin embargo, si elegimos el potencial como

la solución correspondiente al modelo de Roche, tal condición no es necesaria. Hemos tenido en cuenta la aproximación al modelo mediante superficies críticas de Roche y hemos considerado también los efectos de marea. Así podemos presentar un estudio de los cambios introducidos en las constantes de estructura interna (principalmente  $\log k_2$ ) en función de la rotación (Figura 2.3.4.3.1) y de la relación de masas (Figura 2.3.4.3.2) para un modelo de 10 masas solares. Dados los valores típicos de la relación de masas, podemos concluir que las diferencias respecto a  $\log k_2$  entre el modelo convencional y el modelo con rotación son casi constantes (para este caso hemos mantenido la relación  $\omega/\omega_p$  igual a 1.0).

Por otra parte si variamos la relación entre la velocidad angular y la kepleriana ( $q = 1$ ) la Figura 2.3.4.3.1 muestra que cuanto más se aleja de la sincronización, mayor es el efecto en  $\log k_2$  haciendo los modelos más concentrados en masa. Sin embargo, hay limitaciones a estos resultados y se refieren a que en nuestra muestra casi todos los sistemas están sincronizados en el periastro y no podemos adoptar valores demasiado altos para  $\omega/\omega_p$ . Pero ¿estarían sincronizadas también en la ZAMS o incluso en la etapa Pre Secuencia Principal? Esta es ciertamente un cuestión difícil de tratar. Si las estrellas se "frenan" con el tiempo para sincronizarse es porque deben girar, en esta fase, con velocidades angulares mayores que las actuales. Sería muy interesante estudiar este problema y en efecto nos lo hemos planteado para trabajos futuros.



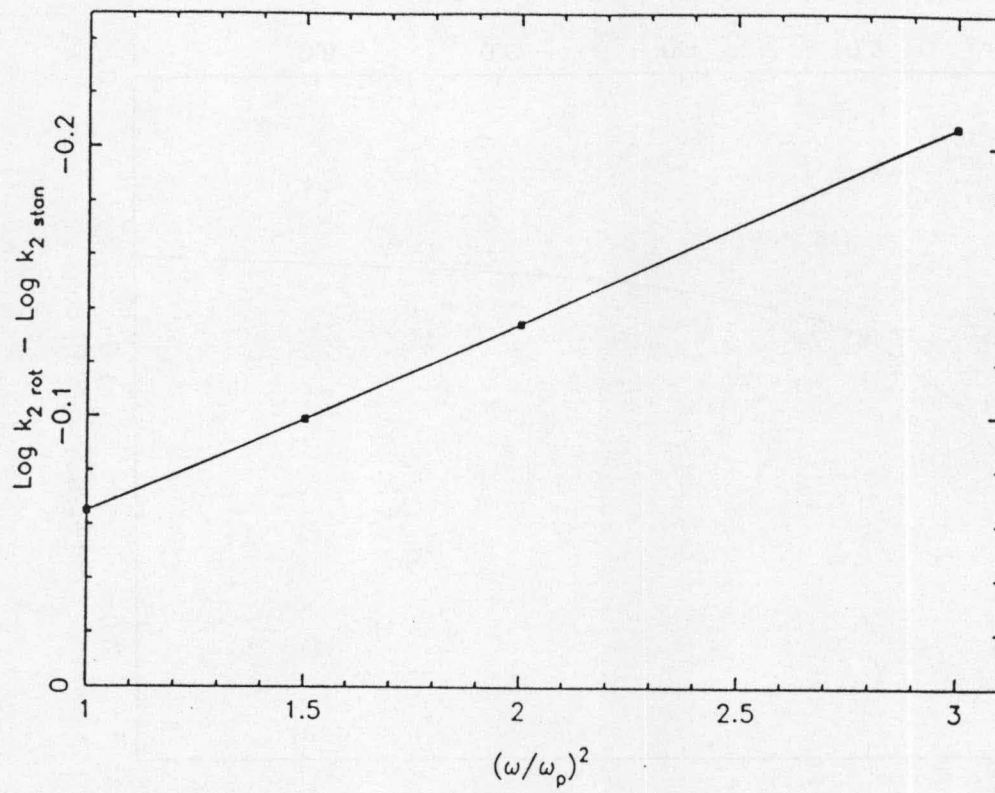


Figura 2.3.4.1 Efecto de la velocidad angular en  $\log k_2$ .

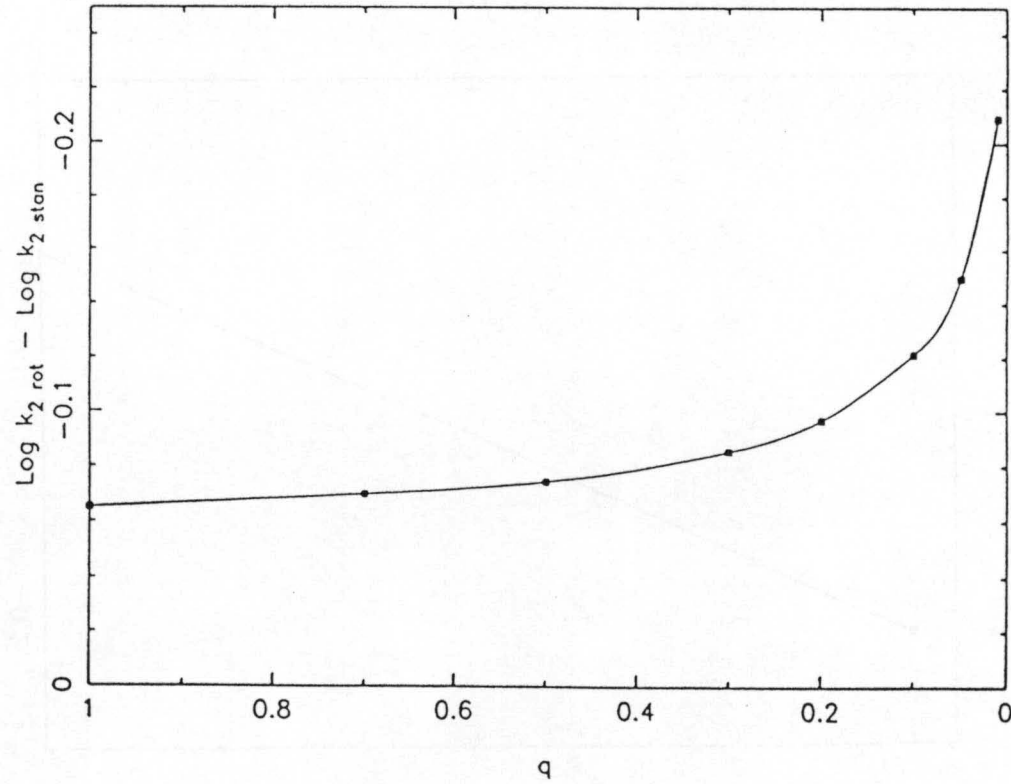


Figura 2.3.4.2 Efecto de la razón de masas en  $\log k_2$ .

Podemos también cuestionar la validez de la hipótesis de que la primaria llena su lobulo de Roche. Sackmann (1970) demostró que las desviaciones respecto al modelo de Roche para modelos que rotan críticamente es una función de la masa y que para masas superiores a 5 masas solares la aproximación es razonable. Sin embargo, debemos tener en mente que el presente estudio es apenas exploratorio y que una aceptable corrección introducida en  $\log k_2$  por la rotación es del orden de

$$\log k_{2rot} \approx \log k_{2stan} - \lambda \quad (2.3.4.3.12)$$

en muy buen acuerdo con resultados anteriores (Stothers, 1974).

Finalmente aplicando la corrección (2.3.4.3.12), la Figura 2.3.4.3.3 muestra un buen acuerdo entre teoría y observación para las constantes de estructura interna estelar. Por primera vez, no se han detectado los efectos sistemáticos, aunque haya desviaciones para los tres sistemas comentados anteriormente ( $\alpha$  Vir, Hr 7551, V380 Cyg). Sin embargo, es necesario continuar este tipo de estudio con análisis de sistemas con orbitas excéntricas así como obtención de dimensiones absolutas con alto grado de fiabilidad que incluyan también metalicidades. Los estudios teóricos, obviamente, deben acompañar tales progresos.





### 2.3.5 Tiempos de sincronización y de circularización

Hemos visto (apartado 2.1.6) de la importancia de los tiempos de sincronización y de circularización para el estudio de las estrellas binarias porque posibilitan una comparación directa de las observaciones con las predicciones de las teorías de evolución estelar y de marea. Es una de las formas de acceso al interior estelar más fiables, a parte del movimiento apsidal. Sin embargo, el uso de las escalas de tiempo instantáneas no es un procedimiento adecuado para confrontación de las observaciones frente a las teorías de marea. En el presente apartado nos dedicaremos a comprobar la validez de dichas teorías frente a nuestro modelo de evolución estelar (con "overshooting" y pérdida de masa) utilizando nuestra muestra de estrellas.

Como gran parte de los sistemas estudiados están en equilibrio radiativo, hemos decidido utilizar la formulación de Tassoul (1987, 1988) para el cálculo de las escalas de tiempo de sincronización y circularización. Según dicho autor las escalas de tiempo vienen dadas por

$$\tau_{sin} = 535 \times 10^{-N/4} (1 + q) q^{-1} L^{-0.25} M^{5/4} R^{-3} P^{11/4} \quad (2.3.5.1)$$

y

$$\tau_{cir} = 94000 \times 10^{-N/4} (1 + q)^{2/3} \beta^{-2} L^{-0.25} M^{23/12} R^{-5} P^{49/12} \quad (2.3.5)$$

donde la luminosidad, el radio y la masa vienen dadas en unidades solares; el período viene dado en días,  $\beta$  es el radio de giro y N vale 0 para equilibrio radiativo y 10 para equilibrio convectivo.

Integrando las ecuaciones diferenciales que relacionan las escalas de tiempo con la excentricidad y con  $\Delta P (= P_{orb} - P_{rot})$  y además imponiendo la condición que ambos parámetros caigan a 0.01 de sus valores iniciales, obtuvimos para una serie de modelos, los puntos donde esta condición se cumple para la sincronización y la circularización. Estos puntos se caracterizan por los valores críticos de  $\log g$ , R, edad, etc (Claret y Giménez, 1991d).

El tiempo para la cual se cumple dicha condición es llamado tiempo de sincronización (o de circularización, en su caso). En la Figura 2.3.5.1 podemos apreciar los valores de  $\log g_{cri}$  en función del período para modelos

con 1.12, 2.00 y 3.16  $M_{\odot}$  para el caso de circularización. En estos cálculos hemos utilizado los valores individuales de  $\beta$  para cada modelo evolutivo. La relación de masas ( $q$ ) se ha tomado como 1 pero el resultado final no es fuertemente dependiente de este parámetro. Figuras similares a la (2.3.5.1) pueden generarse para el caso de sincronización y para distintas masas.

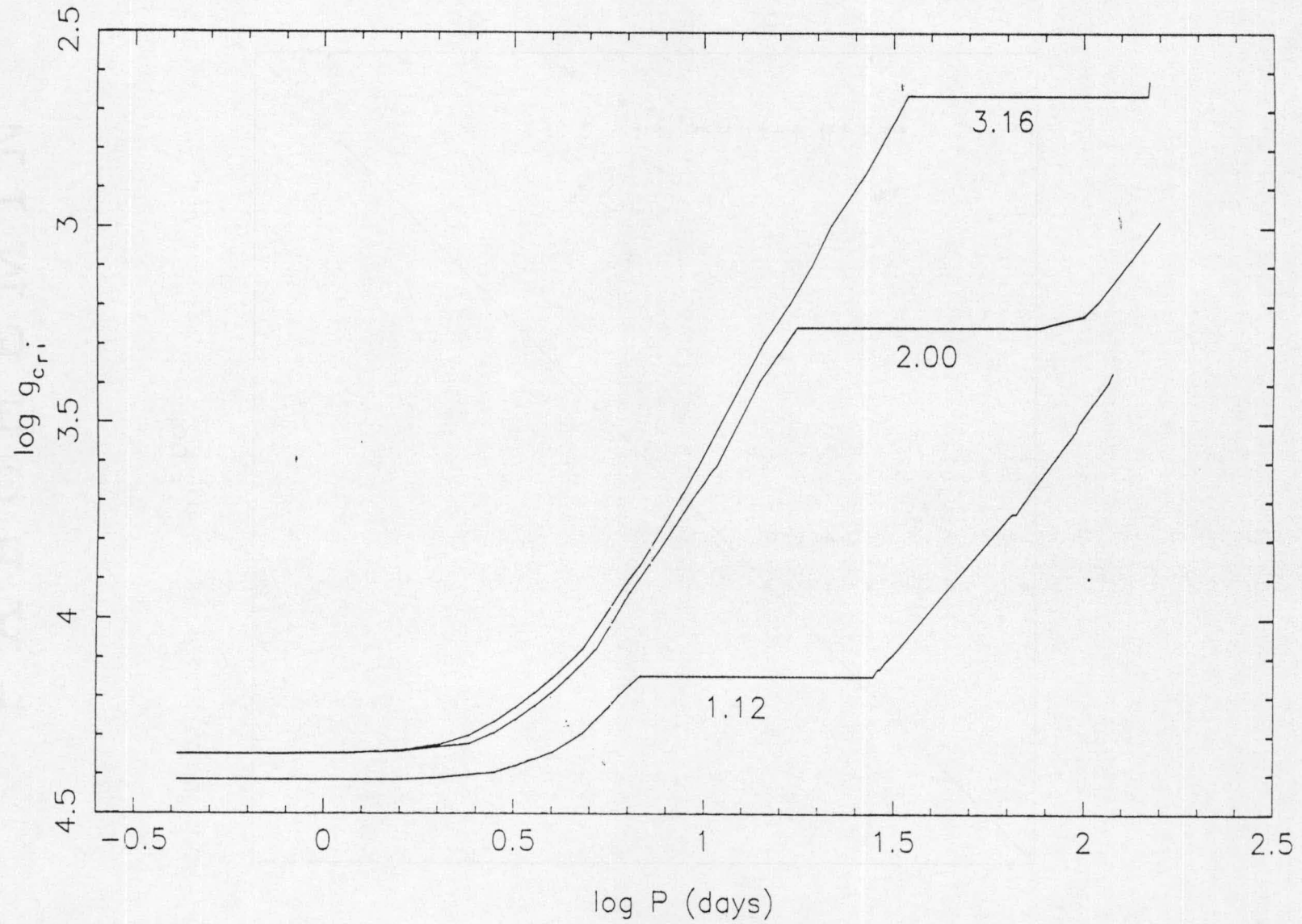


Figura 2.3.5.1  $\log g_{cri}$  (circularización) como una función del período orbital para modelos con  $m = 1.12, 2.00$  y  $3.16 M_{\odot}$

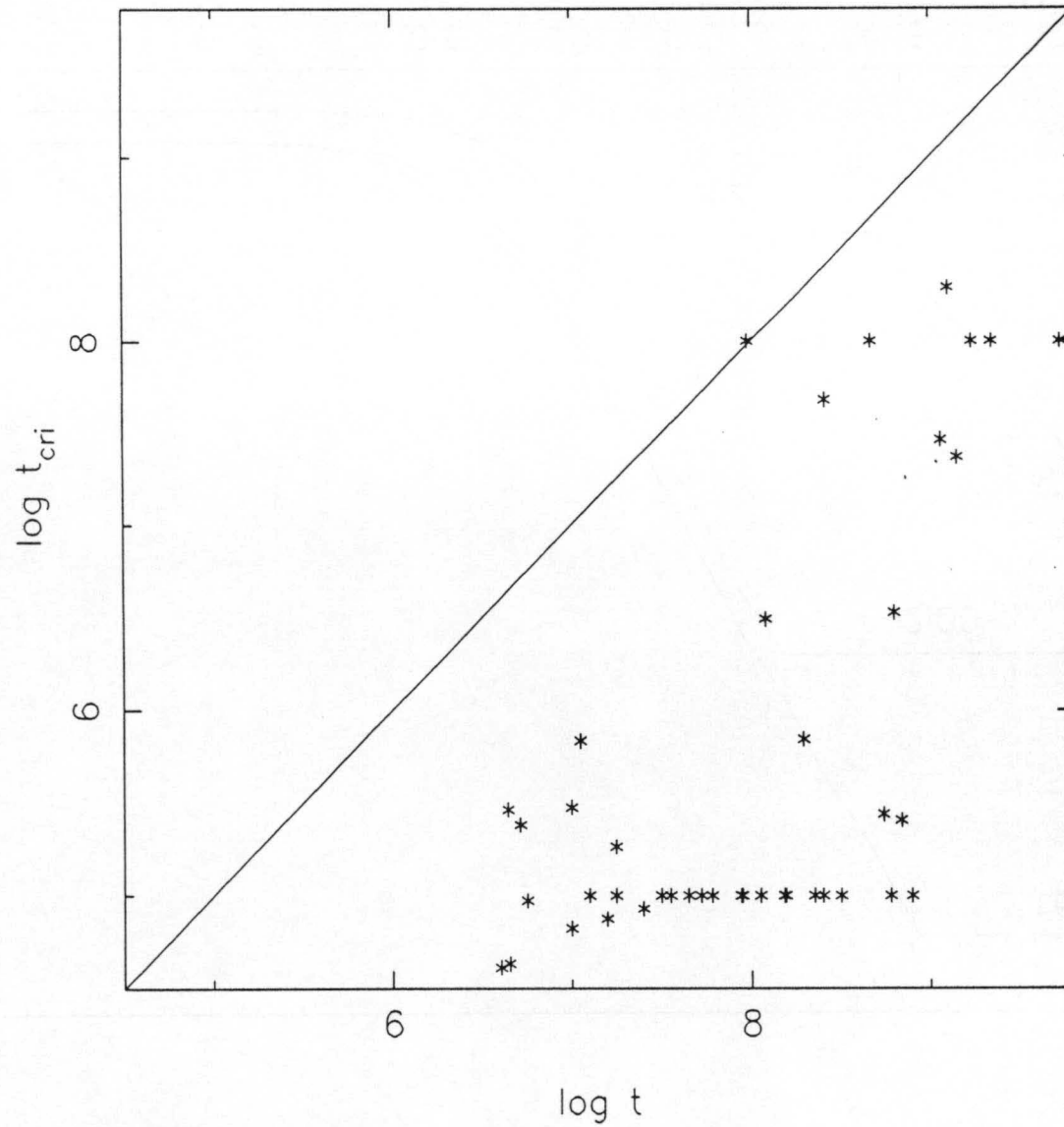


Figura 2.3.5.2 Tiempos de sincronización comparados con las edades deducidas de los modelos evolutivos.




Así, dadas las masas de las estrellas y su período podemos, con base en figuras semejantes a la (2.3.5.1), extraer valiosas informaciones a respecto de la sincronización y de la circularización. En la Figura 2.3.5.2 podemos ver las edades de los sistemas frente a los tiempos de sincronización. Por este diagrama, se puede concluir que las estrellas de nuestra muestra se encuentran sincronizadas, en buen acuerdo con las observaciones (Figura 2.3.3). Sin embargo, aunque animadores, estos hechos no nos permite ser conclusivos: un probable desacoplamiento entre atmósfera e interior nos impide ir más adelante.

Seguendo el mismo razonamiento para el caso de la sincronización, hemos obtenido una interesante relación entre  $\log g_{obs}$  y  $\log g_{cri}$  que puede ser vista en la Figura 2.3.5.3: el punto cero divide los sistemas en con alta excentricidad (izquierda) y los menos excéntricos (derecha). Hemos también utilizado en esta investigación algunos sistemas "detached" compilados por Harmanec (1988).

La Figura 2.3.5.4 tiene las mismas característica de la anterior pero es más significativa porque relaciona parámetros observados ( $e, P, R, m$ ) con los predichos por la teoría de evolución por marea ( $t_{cri}$ ) y con los predichos por los modelos evolutivos (edad). Esta conexión es muy estimulante ( y coherente) porque provee una buena visión del interior estelar suportada por datos observacionales. Para concluir, debemos señalar que, al contrario del caso de las estrellas más tardías (Zhan, 1989, Zhan y Bouchet, 1989), en las estrellas de tipo espectral temprano los mecanismo de circularización todavía siguen actuando durante la Secuencia Principal.







CAPITULO 3

LA IRRADIACION MUTUA EN COMPONENTES  
DE SISTEMAS BINARIOS ECLIPSANTES PROXIMOS





© A I G O

P A T E N T

UNIVERSIDAD DE GRANADA  
22 MAR. 1991  
COMISION DE DOCTORADO

### 3.1 Introducción

Cuando dos estrellas están ligadas por la fuerza gravitatoria y además están suficientemente cercanas, el calentamiento mutuo resulta importante en el análisis de la curva de luz. La forma en que la curva de luz viene afectada depende de las temperaturas efectivas de las estrellas, de su separación relativa, de la inclinación de la órbita, etc. Una de las consecuencias obvias de dicho efecto es que los hemisferios irradiados estarán más calientes que los no iluminados (suponiendo sincronismo entre rotación y traslación). Si el tiempo de relajación del efecto es corto, esta condición se verificará aunque no exista sincronización. A medida que las dos componentes recorren sus órbitas, la luz reflejada vista desde la línea de visión dependerá de la fase en la cual se encuentra el sistema. Esto puede ser traducido observacionalmente por una modulación en la curva de luz cerca del mínimo secundario.

Dicho efecto fue por primera vez apuntado por Dugan (1908) y Stebbins (1911) de forma independiente. Eddington (1926) y Milne (1927) hicieron las primeras investigaciones teóricas. A pesar de los escasos medios teóricos disponibles en esta época, Eddington mostró que para atmósferas en equilibrio radiativo el albedo es uno. Milne, a su vez, sistematizó la distribución de las temperaturas con la profundidad óptica y logró un acuerdo razonable con las variaciones observadas en las curvas de luz.

Chandrasekhar (1945, 1947, 1950) también estudió, desde el punto de vista teórico, el problema de las atmósferas irradiadas y presentó una solución exacta para el caso de atmósferas grises. Sin embargo, estos primeros resultados estaban basados en la suposición de que la distancia de la estrella fuente hasta la estrella irradiada era muy grande, o sea, el haz de radiación se consideraba plano paralelo. Posteriormente realizaron varios estudios para tener en cuenta el tamaño finito de las componentes (Russel (1949), Matukuma (1950), Kopal (1954)).

Al mismo tiempo que se introdujeron algunas mejoras respecto a la geometría y otros aspectos teóricos, Hosokawa (1959) utilizando el método desarrollado por Milne (1927) encontró un albedo igual a 0.50 para la secundaria de Algol. Más tarde, Napier (1971) y Ureche (1972) confirmaron estos resultados. Los desacuerdos para estrellas tardías (secundarias del tipo Algol) con los modelos teóricos hasta entonces disponibles eran obvios.

Ruciński (1969a, 1969b) dió una explicación por la cual las estrellas más

frías tienen un albedo distinto de 1.0. Además de otros resultados, demostró que el albedo para estrellas frías (como las secundarias de los sistemas del tipo Algol) es distinto de la unidad y cerca de 0.50. Obtuvo entonces, una correlación entre el albedo y la envoltura convectiva de dichas estrellas.

Wilson *et al.* (1972), aplicando el modelo WD (Wilson y Devinney, 1971, 1973; Wilson y Biermann, 1976; Leung y Wilson, 1977; Wilson, 1979) específicamente a Algol, encontraron, por medio de optimización por mínimos cuadrados, un albedo de  $0.52 \pm 0.02$  para la secundaria. Este programa, sin embargo, tiene una aproximación muy pobre al tratamiento del problema. Wood (1971a, 1971b, 1972) trata el efecto reflexión de una forma más apropiada. Su programa (WINK) sufrió recientemente algunas modificaciones debidas a Vaz y Nordlund (1985), fundamentalmente en lo que concierne a la irradiación mutua para el caso gris. La estrella irradiada se aproxima por un elipsoide de tres ejes aunque la estrella fuente sigue siendo esférica. Sin embargo, este modelo es inadecuado geoméricamente para el tratamiento de sistemas del tipo Algol.

Los estudios hechos acerca del efecto de reflexión que utilizan modelos de atmósferas estelares son más recientes y desde el punto de vista observacional, más refinados que los citados anteriormente. Buerger (1969, 1972) utilizando el modelo de Kurucz (1970) muestra que las variaciones en las anchuras equivalentes están en el límite de la precisión observacional. Estos estudios, obviamente, se refieren a estrellas calientes (en los dos casos: estrella fuente y estrella irradiada).

Más recientemente Kirbiyik y Smith (1976) tratando el flujo externo como una perturbación, estudiaron las corrientes de circulación originadas por la irradiación. Más tarde, Kirbiyik (1982) muestra que dichas corrientes pueden existir incluso en el hemisferio no irradiado. Observacionalmente, esto significa que hay cambios de brillo que se pueden detectar. Según Kopal (1980) deberían ocurrir cambios en la curva de luz y en la curva de velocidades radiales.

Peraiah (1982, 1983a, 1983b) y Peraiah y Rao (1983a, 1983b) resuelven la ecuación de transporte para atmósferas irradiadas con simetría esférica. Aunque sea una mejor aproximación geométrica que la plano paralela, el modelo de atmósfera resulta muy sencillo (isotérmico y difusión pura). Sin embargo, han encontrado cambios en la ley de oscurecimiento hacia el borde cuando sustituyen la geometría plano paralela por la simetría esférica.

Vaz y Nordlund (1985) eligen el programa UMA (Gustafsson *et al.*, 1975;



Bell *et al.*, 1976), por ser más adecuado a las estrellas frías, para implementar en él el efecto de reflexión. Estudian los cambios en los albedos y en la ley de oscurecimiento hacia el borde como función del ángulo de incidencia de la radiación, del flujo relativo, de la longitud de onda, de la cantidad de convección, del logaritmo de la gravedad superficial ( $\log g$ ), etc. Los flujos externos que utilizan son los mismos generados por UMA, o sea, simulan estrellas frías irradiadas por estrellas frías. Además, en algunos casos analizados por ellos, los valores de la distancia de la estrella fuente hacia la estrella reflectora son muy distintos de los valores típicos para sistemas del tipo Algol y también para binarias eclipsantes en general. Los valores de  $\log g$  usados también están fuera de los valores típicos para este tipo de estrellas. Estos comentarios se han hecho a la luz del problema que hemos planteado, o sea, la irradiación de secundarias del tipo Algol por estrellas calientes usando modelos de atmósferas lo más realistas posible.

### 3.2 El problema de las metalicidades en estrellas secundarias tipo Algol

El problema de la determinación del contenido metálico de las atmósferas de las estrellas secundarias del tipo Algol es uno de los más interesantes de la Astrofísica moderna tanto para astrónomos teóricos como observacionales. En una revisión sobre las estrellas binarias, Trimble (1983) apunta que la determinación de las metalicidades aún no está resuelta y que además, hay situaciones contradictorias y ambiguas.

Mientras que para las estrellas más separadas el análisis de metalicidad es relativamente sencillo, como por ejemplo para las binarias visuales, para los sistemas más próximos resulta lo contrario. En las binarias eclipsantes del tipo Algol, donde normalmente sólo es visible el espectro de la primaria, tal determinación se hace difícil y posible de sufrir contaminaciones. La situación es parecida desde el punto de vista fotométrico.

Miner (1966) usando el índice  $m'$ , mostró que la secundaria de U Cep tiene un valor bajo para dicho índice e interpretó tal hecho como una deficiencia de metales. McNamara (1967) hizo medidas en el sistema de Strömgen de U Cep (b) y obtuvo un índice  $\Delta m_1$  de 0.10. Usando la calibración de Strömgen (1963) encontró  $[Fe/H] = -0.9$  en buen acuerdo con el exceso ultravioleta dado por Eggen (1963). Aún en esta época, Hall (1967) con filtros de 50 Å de



anchura media determinó la abundancia de CN para algunas subgigantes del tipo Algol y los valores encontrados están entre 0.1 y -1.3, con valor promedio igual a -0.50. Tras su análisis, Hall muestra que sus resultados estaban en buen acuerdo con la calibración de Miner (1966).

Una secundaria del tipo Algol estudiada a menudo es S Vel. Esta estrella muestra un exceso de ultravioleta  $\delta(U-B) = 0^m.16$  en el eclipse total (Sisteró, 1968; 1971) que se interpreta también como una deficiencia metálica respecto al Sol de un factor 8. Bond (1972) tomando espectros de esta estrella en las fases 0.999-0.013 con una dispersión de  $125 \text{ \AA mm}^{-1}$  concluyó que el espectro de la secundaria es muy parecido al de una estrella deficiente en metales.

Baldwin (1973) hizo un análisis similar para U Cep (b) pero utilizando una dispersión de  $40 \text{ \AA mm}^{-1}$  que, a su vez, no detectó ninguna evidencia de baja metalicidad. Sin embargo, apuntó que las líneas H y K son más débiles que las de una estrella similar normal y además, están en emisión. Las estrellas convectivas al ser puestas en rotación rápida presentan cromosferas activas y líneas de emisión que rellenan algunas líneas de absorción (Giménez *et al.*, 1991)

También con el objetivo de determinar las metalicidades en las estrellas dobles, Naftilan (1975a) obtuvo espectros de varias secundarias de binarias eclipsantes : U Cep, TT Hya, ZZ Cnc, RS CVn, RW UMa, RZ Oph. La dispersión usada era de  $39 \text{ \AA mm}^{-1}$  en  $H_\gamma$  cubriendo el rango desde las líneas H y K hasta  $H_\beta$ . Ajustando parámetros usados para generar espectros y comparándolos con las observaciones concluyó que la componente secundaria de RZ Oph no tiene deficiencia metálica; las secundarias de RS CVn y RW UMa son moderadamente deficientes y U Cep (b), TT Hya (b) y ZZ Cnc (b) tienen poca deficiencia metálica. Estas estrellas son del tipo Algol, mientras RZ Ophi es separada igual que RS Cvn y RW Uma.

En otros artículos (Naftilan, 1975b, 1976), con una dispersión más apropiada, estudia, usando las técnicas de curva de crecimiento y de síntesis espectral, USge (b) (tipo Algol). Encuentra que algunos metales son poco abundantes y otros tienen abundancias normales, incluso hasta mayores.

Plavec y Polidan (1976) observaron nueve estrellas espectroscópicamente y encontraron emisiones en  $H_\alpha$  en varios sistemas.

Para el sistema Algol, Kondo y Okasaki (1980) analizando el contenido de sodio, usando para ello las líneas  $D_1$  y  $D_2$ , encontraron que la primaria tiene más sodio en su atmósfera que la secundaria. Cuantitativamente  $[\text{Na}/\text{H}]_{\text{prim}}$

$$= +0.3 \text{ y } [\text{Na}/\text{H}]_{\text{sec}} = -0.5.$$

Por otro lado, Olsen (1982) estudiando binarias bien separadas no encontró ninguna anomalía química en su análisis.

El problema de la determinación de anomalías químicas en las atmósferas de estrellas dobles no está, como vimos antes, bien establecido. Hay resultados que refuerzan el hecho que las secundarias tienen baja metalicidad respecto a la primaria; otras investigaciones indican que ambas tienen las mismas metalicidades. Sin embargo, una característica que distingue los sistemas que tienen composiciones químicas normales de los que son anómalos son las distancias relativas entre las dos componentes. *Grosso modo*, podemos hacer una correlación entre los sistemas que presentan anomalías y la distancia entre las componentes y tal vez, con las temperaturas efectivas de las primarias involucradas.

Un parámetro quizá más general para esta correlación inicial sea el estado evolutivo. Las estrellas estudiadas por Olsen (1982) por ser mucho más separadas se pueden estudiar, desde el punto de vista evolutivo, como estrellas aisladas. Además, Naftilan (1975a) mostró que uno de los sistemas estudiados por él, RZ Oph, no presenta anomalía química alguna. Este sistema, según la nomenclatura de Kopal (1959) es un sistema separado, o sea, las dos componentes están totalmente dentro de sus límites de Roche respectivos. Los otros sistemas de su muestra tienen particularidades que los alejan de una evolución normal. Esto significa que las componentes (al menos la secundaria) no se pueden estudiar, desde el punto de vista evolutivo, como estrellas aisladas.

Lo que distingue la evolución de una estrella aislada de otra estrella que forma parte de un sistema doble es justamente la proximidad de las componentes. Esta puede dar lugar a mareas, intercambios de masa, irradiación, etc. Todas estas características pueden cambiar drásticamente la historia evolutiva de un sistema, cada cuál de una manera. Evidentemente, cada uno de estos efectos puede actuar por separado o en conjunto, dependiendo de la naturaleza del sistema en estudio (ver una discusión más detallada en el capítulo dedicado al cálculo teórico de los parámetros de concentración interna).

Se ha hecho mucho teóricamente para tener en cuenta estos fenómenos. Sin embargo, las discrepancias entre observaciones y teoría siguen existiendo. Además del problema de la determinación teórica de los parámetros de concentración interna y de la determinación del contenido metálico en las secun-

darias de algunos sistemas, hay más problemas por resolver. De estos quizás el mayor sea la llamada paradoja de Algol.

Según las teorías corrientes de evolución estelar, el camino evolutivo de una estrella viene dictado fundamentalmente por su masa y su composición química inicial. De esta forma, una estrella muy masiva evolucionará más rápidamente que una cuya masa sea inferior (para igual composición química). Sin embargo, tras muchos trabajos y discusiones, se ha establecido que la secundaria (menos masiva) del sistema Algol es más evolucionada que la primaria (más masiva). Si se supone que ambas nacieron juntas, de una misma nube inicial, deben tener la misma composición química y la misma edad. Queda entonces establecida la paradoja.

Se han formulado varias teorías en el intento de explicar dicho fenómeno (ver Plavec, 1968). Entre ellas, la más aceptada actualmente es la del intercambio de masa (Crawford, 1955). Según esta teoría, la secundaria actual (menos masiva) sería en el inicio, la más masiva. Al evolucionar, sufriría expansiones hasta llegar a su límite de Roche transfiriendo, en este punto, masa a la otra estrella menos masiva. Los papeles serían, al cabo de un cierto tiempo cambiados, llegando entonces al estado actual.

Computacionalmente, esta teoría disminuyó los desacuerdos, pero no estaba totalmente consolidada observacionalmente. La paradoja de Algol existe en una clase de binarias que, *a priori*, no debería presentarlo. En los sistemas de Sirius y Procyon una de las componentes (la menos masiva) es una enana blanca y la otra es una estrella perteneciente a la Secuencia Principal. El cambio de masa difícilmente podría explicar este hecho teniendo en cuenta los largos períodos de estos sistemas (decenas de años). Además, se han descubierto muchos sistemas (más de 60) cuyas secundarias son enanas blancas y las primarias estrellas de la Secuencia Principal (Agayev *et al.*, 1982). Este número tiende a ser aumentado con el refinamiento de las técnicas observacionales. Así, este contra-ejemplo parece ser mucho más común y descarta la posibilidad de que Sirius y Procyon sean sistemas raros.

Desde el punto de vista de las anomalías químicas, la teoría de transferencia de masa e vé que la secundaria (actual) debe tener más metales en su atmósfera que la primaria. Así, la teoría de cambio de masa mejora el acuerdo entre observación y teoría pero, por otro lado, es incapaz de explicar algunos fenómenos.

De los fenómenos debidos a la proximidad presentes en los sistemas binarios, las deformaciones tampoco pueden explicar las anomalías en las com-



posiciones químicas.

La irradiación mutua puede tener un efecto importante en el análisis de las curvas de luz y de velocidades radiales, como hemos dicho anteriormente pero ¿ tendrá influencia en la evolución de los sistemas binarios?

En el inicio de las investigaciones sobre el efecto reflexión, Eddington (1926) descartó tal posibilidad; también Kirbiyik y Smith (1982) reforzaron este punto de vista.

Kondo y Modisette (1982) y Modisette y Kondo (1980a, 1980b) estudiaron una transferencia de masa cuyo flujo se debe al calentamiento de la atmósfera de la secundaria. De esta forma, las partículas constituyentes de la atmósfera irradiada aumentarían su energía cinética media posibilitando el flujo de masa hacia la primaria. Existe pues otra forma además del mecanismo de Roche que posibilita el cambio de masa en un sistema doble.

Claret (1985) en base al formalismo de Sobieski (1965a, 1965b) para estudiar la estructura de una estrella irradiada, demostró que no hay cambios apreciables en las temperaturas de capas del modelo de interior, confirmando así una de las previsiones de Eddington (1926). Esto significa que una de las más importantes características de un modelo evolutivo, la tasa de combustión de hidrógeno, no está afectada por la irradiación. Entonces, el modelo, desde el punto de vista del interior, es insensible al efecto de reflexión.

Sin embargo, si la irradiación mutua no afecta al interior de una estrella, ¿ocurrirá lo mismo en las capas más externas? Uno de los rasgos más interesantes apuntados por Eddington (1926) y posteriormente confirmado por muchos autores ( Ruciński (1970); Vaz y Nordlund (1985); Giménez y Claret (1989); Claret y Giménez (1990a)) es que el espectro de una estrella irradiada es distinto de

- a) el espectro de la estrella original no irradiada
- b) el espectro de la estrella fuente
- c) el espectro de una estrella que no siendo irradiada emita la misma cantidad de energía (misma temperatura efectiva)

Esto, añadido al hecho de que no podemos observar directamente el interior de una estrella, nos ha llevado a investigar los efectos que una atmósfera irradiada puede tener en la interpretación de aquellos espectros en los cuáles la irradiación es muy importante.



Un modelo de atmósfera que no contiene en su física un determinado fenómeno, jamás podrá ofrecer un buen acuerdo entre teoría y observación cuando el sistema estudiado esté bajo la influencia de la irradiación. Por el contrario, puede ofrecer, tras el análisis en el que el ajuste de parámetros sea posible, un conjunto de datos totalmente distinto de los que se obtendrían con el modelo adecuado. De hecho, ésta es una situación muy a menudo encontrada en el estudio de binarias eclipsantes: parámetros erróneos pueden combinarse de una manera correcta llevando a soluciones globales totalmente incorretas aunque se consigan muy buenos ajustes numéricos

De esta forma, si un sistema tiene un efecto de irradiación muy pronunciado y no es tratado adecuadamente, pueden aparecer errores sistemáticos que provocan problemas muy serios en cuanto a la interpretación de las observaciones.

Como hemos dicho antes, los espectros irradiados difieren mucho de los que emiten la misma cantidad de energía, o sea, que tienen el mismo flujo neto. Si, sin embargo, comparamos los espectros irradiados con los que tienen la misma temperatura efectiva, lógicamente estaremos cometiendo errores que en algunos casos pueden ser fatales. Pero, ¿qué tipo de errores?

Vamos a plantear justamente este problema en este capítulo: estudiar los efectos de la irradiación en la determinación de los parámetros físicamente más importantes en un sistema binario próximo (tipo Algol) y además, estudiar los errores que pueden aparecer en la interpretación de dichos parámetros.

Para ello, necesitamos de un modelo de atmósfera adecuado a estrellas frías. Teniendo este modelo, hay que introducir en él la irradiación externa usando parámetros característicos compatibles con los observacionales; comparar los cambios ocurridos respecto a los modelos no irradiados originales y los no irradiados con la misma temperatura efectiva. Solo entonces, intentaremos sacar de los resultados una interpretación de los parámetros obtenidos.

### 3.3 El Modelo de Atmósferas

El modelo elegido para este estudio fue el usado por Vaz y Nordlund (1985) o sea, el programa UMA (Gustafsson *et al.*, (1975), Bell *et al.*, (1976)) con modificaciones en las condiciones de contorno superiores (en  $\tau = 0$ ). Antes de entrar en más detalles sobre este modelo, presentamos un pequeño resumen acerca del método matemático empleado.

El modelo matemático que describe las propiedades físicas y el flujo emergente de una atmósfera estelar es lo que llamamos un modelo de atmósfera. Como este modelo matemático es bastante complejo, solamente el uso de grandes y rápidos ordenadores posibilita la obtención de resultados suficientemente detallados.

Normalmente, cuando se trabaja con un modelo de atmósferas estelar es necesario hacer algunas hipótesis simplificadoras de las cuáles podemos destacar (Mihalas, 1978, pag 162):

- a) Geometría: puede ser plano paralela cuando la anchura de la atmósfera es pequeña al compararla con el radio de la estrella o esférica si su anchura es del mismo orden del radio
- b) Estado estacionario: no hay fenómenos dependientes del tiempo, como pulsaciones, envolturas en expansión, etc
- c) Balance del Momento: se asume que la atmósfera está en equilibrio hidrostático, o sea, la presión de los gases está compensada por la fuerza gravitatoria
- d) Balance de Energía: normalmente se asume que la atmósfera está en equilibrio radiativo, mientras que para estrellas más frías se tiene que introducir la convección.

El flujo de una atmósfera se obtiene a través de la resolución de la ecuación de transporte. Existen varios métodos numéricos para el tratamiento de esta ecuación. Sin embargo, debido al modelo que usaremos en este trabajo, haremos un breve resumen del método de Feautrier (Mihalas, 1978, pag.

151 y Feautrier, 1964, 1967, 1968) para que sean más fácilmente entendidas modificaciones posteriores.

El método de Feautrier consiste en escribir la ecuación de transporte como una ecuación diferencial de segundo orden sujeta a dos condiciones de contorno. Así,

$$\pm\mu\frac{\partial}{\partial z}I(z,\pm\mu,\nu) = \chi(z,\nu)[S(z,\nu) - I(z,\pm\mu,\nu)] \quad (3.1)$$

donde  $\mu$  es el coseno del ángulo polar del haz de radiación,  $I$  la intensidad específica,  $\nu$  la frecuencia,  $\chi(z,\nu)$  la opacidad y  $S(z,\nu)$  es la función fuente.

Tomándose medias simétricas y antisimétricas de la intensidad específica:

$$u(z,\mu,\nu) = \frac{1}{2}[I(z,\mu,\nu) + I(z,-\mu,\nu)] \quad (3.2)$$

$$v(z,\mu,\nu) = \frac{1}{2}[I(z,\mu,\nu) - I(z,-\mu,\nu)] \quad (3.3)$$

y manipulando algebraicamente las dos expresiones anteriores, podremos reducir (3.1) a una sola ecuación de segundo orden

$$\frac{\mu^2}{\chi(z,\nu)}\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{1}{\chi(z,\nu)}\frac{\partial}{\partial z}u(z,\mu,\nu)\right) = u(z,\mu,\nu) - S(z,\nu) \quad (3.4)$$

o, usando la profundidad óptica  $d\tau_\nu = -\chi(z,\nu)dz$  y simplificando la notación,

$$\mu^2\frac{\partial^2}{\partial\tau_\nu^2}u_{\mu\nu} = u_{\mu\nu} - S_\nu \quad (3.5)$$

donde asumimos que la función fuente es simétrica en  $\mu$ .

Establecemos las condiciones de contorno en dos puntos:  $\tau_\nu = 0$  y  $\tau_\nu = \tau_{\max}$ . En  $\tau_\nu = 0$  normalmente tenemos  $I(0,-\mu,\nu) \equiv 0$  (sin irradiación externa) que a su vez implica que  $v_{\mu\nu}(0) \equiv u_{\mu\nu}(0)$ . De esta forma tendremos

$$\mu \left( \frac{\partial}{\partial \tau_\nu} u_{\mu\nu} \right)_0 = u_{\mu\nu}(0) \quad (3.6)$$

En  $\tau_\nu = \tau_{\max}$ , especificando  $I(\tau_{\max}, +\mu, \nu) = I^+(\mu, \nu)$  y escribiendo  $v_{\mu\nu}(\tau_{\max}) = I^+(\mu, \nu) - u_{\mu\nu}(\tau_{\max})$  tendremos

$$\mu \left( \frac{\partial}{\partial \tau_\nu} u_{\mu\nu} \right)_{\tau_{\max}} = I^+(\mu, \nu) - u_{\mu\nu}(\tau_{\max}) \quad (3.7)$$

Sin embargo, para grandes profundidades ópticas se puede demostrar que la ecuación de difusión es una buena aproximación. Así,

$$I(\tau_{\max}, \mu, \nu) = B_\nu(\tau_{\max}) + \mu \left( \frac{1}{\chi_\nu} \left| \frac{\partial B_\nu}{\partial z} \right| \right)_{\tau_{\max}} \quad (3.8)$$

donde  $B_\nu$  es la función de Planck. Entonces

$$\mu \left( \frac{\partial}{\partial \tau_\nu} u_{\mu\nu} \right)_{\tau_{\max}} = \mu \left( \frac{1}{\chi_\nu} \left| \frac{\partial B_\nu}{\partial z} \right| \right)_{\tau_{\max}} \quad (3.9)$$

si recordamos que  $u_{\mu\nu}(\tau_{\max}) = B_\nu(\tau_{\max})$  y  $v_{\mu\nu}(\tau_{\max})$  es igual al lado derecho de la expresión (3.9).

El método de Feautrier propone una discretización en las profundidades ópticas  $\tau_d$ , ( $d = 1, 2, \dots, D$ ) igual que en los ángulos  $\mu_m$ , ( $m = 1, 2, \dots, M$ ) y en las frecuencias  $\nu_n$ , ( $n = 1, 2, \dots, N$ ) y las integrales se sustituyen por cuadraturas. Por otro lado, las derivadas se sustituyen por fórmulas de diferencias. Si definimos

$$\Delta\tau_{d\pm\frac{1}{2},i} \equiv \frac{1}{2} \left( \frac{\chi_{d\pm 1,i} - \chi_{d,i}}{z_{d\pm 1} - z_d} \right) \quad (3.10)$$

$$\Delta\tau_{d,i} \equiv \frac{1}{2} \left( \Delta\tau_{d-\frac{1}{2},i} + \Delta\tau_{d+\frac{1}{2},i} \right) \quad (3.11)$$

podremos escribir la ecuación de transporte en la siguiente forma



$$\left(\frac{\mu_i^2}{\Delta\tau_{d-\frac{1}{2},i}\Delta\tau_{d,i}}\right)u_{d-1,i} - \frac{\mu_i^2}{\Delta\tau_{d,i}}\left(\frac{1}{\Delta\tau_{d-\frac{1}{2},i}} + \frac{1}{\Delta\tau_{d+\frac{1}{2},i}}\right)u_{d,i} +$$

$$\left(\frac{\mu_i^2}{\Delta\tau_{d,i}\Delta\tau_{d+\frac{1}{2},i}}\right)u_{d+1,i} =$$

$$u_{d,i} - S_{d,i} \quad (3.12)$$

para  $i = 1, 2, 3 \dots I$  y  $d = 2, 3, \dots D - 1$ .

Por inspección, podremos demostrar que existe una ecuación del tipo anterior para cada ángulo (y frecuencia) en cada una de las  $D-2$  profundidades ópticas.

Si un vector  $\vec{u}_d$  (de dimensiones  $I$ ) es tal que representa las componentes (dependientes del ángulo y de la frecuencia) la ecuación (3.12) se puede escribir en forma matricial

$$-\vec{A}_d\vec{u}_{d-1} + \vec{B}_d\vec{u}_d - \vec{C}_d\vec{u}_{d+1} = \vec{L}_d \quad (3.13)$$

La condición de contorno para  $\tau = 0$  se puede escribir como:

$$\mu_i \left( \frac{u_{2,i} - u_{1,i}}{\Delta\tau_{\frac{3}{2},i}} \right) = u_{1,i} \quad (3.14)$$

y si desarrollamos  $u_2$  en desarrollos de Taylor, tendremos para la superficie:

$$\mu_i \left( \frac{u_{2,i} - u_{1,i}}{\Delta\tau_{\frac{3}{2},i}} \right) = u_{1,i} + \frac{1}{2} \left( \frac{\Delta\tau_{\frac{3}{2},i}}{\mu_i} \right) (u_{1,i} - S_{1,i}) \quad (3.15)$$

o incluso

$$\vec{B}_1\vec{u}_1 - \vec{C}_1\vec{u}_2 = \vec{L}_1 \quad (\text{superficie}) \quad (3.16)$$

Para la condición de contorno inferior tendremos:

$$\mu_i \left( \frac{u_{D,i} - u_{D-1,i}}{\Delta\tau_{D-\frac{1}{2},i}} \right) = I_{D,i}^+ - u_{D,I} - \frac{1}{2} \left( \frac{\Delta\tau_{D-\frac{1}{2},i}}{\mu_i} \right) u_{D,i} - S_{D,i} \quad (3.17)$$

que en la notación matricial toma la siguiente forma:

$$-\vec{A}_D \vec{u}_{D-1} + \vec{B}_D \vec{u}_D = \vec{L}_D \quad (3.18)$$

De (3.16) tendremos

$$\vec{u}_1 = \vec{B}_1^{-1} \vec{C}_1 \vec{u}_2 + \vec{B}_1^{-1} \vec{L}_1 \equiv \vec{D}_1 \vec{u}_2 + \vec{v}_1 \quad (3.19)$$

que sustituyendo en la ecuación (3.13) para  $d=2$

$$\vec{u}_2 = \vec{D}_2 + \vec{v}_2 \quad (3.20)$$

donde

$$\vec{D}_2 = (\vec{B}_2 - \vec{A}_2 \vec{D}_1)^{-1} \vec{C}_2 \quad (3.21)$$

y

$$\vec{v}_2 = (\vec{B}_2 - \vec{A}_2 \vec{D}_1)^{-1} (\vec{L}_2 + \vec{A}_2 \vec{v}_1) \quad (3.22)$$

De una forma general, podremos escribir

$$\vec{u}_d = \vec{D}_d \vec{u}_{d+1} + \vec{v}_d \quad (3.23)$$

donde

$$\vec{D}_d = (\vec{B}_d - \vec{A}_d \vec{D}_{d-1})^{-1} \vec{C}_d \quad (3.24)$$

$$\vec{v}_d = (\vec{B}_d - \vec{A}_d \vec{D}_{d-1})^{-1} (\vec{L}_d + \vec{A}_d \vec{v}_{d-1}) \quad (3.25)$$

Podemos entonces calcular, partiendo de  $d=1$ , los distintos valores de  $\vec{D}_d$  y  $\vec{v}_d$ . En  $d = D$ ,  $\vec{C}_D \equiv 0$  lo que implica que  $\vec{D}_D = 0$  y  $\vec{u}_D = \vec{v}_D$ .

Usando la ecuación (3.23) podemos encontrar  $\vec{u}_d$  ( $d = D - 1, \dots, 2, 1$ ). De esta forma, calculamos la intensidad media a través de una cuadratura

$$J_{d,n} = \sum_{m=1}^n b_m u_{dmn} \quad (3.26)$$

Las otras cantidades astrofísicas se pueden calcular de una forma similar.

Una buena discusión sobre el tiempo de computación en la resolución de la ecuación de transferencia por el método de Feautrier, se puede encontrar en Mihalas (1978, pag. 157)

El programa UMA (Uppsala Model Atmosphere) es un modelo de estratificación plano paralela adecuado para estrellas frías. La descripción del modelo físico y del método computacional usado se puede encontrar en Gustafsson *et al.* (1975) y las correspondientes redes en Bell *et al.* (1976). El modelo asume equilibrio termodinámico local (LTE) y equilibrio hidrostático. La presión turbulenta se tiene en cuenta. Las composiciones químicas disponibles son  $\log [A/H] = 0, -0.5, -1.0, -2.0, -3.0$  y el transporte de energía por convección se calcula usando la teoría de longitud de mezcla. El parámetro  $\nu$ , que es característico de la disipación de energía por la viscosidad turbulenta, tiene un valor 8, mientras el parámetro  $\gamma$  (que depende de la estructura de la temperatura en la célula convectiva) es igual a 0.076.

### 3.4 Introducción del flujo externo

El formalismo usado por nosotros para simular la irradiación de una estrella por su compañera asume que el flujo externo es plano paralelo e incide en la atmósfera formando un ángulo  $\mu_i$  con la normal a la superficie (Vaz y Nordlund, 1985).

Como hemos visto anteriormente, el modelo UMA hace uso del método de Feautrier que exige una discretización en las profundidades ópticas  $\tau_k$  y en los ángulos  $\mu_j$ . Así, no podemos irradiar la atmósfera en todas direcciones y sino en direcciones previamente elegidas. Hemos elegido 4 direcciones que figuran en la Tabla 3.1. Además, en esta tabla están los valores de los pesos para la integración de Gauss (4 puntos) usados para la obtención de los momentos de la radiación.

i	$\mu_i$	$h_i$
1	0.0694	0.1739
2	0.3300	0.3261
3	0.6699	0.3261
4	0.9306	0.1739

Ahora vamos a derivar las ecuaciones que rigen una atmósfera irradiada. Por sencillez, sea  $u_{k,j} \equiv u(\tau_k, \mu_j)$  (ver ecuaciones 3.2 y 3.3). En el rango  $\tau_1 \leq \tau \leq \tau_2$  vamos desarrollar  $u_{k,j}$  hasta el segundo orden:

$$u_{2,j} = u_{1,j} + \frac{\partial}{\partial \tau} u_{1,j} (\tau_2 - \tau_1) + \frac{1}{2} \frac{\partial^2}{\partial \tau^2} u_{1,j} (\tau_2 - \tau_1)^2 \quad (3.27)$$



Suponiendo que

$$I(\tau_1, -\mu_j) = S_1 \left(1 - e^{\frac{-\tau_1}{\mu_j}}\right) \quad (3.28)$$

donde  $S_1$  es una constante. Segun (3.5) y (3.7) y definiendo

$$\tau_2 - \tau_1 \equiv \Delta\tau_{\frac{3}{2}} \quad (3.29)$$

$$u_{2,j} = u_{1,j} \left[ 1 - \frac{\Delta\tau_{\frac{3}{2}}}{\mu_j} + \frac{1}{2} \frac{\Delta^2\tau_{\frac{3}{2}}}{\mu_j^2} \right] - \frac{1}{2} S_1 \frac{\Delta^2\tau_{\frac{3}{2}}}{\mu_j^2} + I(\tau_1, +\mu_j) \frac{\Delta\tau_{\frac{3}{2}}}{\mu_j} \quad (3.30)$$

sumando y restando  $I(\tau_1, -\mu_j)\Delta\tau_{\frac{3}{2}}\mu_j^{-1}$  y usando (3.28) (sin flujo externo)

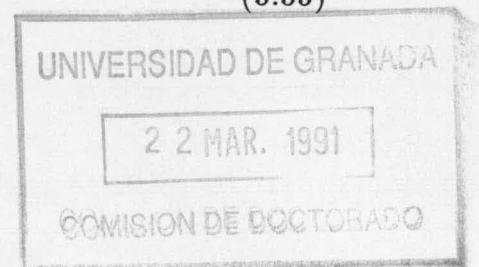
$$u_{2,j} = u_{1,j} \left[ 1 + \frac{\Delta\tau_{\frac{3}{2}}}{\mu_j} + \frac{1}{2} \frac{\Delta^2\tau_{\frac{3}{2}}}{\mu_j^2} \right] - S_1 \left[ \frac{1}{2} \frac{\Delta^2\tau_{\frac{3}{2}}}{\mu_j^2} + \left(1 - e^{\frac{-\tau_1}{\mu_j}}\right) \frac{\Delta\tau_{\frac{3}{2}}}{\mu_j} \right] \quad (3.31)$$

Introduciendo ahora la radiación externa como:

$$I(-\mu, \eta) = i_{ext} \delta(\mu - \mu_i) \delta(\eta - \eta_i) \quad (3.32)$$

donde  $\delta(x)$  es la función  $\delta$  de Dirac,  $\mu_i$  es el coseno del ángulo de incidencia,  $\eta_i$  el ángulo acimutal y  $i_{ext}$  una constante. La ecuación (3.31) se puede escribir, después de algun álgebra, como:

$$u_{2,j} = u_{1,j} \left[ 1 + \frac{\Delta\tau_{\frac{3}{2}}}{\mu_j} + \frac{1}{2} \frac{\Delta^2\tau_{\frac{3}{2}}}{\mu_j^2} \right] - S_1 \left[ \frac{1}{2} \frac{\Delta^2\tau_{\frac{3}{2}}}{\mu_j^2} + \left(1 - e^{\frac{-\tau_1}{\mu_j}}\right) \frac{\Delta\tau_{\frac{3}{2}}}{\mu_j} \right] - i_{ext} e^{\frac{-\tau_1}{\mu_j}} \Delta\tau_{\frac{3}{2}} \mu_j^{-1} \delta_{ji} h^{-1}(\mu_i) \quad (3.33)$$



donde  $h(\mu_i)$  (peso gaussiano) se ha introducido para tener en cuenta las propiedades de la función  $\delta$  de Dirac y  $\delta_{ji}$  es la función delta de Kronecker.

Haciendo un razonamiento parecido para el desarrollo de  $v_{2,j}$ , tendremos:

$$v_{2,j} = v_{1,j} \left[ 1 + \frac{\Delta\tau_{\frac{3}{2}}}{\mu_j} + \frac{1}{2} \frac{\Delta^2\tau_{\frac{3}{2}}}{\mu_j^2} \right] + S_1 \left( 1 - e^{-\frac{\tau_1}{\mu_j}} \right) \frac{\Delta\tau_{\frac{3}{2}}}{\mu_j} - S_1 \frac{\Delta\tau_{\frac{3}{2}}}{\mu_j} + i_{ext} e^{-\frac{\tau_1}{\mu_j}} \Delta\tau_{\frac{3}{2}} \mu_j^{-1} \delta_{ji} h^{-1}(\mu_i) \quad (3.34)$$

Finalmente, las ecuaciones (3.33) y (3.34) manipuladas adecuadamente pueden proveer el valor de la intensidad específica emergente a una profundidad óptica nula:

$$I(0, \mu_j) = 2u_{1,j} e^{-\frac{\tau_1}{\mu_j}} + S_1 \left( 1 - e^{-\frac{\tau_1}{\mu_j}} \right)^2 + i_{ext} e^{-\frac{\tau_1}{\mu_j}} \delta_{ij} h^{-1}(\mu_i) \quad (3.35)$$

Una expresión de mucho interés es el flujo observable, para que pueda ser calculada con el la nueva temperatura efectiva (tras la irradiación):

$$F_{obs}(\tau = 0) = \frac{1}{2} \int_0^1 I(0, +\mu) \mu d\mu \quad (3.36)$$

El flujo incidente viene dado por (ver Figura 3.1):

$$F^* = \sigma(T^*)^4 r^2 \quad (3.37)$$

donde  $T^*$  es la temperatura efectiva de la estrella fuente,  $\sigma$  la constante de Stefan y  $r$  es la relación entre su radio y la distancia desde el centro hasta el punto en la superficie de la estrella reflectora. Los flujos externos radiales se obtienen simplemente multiplicando la ecuación (3.37) por el coseno del ángulo de incidencia.

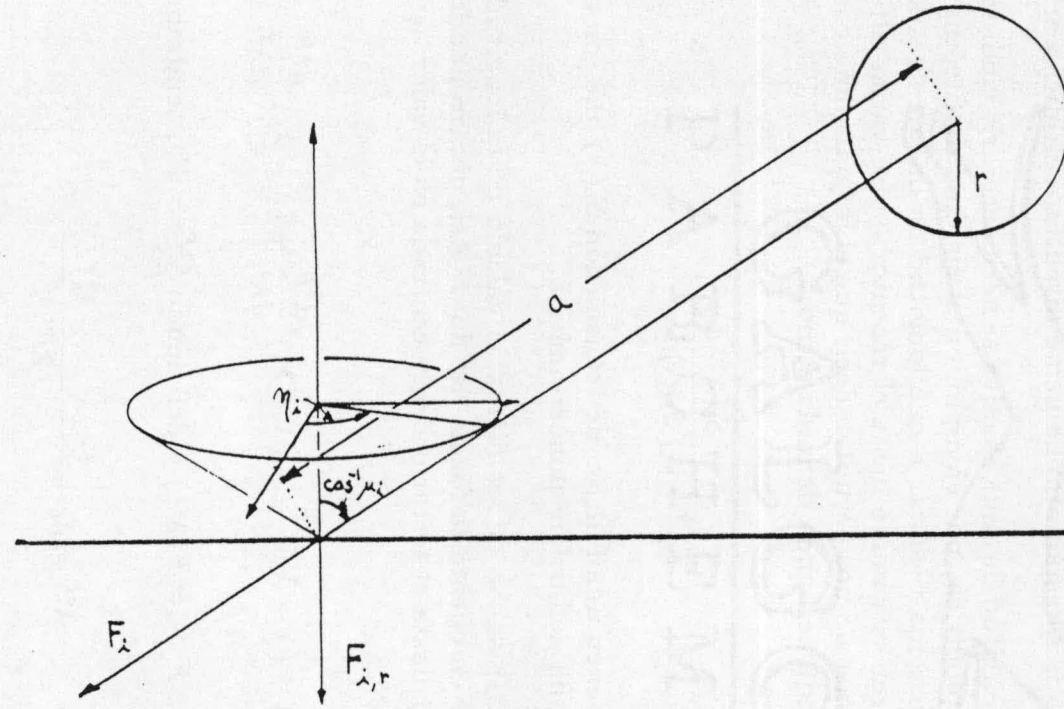


Figura 3.1 Geometría del efecto irradiación (Vaz y Nordlund, 1985)

Las pruebas efectuadas con el modelo irradiado se han hecho teniendo como control la solución exacta para el caso gris dada por Ruciński (1973) y se reprodujeron muy bien estos resultados (Vaz y Nordlund, 1985). También los problemas surgidos cuando tiene lugar la introducción del flujo externo (inestabilidad numérica) están ampliamente discutidos en dicho artículo.

El concepto de longitud de onda efectiva se hace necesario cuando hacemos alguna medida fotométrica, por ejemplo, en el sistema de Strömgren. ¿El flujo que llega al sistema receptor a qué longitud de onda corresponde? La radiación, al recorrer su camino hasta el receptor, sufre varias alteraciones. Dichas modificaciones no nos permiten decir que el flujo medido corresponde a la longitud de onda de banda definida como:

$$\lambda_b = \frac{\int S_b(\lambda)\lambda d\lambda}{\int S_b(\lambda)d\lambda} \quad (3.38)$$

porque los filtros tienen una función de transmisión  $S_b(\lambda)$  que son anchas no posibilitando, así una definición monocromática.

Debido al carácter ancho de los filtros, el cálculo de la longitud de onda efectiva debe tener en cuenta la forma del flujo. Así, desarrollando  $F(\lambda)$  en una serie de Taylor hasta el tercer orden y centrada en el valor  $\lambda_b$ :

$$F(\lambda) = F(\lambda_b) + (\lambda - \lambda_b)\frac{dF}{d\lambda} + (\lambda - \lambda_b)^2\frac{d^2F}{d\lambda^2} + (\lambda - \lambda_b)^3\frac{d^3F}{d\lambda^3} \quad (3.39)$$

Exigiendo que  $\langle F \rangle_b = F(\lambda^{ef})$  y definiendo  $\frac{d^n F}{d\lambda^n} = F^n$ , tendremos:

$$\lambda^{ef} = \lambda_b + \frac{(\langle \lambda^2 \rangle - \lambda_b^2) F^2}{2F^1} + \frac{(\langle \lambda^3 \rangle - 3\langle \lambda^2 \rangle \lambda_b + 2\lambda_b^3) F^3}{6F^1} \quad (3.40)$$

Los valores de  $\langle \lambda \rangle^n$  se han calculado para los distintos modelos usando las funciones de transmisión de la atmósfera terrestre (Landolt-Bořnstein, 1981), las funciones de transmisión de los filtros del sistema de Strömgren (Crawford y Barnes, 1970) y Johnson (Landolt-Bořnstein, 1981), la curva



de sensibilidad del fotomultiplicador 1P21 (Kurucz, 1979) y la función de reflexión del aluminio (Allen, 1973).

La expresión obtenida anteriormente para  $\lambda^{ef}$  no se mostró eficaz cuando la usamos para modelos no grises causando inestabilidades numéricas. Para investigar qué razones estarían originando la divergencia de la serie, implementamos un programa (TESTE) que generaba el spline de tercer orden, interpolaba en él, volviendo con los valores de la función (flujo), la primera, segunda y tercera derivadas. La curva generada por los valores interpolados fue entonces comparada con los valores del flujo generado por el modelo. La comparación mostró que el proceso de interpolación era bueno en todas regiones espectrales analizadas.

Como el problema no estaba en el proceso de interpolación aumentamos el término de tercer orden (en primera aproximación). La divergencia de la serie persistió.

Utilizamos entonces un modelo gris para el cálculo de  $\lambda^{ef}$ . La serie convergió sin problemas. Esto significa que en los modelos no grises las derivadas y los valores promedios son tales que no permiten la convergencia de la serie. Hay cambios muy grandes en el flujo en pequeños rangos de longitudes de onda y además está el problema de unicidad, es decir, hay más de un valor de  $\lambda$  que corresponde al de  $\langle F \rangle_b$ .

Hemos decidido utilizar por ello el siguiente procedimiento: interpolación inversa en el valor del flujo medio, obteniendo el  $\lambda^{ef}$ . Los modelos gris, que posibilitan también el cálculo de  $\lambda^{ef}$  por medio de la serie de Taylor, se han usado como control en el procedimiento de la interpolación inversa. Tras el cálculo por medio de los desarrollos en serie de Taylor, hicimos el cálculo por medio de la interpolación inversa. Los acuerdos obtenidos por los dos métodos (modelos gris) fueron muy buenos. La mayor discrepancia ocurrió en el filtro U de Johnson cuyo desplazamiento (con relación a  $\lambda_b$ ) fue de unos 44 Å.

Estos resultados muestran que el método de la serie de Taylor es muy poderoso para atmósferas que se comportan bien desde el punto de vista matemático, pero falla al intentar resolver el problema en el caso no gris.

Para simular las primarias de sistemas del tipo Algol (estrellas en la secuencia principal muy calientes) no podemos usar los flujos generados por el programa UMA porque, como hemos visto, este modelo es adecuado solo para estrellas frías.

Se decidió utilizar para ello la red de modelos de Kurucz - ATLAS - (1970, 1979) que cubre muy bien el rango de temperaturas efectivas y  $\log g$ . Hemos elegido dos modelos según los resultados para Algol, de Wilson *et al.* (1972) :

1)  $\log g = 4.0$ ,  $T^* = 12500 \text{ K}$ ,  $[A/H] = 0.0$

2)  $\log g = 4.0$ ,  $T^* = 10000 \text{ K}$ ,  $[A/H] = 0.0$

Las longitudes de onda utilizadas en el programa UMA (1532Å- 124.323Å) son distintas de las usadas por ATLAS (229Å- 200.000Å). Tales diferencias en las longitudes de onda son obvias debido a las temperaturas efectivas involucradas, mientras que UMA trata con estrellas frías, cuyo flujo en el ultravioleta es pequeño los modelos generados por ATLAS emiten gran parte del flujo en esta región espectral.

Como tendremos que tratar con UMA, los flujos externos generados por ATLAS deben convertirse a aquellas unidades y además, debido a la discretización de las longitudes de onda, estos flujos deberán interpolarse para las longitudes de onda de UMA (368 en el total). Esto se hizo con el programa INTKUFLUX que genera un spline de tercer orden e interpola los valores de los flujos para las longitudes correspondientes a UMA. La Figura (3.2) muestra la comparación de los flujos calculados y los interpolados. De ella, vemos que el acuerdo obtenido es muy bueno.

Pero hay una pérdida de flujo en el ultravioleta, debido a la ausencia de las longitudes de onda correspondientes a esta región espectral en UMA. En los extremos del espectro (UMA) los intervalos entre las longitudes de onda son mayores que los de la región del visible. Esto explica que exista peor acuerdo en los extremos del espectro. Sin embargo, estas regiones tienen poca importancia en el cálculo del efecto de irradiación para estrellas en el rango de temperaturas efectivas elegidas en este trabajo.

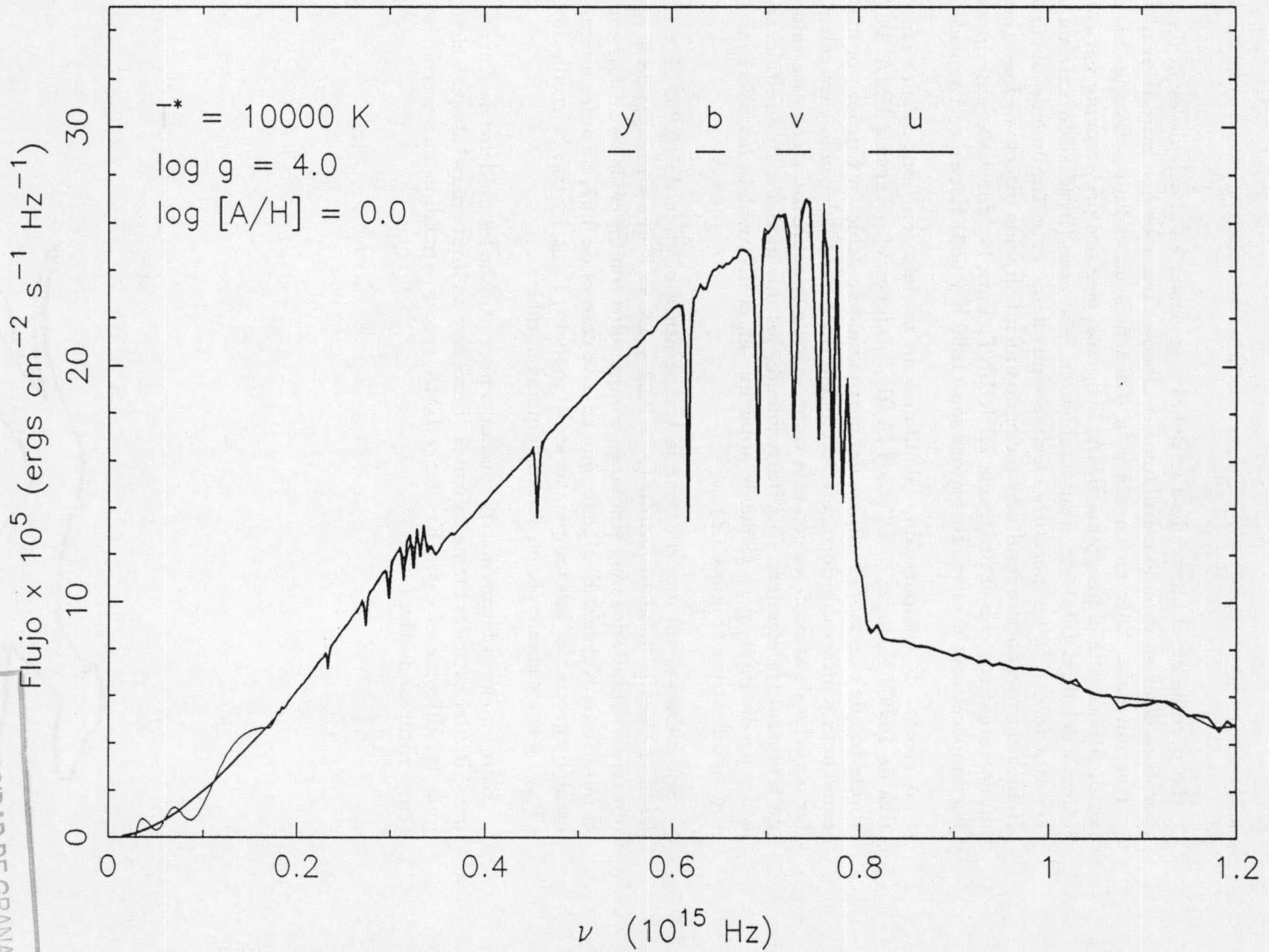


Figura 3.2 Comparación entre el modelo calculado directamente (línea gruesa - ATLAS) y el interpolado (línea delgada)

UNIVERSIDAD DE GRANADA  
22 MAR. 1991  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN FÍSICA DE GRANADA



La pérdida en el ultravioleta se deberá compensar en el cálculo de la temperatura efectiva cuando calculamos el albedo. Tenemos que introducir una corrección para tener en cuenta esta deficiencia en el flujo. Esto lo hace automáticamente el programa UMA: los pesos, elegidos previamente para el cálculo del flujo total, se usan también en este caso (irradiación externa). De esta forma, la temperatura efectiva equivalente es naturalmente menor. Hemos chequeado este resultado haciendo una integración directa de los flujos monocromáticos con el programa KURUINT. Para los dos casos anteriores las temperaturas efectivas corregidas son 11890 K y 9831 K, respectivamente.

A efectos de comparación, calculamos un modelo con temperatura efectiva de 10.000 K,  $\log g = 4.0$  y  $\log [A/H] = 0.0$  con el programa UMA. Por supuesto que este modelo difiere del mismo modelo debido a Kurucz porque, como hemos dicho anteriormente, el modelo UMA no es adecuado para calcular modelos de atmósferas con este valor de  $\log g$ , y sobre todo, con este valor de temperatura efectiva. Cualitativamente, los dos modelos en cuestión no son muy distintos, pero se puede notar que en el ultravioleta las diferencias son significativas (Figura 3.3).

Sin embargo, tal modelo tiene la temperatura efectiva de 10.000 K y al irradiar nuestro modelo patrón ( $r = 0.22$  y  $IX = 3$  que corresponde a  $\mu_3$ ) obtuvimos resultados muy similares, comparados con los cálculos hechos con el modelo de Kurucz. El albedo, que en este caso es de 0.67, no sufre ningún cambio apreciable. Las temperaturas del modelo ( $T_{model}$ ) y tras la irradiación ( $T_{cal}$ ), por consiguiente, no sufren cambios notables.

Esto, en cierta forma nos da confianza para utilizar los modelos de Kurucz para simular estrellas fuente calientes. Pero, hay un límite para tal aplicación, pues las diferencias entre Kurucz y UMA crecen a medida que crecen las temperaturas efectivas.



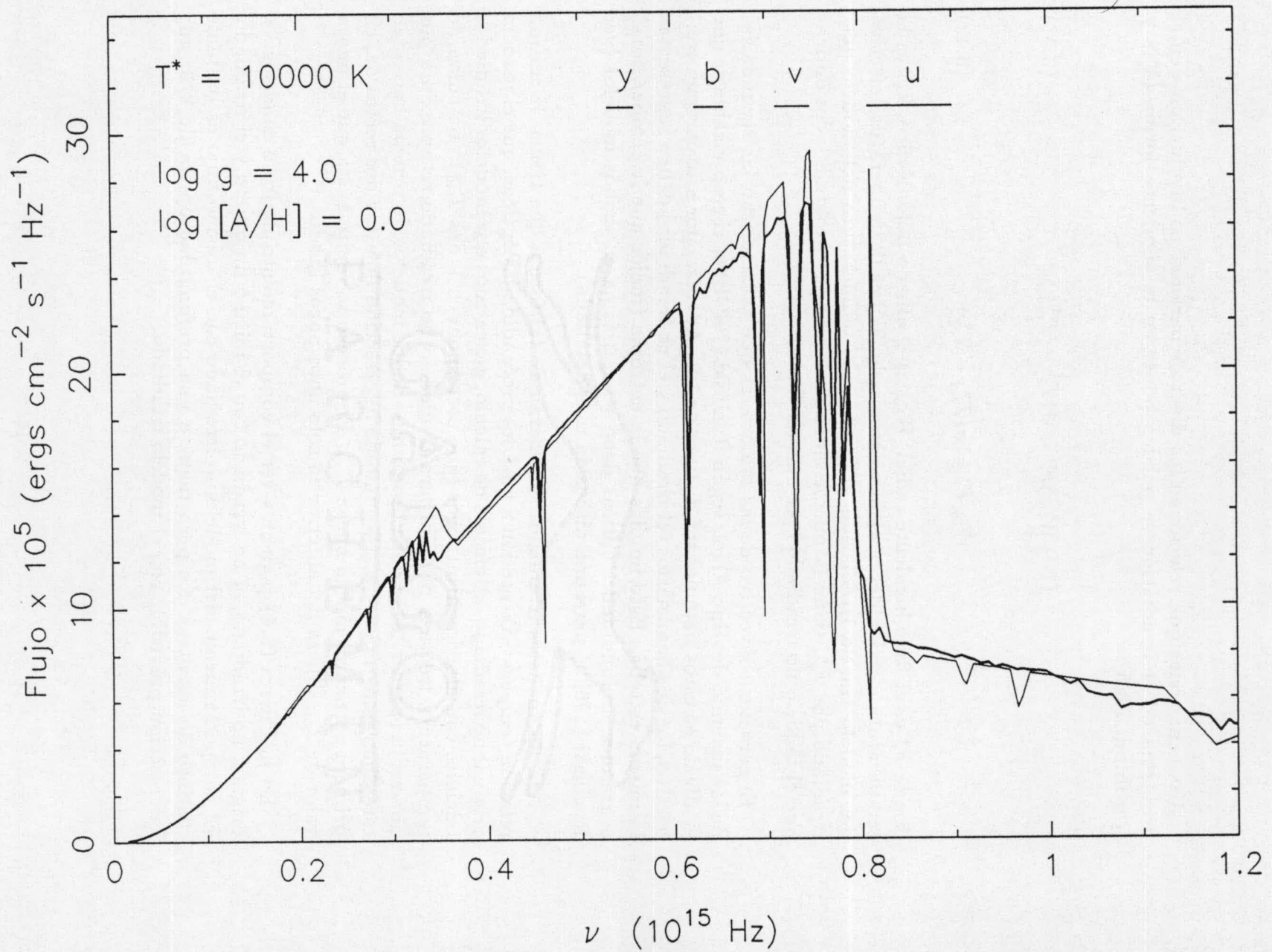


Figura 3.3 Comparación entre el modelo calculado por medio del ATLAS (línea gruesa) y el calculado por medio del UMA (línea delgada)

Las ecuaciones que relacionan los diversos parámetros involucrados en el problema de la irradiación se pueden poner en la siguiente forma (Vaz y Nordlund, 1985):

$$(1 - W_{bol})F_r^* = \sigma(T_{ef}^4 - T_{model}^4) \quad (3.41)$$

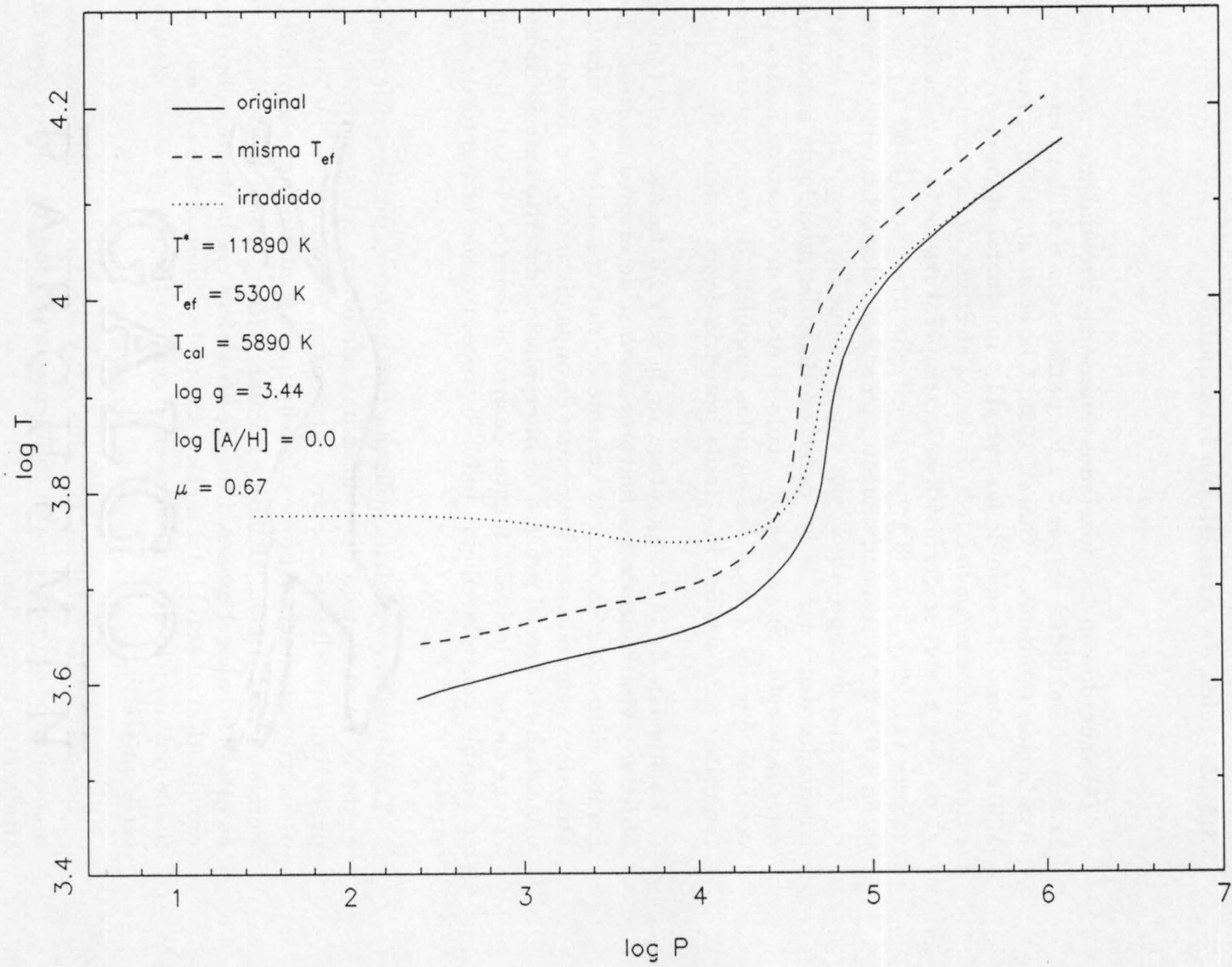
$$W_{bol}F_r^* = \sigma(T_{cal}^4 - T_{ef}^4) \quad (3.42)$$

donde  $F_r^*$  es el flujo incidente radial,  $W_{bol}$  es el albedo bolométrico,  $T_{ef}$  es la temperatura efectiva del modelo no irradiado,  $T_{cal}$  es la temperatura efectiva del modelo tras la irradiación y  $T_{model}$  es la temperatura del modelo que, irradiado por  $F_r^*$ , tiene la misma entropía a grandes profundidades ópticas que el modelo no irradiado (ver más adelante).

El carácter convectivo de las atmósferas que caracterizan las secundarias de los sistemas del tipo Algol, según Ruciński (1969b) es el responsable de que el albedo en estos sistemas sea distinto de 1.0. Además, por este carácter convectivo, los dos hemisferios (el irradiado y el no irradiado) deben representar la misma estrella. Esto implica que la entropía (mejor que la temperatura) a grandes profundidades ópticas debe ser la misma en ambos modelos (ver Ruciński (1969b) para una discusión más detallada).

Así, los modelos irradiados se generan de tal forma que tienen la misma relación temperatura-presión a grandes profundidades ópticas, que el modelo original no irradiado. A efectos de cálculo, generamos dos modelos irradiados iniciales con albedos arbitrarios (que corresponden a dos  $T_{cal}$ ). La curva de temperatura frente a presión para el modelo no irradiado se aproxima por una recta (para  $\tau \gg 1$ ) y los dos puntos de los modelos de prueba hacen, en este diagrama, una recta. El punto de intersección de estas dos rectas da, en primera aproximación, la nueva  $T_{cal}$ . El proceso se repite hasta que el nuevo valor de  $T_{cal}$  difiera del anterior en solo unos pocos grados.

En la Figura (3.4) podemos ver el comportamiento de los 3 modelos: el original no irradiado, el no irradiado con el mismo flujo neto y el irradiado. El comportamiento del modelo no irradiado con el mismo flujo es bastante distinto de los otros dos pero tiene, a una profundidad óptica de 2/3, una intersección previsible con el modelo irradiado.

Figura 3.4 Relación entre  $\log T - \log P$  ( $r = 0.22$ )

### 3.5 Modelos de Atmósferas Irradiadas

De acuerdo con los apartados anteriores, pretendemos mantener siempre la misma fiabilidad respecto a los parámetros a utilizar en el cálculo de la irradiación (Giménez y Claret, 1989, Claret *et al.*, 1990; Claret y Giménez, 1991e). Como el rango de las variables involucradas en el problema es muy extenso (radios relativos, temperaturas efectivas de las componentes caliente y fría,  $\log g$ , etc) se decidió fijar la temperatura de la estrella fuente en dos valores (11890 y 9831 K) y de la estrella irradiada (5300 K) así como  $\log g$ , en 4.0 y 3.44, respectivamente, pues son valores bastante representativos de sistemas del tipo Algol. Por supuesto que las propiedades de los modelos irradiados dependen de las características del modelo de atmósfera para la estrella fuente. Sin embargo, dado el problema que nos hemos planteado, creemos que los 2 modelos elegidos cumplen, de una manera general, los requisitos para simular la estrella primaria de un sistema tipo Algol.

La fijación de la temperatura de la estrella fuente tiene también como objetivo evitar una de las mayores fuentes de errores teóricos. De hecho, hemos visto como la estrella caliente de nuestro sistema se simula por una atmósfera generada para longitudes de onda distintas, con distintas fuentes de opacidad, etc (ver el proceso de interpolación descrito anteriormente), y esto es una de las principales fuentes de errores teóricos. Fijando la temperatura, es posible controlar mejor todo el proceso desde el punto de vista de los errores.

También la geometría utilizada por nosotros puede sufrir mejoras, por ejemplo, en el sentido de utilizar una atmósfera con simetría esférica. Este procedimiento alteraría, entre otras cosas, los valores de los coeficientes de oscurecimiento hacia el borde como ha sido apuntado en la serie de trabajos de Peraiah (1982, 1983a, 1983b) y Peraiah y Rao (1983a, 1983b). Sin embargo, en estos trabajos el modelo físico de atmósfera era bastante pobre (dispersión pura). Al nivel actual, tal mejora no puede acompañarse por un tratamiento fiable del modelo de atmósfera en el sentido físico y su coste computacional sería muy alto.

Los resultados están en la Tabla 3.2 y son autoexplicativos. Los albedos bolométricos obtenidos están en buen acuerdo con los valores observacionales (Rafaert y Twigg, 1980).



Log $T_{ef}$	Log $T^*$	r	Log [A/H]	Log g	Log $g^*$	$T_{model}$	$T_{cal}$	$\mu$	Albedo
5300	9831	0.22	0.0	3.44	4.0	5294	5346.13	0.01	0.8864
5300	9831	0.22	0.0	3.44	4.0	5243	5484.65	0.33	0.7762
5300	9831	0.22	0.0	3.44	4.0	5125	5613.34	0.67	0.6727
5300	9831	0.22	0.0	3.44	4.0	5007	5691.55	0.93	0.6185
5300	11890	0.22	0.0	3.44	4.0	5288	5398.09	0.01	0.8940
5300	11890	0.22	0.0	3.44	4.0	5153	5657.36	0.33	0.7370
5300	11890	0.22	0.0	3.44	4.0	4850	5887.52	0.67	0.6363
5300	11890	0.22	0.0	3.44	4.0	4561	6042.48	0.93	0.6043
5300	11890	0.22	0.0	4.57	4.0	4868	5897.64	0.67	0.6491
5300	11890	0.22	0.0	2.50	4.0	4815	5868.09	0.67	0.6120
5300	11890	0.40	0.0	3.44	4.0	3644	6939.62	0.67	0.7141
5300	11890	0.30	0.0	3.44	4.0	4355	6289.77	0.67	0.6438
5300	11890	0.25	0.0	3.44	4.0	4672	6020.21	0.67	0.6266
5300	11890	0.15	0.0	3.44	4.0	5135	5618.58	0.67	0.6888
5300	11890	0.10	0.0	3.44	4.0	5239	5457.76	0.67	0.7334
4700	11890	0.22	0.0	3.44	4.0	4305	5610.17	0.67	0.7767

La Figura 3.5a muestra el comportamiento del modelo de 5300 K irradiado por una atmósfera de 9831 K para  $r = 0.22$ . El radio relativo está vinculado con la distancia relativa entre las dos estrellas y a medida que crece, esta distancia es menor. La Figura 3.5b muestra lo mismo pero para el caso  $T^* = 11890$  K.

El ángulo de incidencia se caracteriza por la variable  $\mu_i$  y decrece a medida que crece  $\mu_i$ . De la Figura 3.6 se puede inferir, por supuesto, que las temperaturas tras la irradiación ( $F_r^*$  fijo) son proporcionales a  $\mu_i$ . Como el flujo total es el área bajo las respectivas curvas, se puede ver fácilmente este efecto.

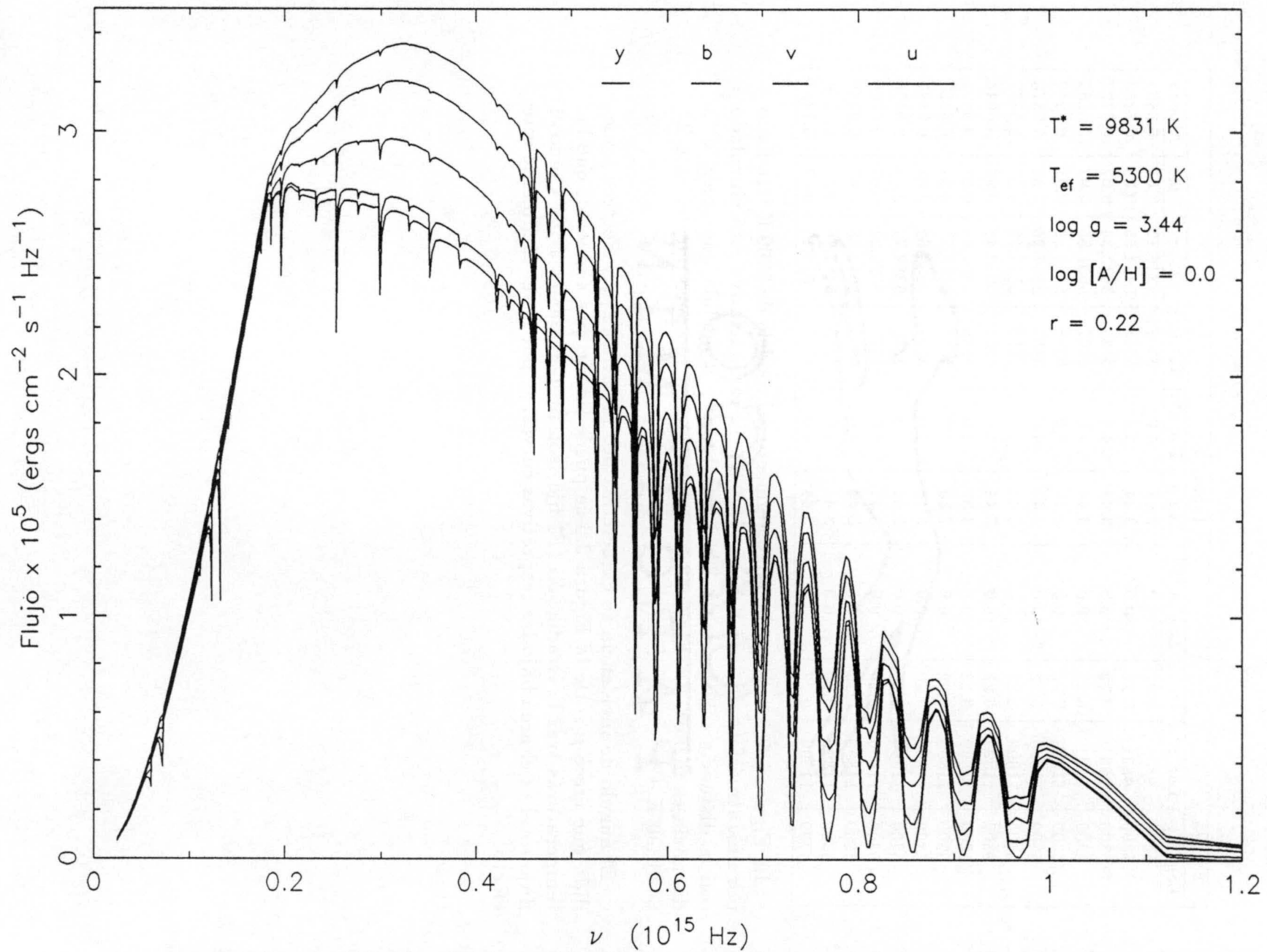


Figura 3.5.a Efecto del ángulo de incidencia de irradiación sobre el espectro para la temperatura efectiva de la estrella fuente igual a 9831 K y  $r = 0.22$ . La línea inferior se refiere al modelo original; las superiores se refieren a los modelos irradiados para  $\mu = 0.07, 0.33, 0.67$  y  $0.93$

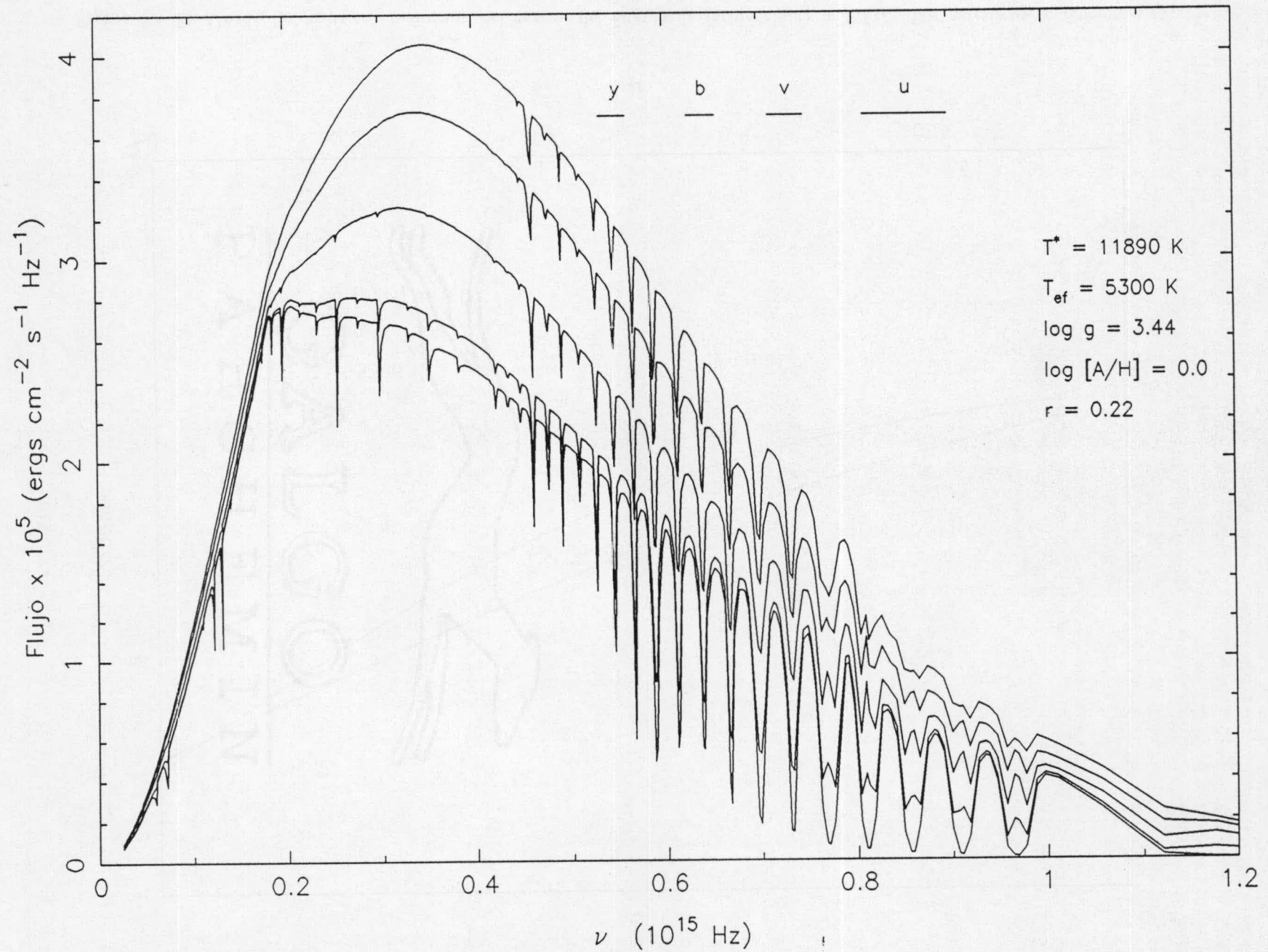


Figura 3.5.b Lo mismo que la Figura 3.5.a para el caso  $T^* = 11890 \text{ K}$ ,  $r = 0.22$

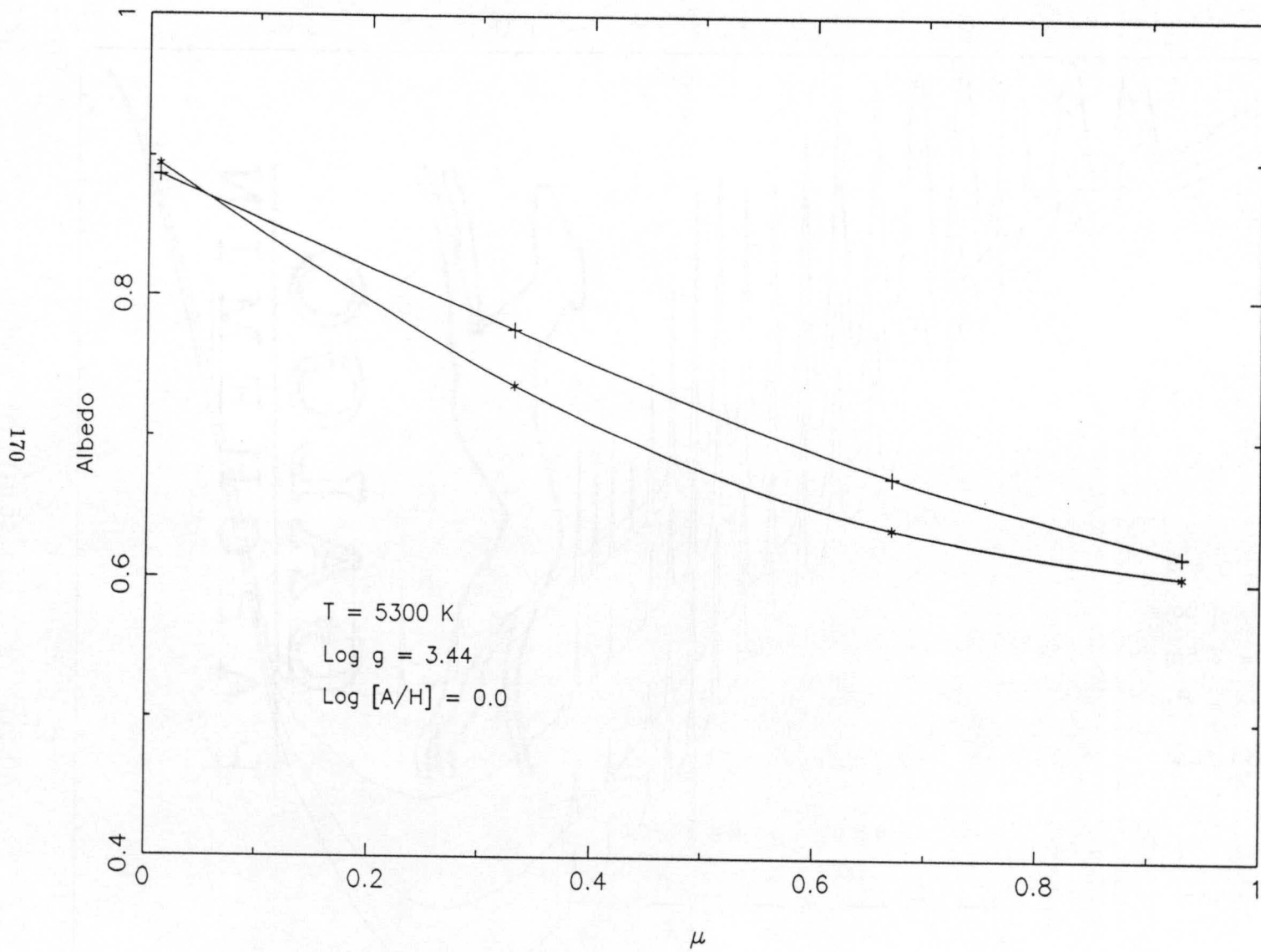


Figura 3.6 El Albedo bolométrico en función del coseno del ángulo de incidencia ( $r = 0.22$ ). Los asteriscos se refieren a la configuración de la Figura 3.5.b y las cruces se refieren a la configuración de la Figura 3.5.a.



Otro aspecto bastante interesante está relacionado con el comportamiento de dichos modelos a bajas frecuencias. A medida que el ángulo de incidencia decrece, hay una tendencia a que el modelo irradiado se haga casi gris. Por otro lado, cuando vamos a frecuencias más altas, tal efecto va perdiendo importancia y da lugar a otro fenómeno: las líneas gigantes (definidas en el proceso de resolución del modelo de atmósferas como líneas resultantes del promedio de las opacidades en un rango espectral dado) empiezan a rellenarse por emisión. Tal fenómeno ocurre con mayor o menor intensidad dependiendo sobre todo de la temperatura efectiva de la estrella fuente y/o de su radio relativo y ángulo de incidencia de la irradiación.

Una posible causa para estos perfiles puede estar en que UMA no utiliza el concepto de NLTE, pero puede estar también relacionado con el fenómeno de irradiación en sí mismo. De hecho, existen binarias del tipo Algol y de otros tipos, que presentan líneas en emisión que se interpretan como debidas a discos, o más generalmente, como materia circumestelar. Puede que en ciertos casos, tales fenómenos estén ocurriendo debido a las dos causas simultáneamente y/o sólo a la irradiación.

Es óbvio que, independientemente del flujo externo (si no es muy pequeño) o de las características de la estrella irradiada, el aspecto del espectro resultante es muy diferente del de la estrella sin irradiación. Pero, si hay sincronización entre la revolución y la rotación, solamente se irradia un hemisferio. El hemisferio no irradiado, sin embargo, también contribuye al cálculo de la temperatura efectiva de la estrella tras la irradiación. Si hay transporte de energía desde el hemisferio irradiado al no irradiado ( y es bien posible que lo haya), la temperatura efectiva de este último se verá influenciada por el grado de efectividad de transporte de energía y también por las condiciones de irradiación. Los estudios de Kirbiyck y Smith (1976) y Kirbiyck (1982) muestran que realmente la irradiación causa corrientes de circulación que pueden penetrar profundamente en el hemisferio no irradiado. Algunas curvas de luz se ajustan mejor si se supone esta transferencia de energía.

La cuestión, sin embargo, está lejos de ser resuelta. El cálculo de la temperatura efectiva de un modelo irradiado no es tan trivial como puede parecer al principio. La temperatura  $T_{cal}$  que utilizamos a menudo a lo largo de este trabajo se refiere sólo al hemisferio irradiado. Volveremos a este tema cuando tratemos el problema de las abundancias químicas en secundarias del tipo Algol

Al fijar la temperatura efectiva de la estrella fuente y el ángulo de incidencia y si variamos el radio relativo, obtenemos los resultados que pueden

verse en la Figura 3.7a Para radios relativos muy pequeños,  $T_{cal}$  es casi la misma que en el modelo no irradiado ( $T_{ef}$ ). Este es un resultado esperado, pues cuanto menor sea el radio relativo de la estrella fuente, más distante estará de la estrella irradiada. A medida que el radio relativo crece, las temperaturas efectivas tras la irradiación también crecen y las características de los modelos se distancian más del modelo original no irradiado. Igual que en el caso anteriormente analizado, hay también una tendencia a que el modelo irradiado se haga gris a bajas frecuencias. A frecuencias más altas se puede notar también que algunas de las líneas gigantes están rellenas por emisión.

Los albedos calculados utilizando las fórmulas 3.41 y 3.42 tienen un mínimo para el radio relativo de la estrella fuente (distancia) en torno de 0.22 que es un valor típico de los sistemas del tipo Algol (Figura 3.7.b).

La Tabla 3.2 muestra los albedos para las diversas configuraciones calculadas. A partir de ellas podemos verificar que el albedo es también función del  $\log g$  de la estrella irradiada: cuanto más extensa sea esta estrella, menor es el albedo aunque las diferencias no son muy grandes. La Figura 3.8 muestra este comportamiento.

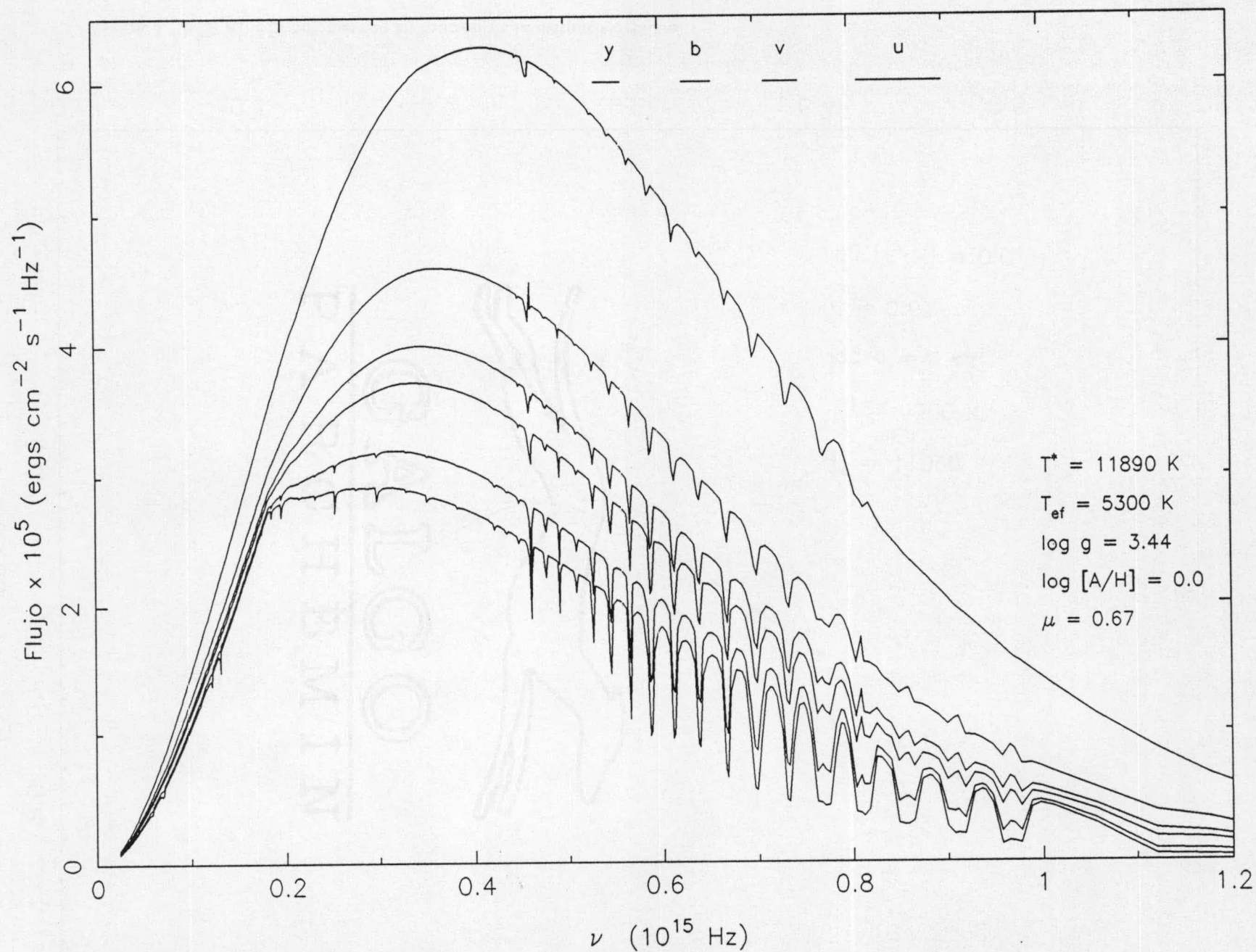


Figura 3.7.a Efecto de la distancia en los espectros irradiados. La línea inferior se refiere al modelo irradiado para  $r = 0.10$  y los superiores para  $r = 0.15, 0.22, 0.25, 0.30, 0.40$

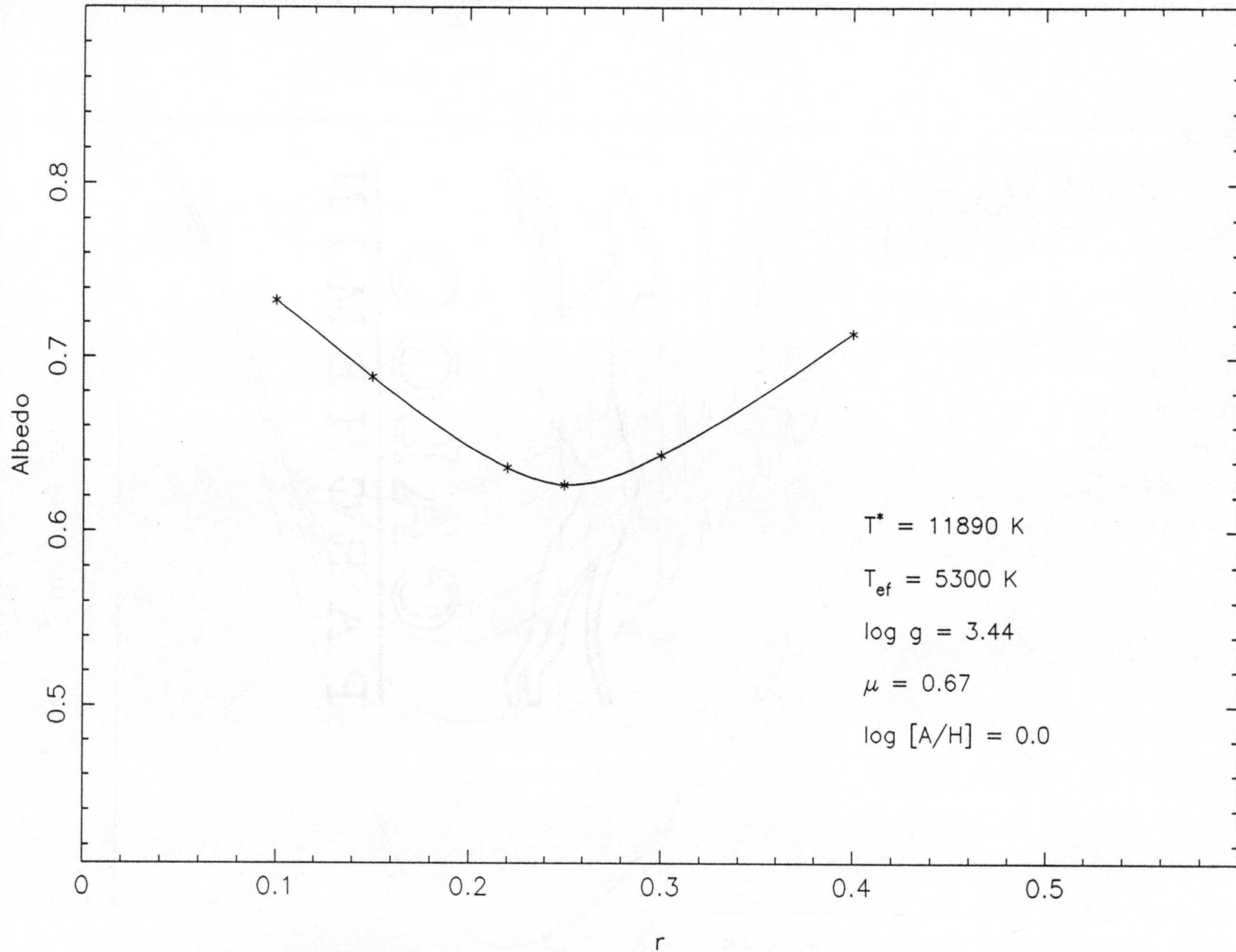


Figura 3.7.b El Albedo bolométrico en función de la distancia relativa



Albedo

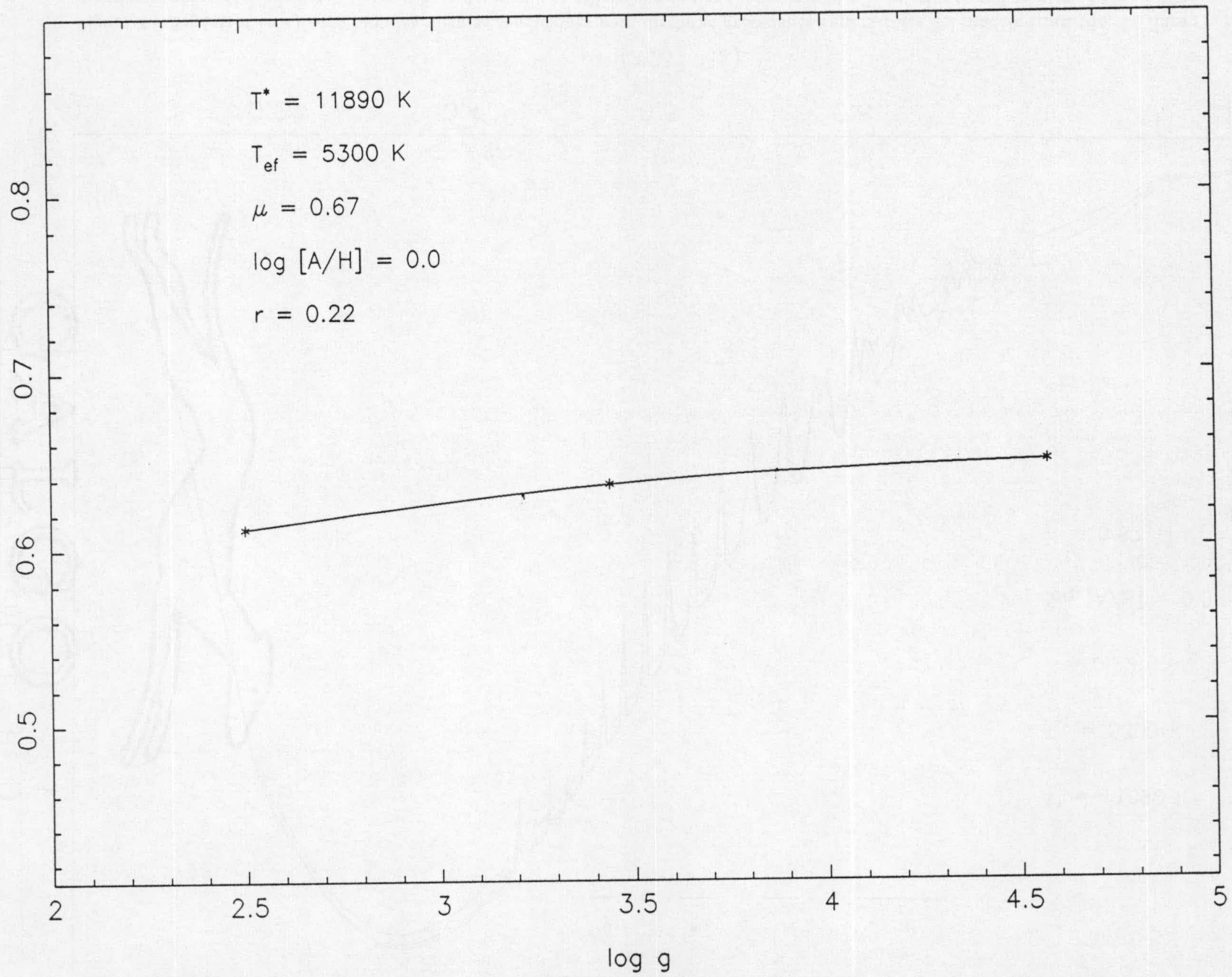


Figura 3.8 El Albedo bolométrico en función de la gravedad superficial del modelo irradiado

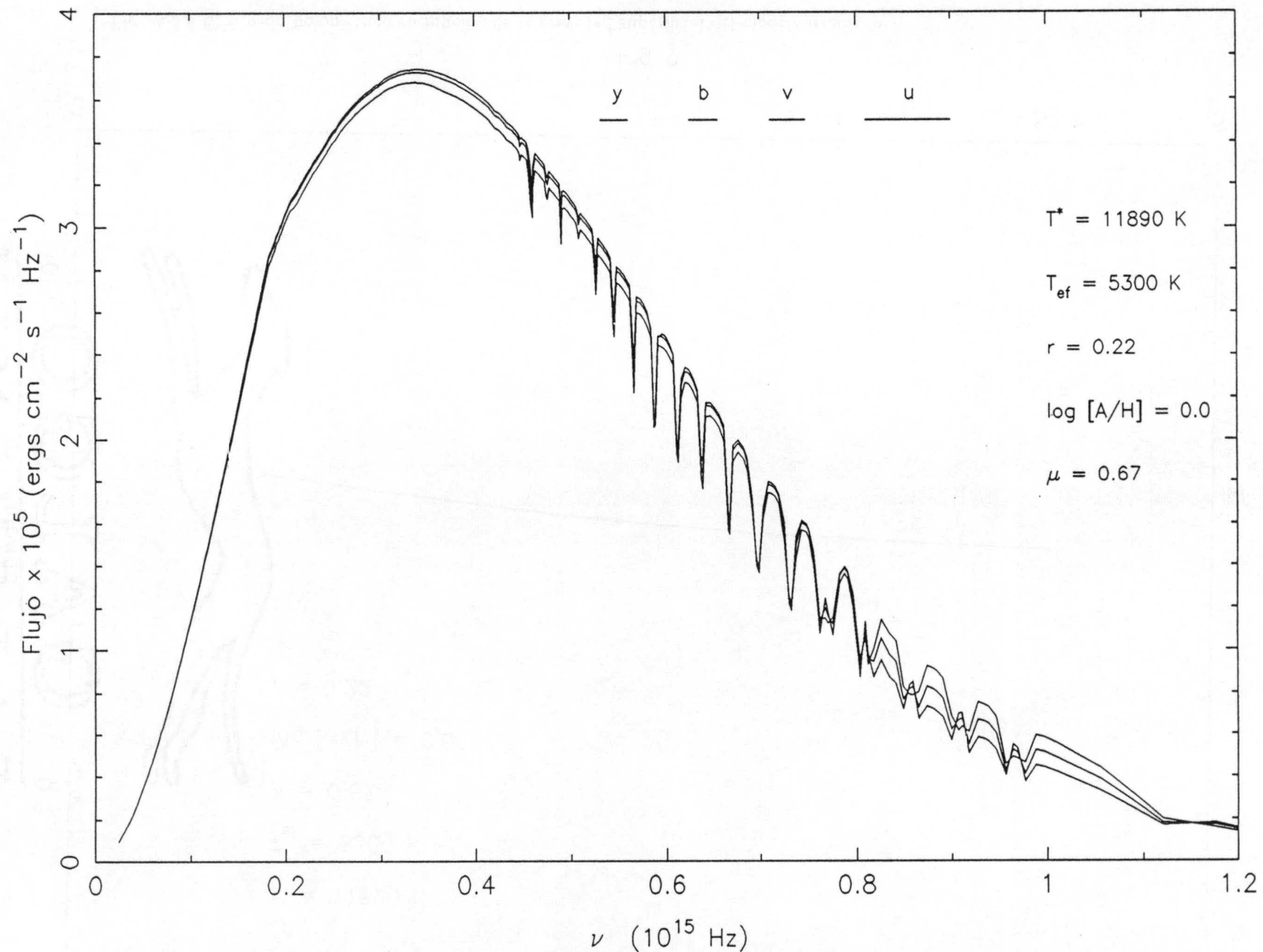


Figura 3.9 Espectros irradiados bajo las mismas condiciones para distintas gravedades superficiales del modelo irradiado. La línea superior se refiere al modelo con  $\log g = 4.5$ , la del medio se refiere al que tiene  $\log g = 3.44$  y la inferior se refiere al modelo  $\log g = 2.50$

En la Figura 3.9, podemos ver el comportamiento de los modelos irradiados con  $\log g = 4.5, 3.44$  y  $2.5$  para  $T^*, r, \mu_i, T_{ef}$  fijos. Las respectivas áreas que son una medida de las temperaturas efectivas tras la irradiación, muestran que el albedo, además de las propiedades del flujo externo, también depende de lo extensa que sea la atmósfera como hemos establecido antes.

El grado de importancia de la convección en una atmósfera también influye en el cómputo del albedo. Si la estrella secundaria tiene un alto grado de convección (valor alto de  $l/H$ ), entonces el hecho de que el modelo irradiado tenga que poseer en el fondo la misma entropía, hace que la  $T_{model}$  baje, bajando por consiguiente el albedo.

Hemos estudiado también el comportamiento de los modelos irradiados con distintas metalicidades. Para ello, hemos fijado las demás variables involucradas en el proceso y estudiamos el comportamiento de las atmósferas irradiadas con distintos valores de  $\log [A/H]$ . Por ejemplo, el modelo de  $T_{ef} = 5300$  K,  $\log g = 3.44$  y  $\log [A/H] = 0.0$ , irradiado por el modelo de  $T^* = 11890$  K,  $\log g = 4.0$  y  $\log [A/H] = 0.0$  en la dirección  $\mu_3$  y  $r = 0.22$  posee un albedo de  $0.64$  según puede verse en la Tabla 3.2 y cuyo espectro ya se mostró anteriormente. Este mismo modelo, pero con un metalicidad más baja ( $\log [A/H] = -0.5$ ) resultó tener un albedo algo más bajo ( $0.50$ ), y si  $\log [A/H] = -1.0$ , el albedo es todavía más bajo ( $0.40$ ).

La Figura 3.10 muestra el comportamiento del albedo frente al contenido en metales de las respectivas atmósferas. La tendencia de que el albedo aumente a medida que se aumenta el contenido metálico es bien evidente. Las Figuras 3.11 y 3.12 muestran los espectros de los modelos irradiados con distintas metalicidades.

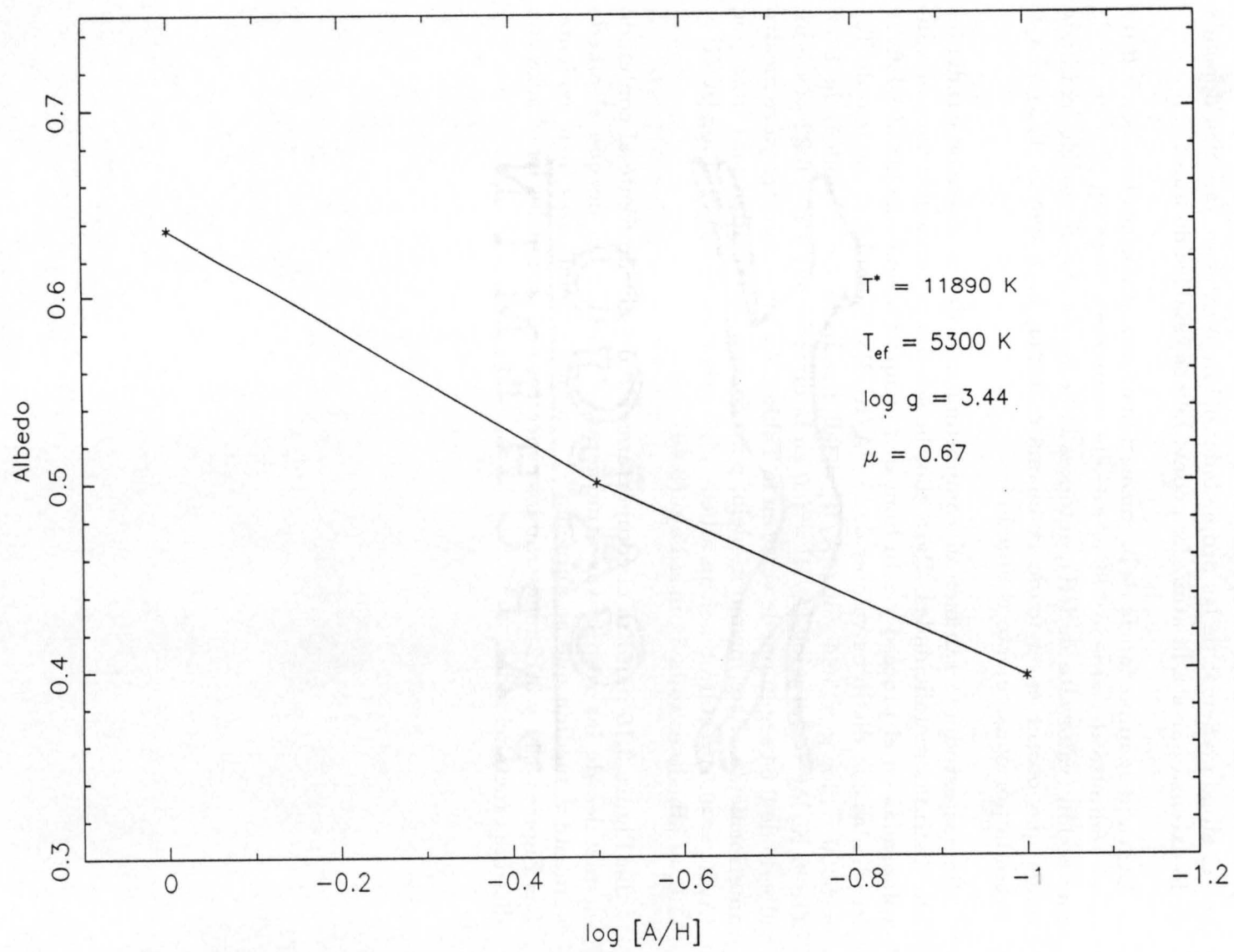


Figura 3.10 El Albedo bolométrico en función de la metalicidad del modelo irradiado ( $r = 0.22$ ).



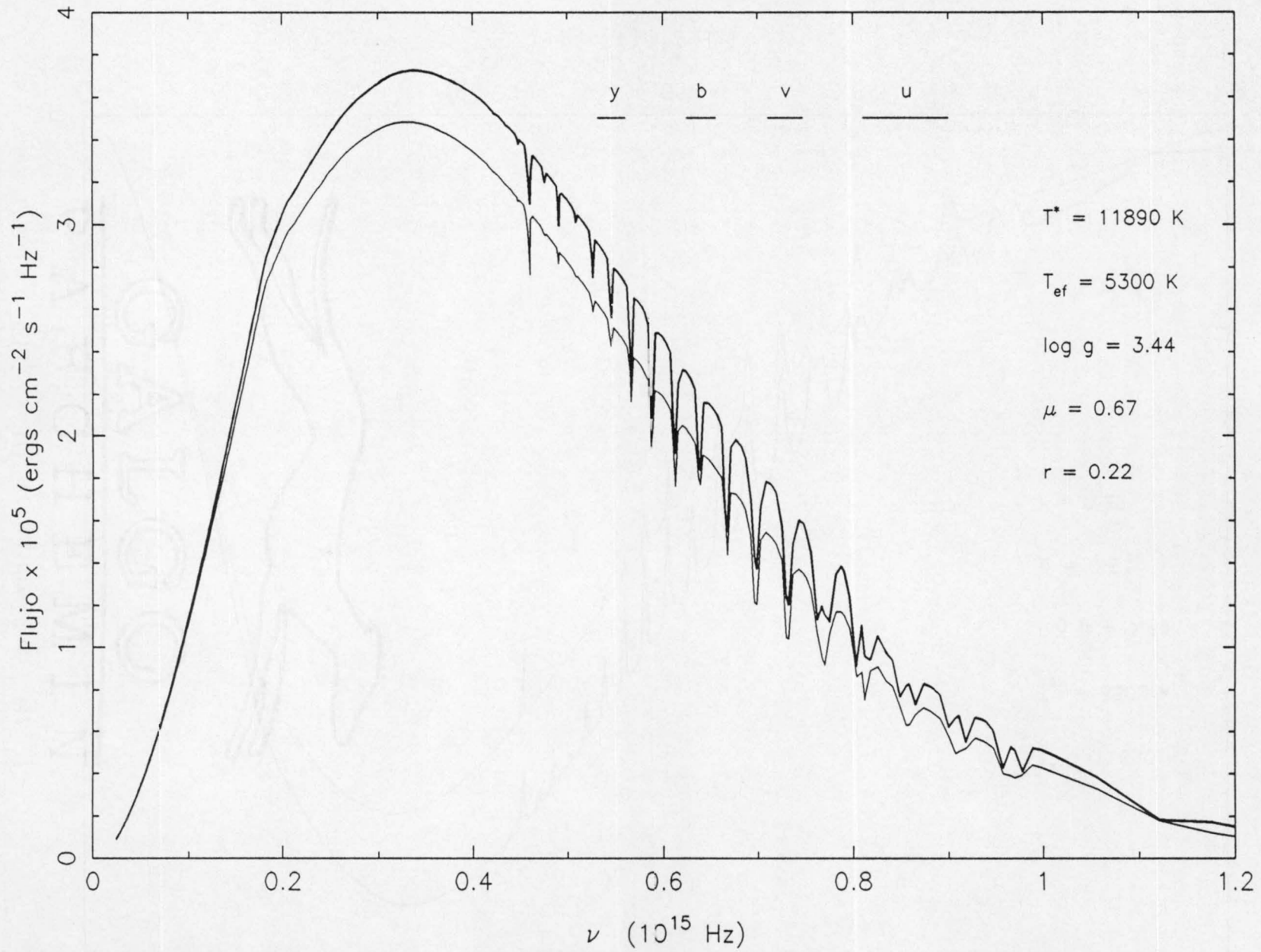


Figura 3.11 Espectros de modelos irradiados sob mismas condiciones pero con distintas metalicidades. La línea gruesa denota el modelo con  $\log [A/H] = 0.0$  y la línea delgada se refiere al modelo con  $\log [A/H] = -0.5$

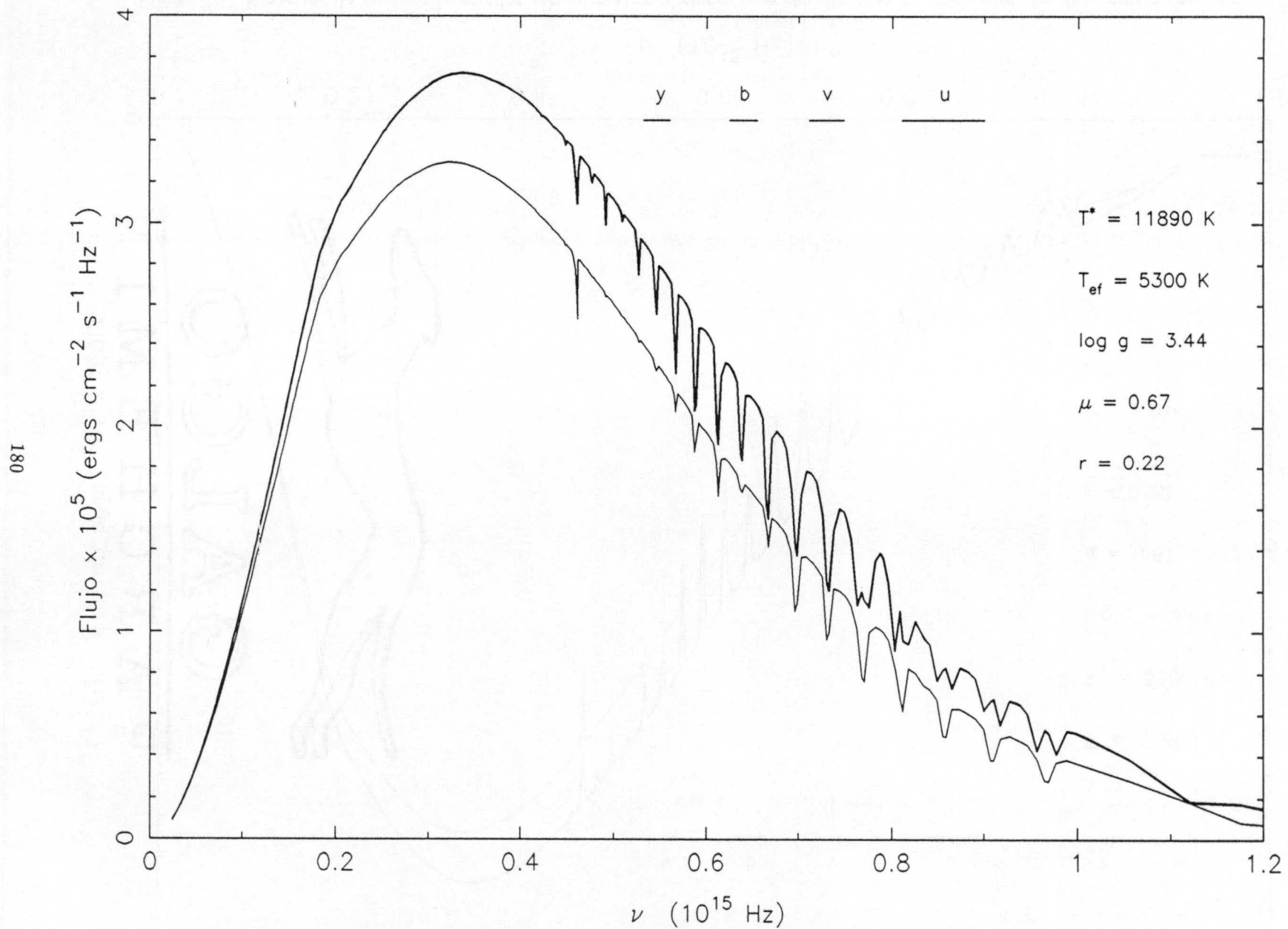


Figura 3.12 Lo mismo que la Figura 3.11. La línea gruesa se refiere a una atmósfera con  $\log [A/H] = 0.0$  y la línea delgada se refiere al modelo con  $\log [A/H] = -1.0$

### 3.6 Comparación de los modelos irradiados con los no irradiados

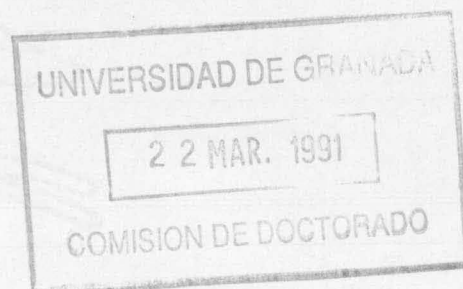
En trabajos anteriores cuando se comparaba un modelo de atmósfera con un espectro observado o, con los colores fotométricos, nunca se tienen en cuenta los posibles efectos de irradiación. En otras palabras, el modelo de atmósfera con el cual se compara el espectro no se trata convenientemente y se suelen utilizar modelos de atmósfera de estrellas aisladas (en el sentido de que no tienen en cuenta los efectos de proximidad) para tal tarea.

En las estrellas binarias próximas, la irradiación mutua siempre existe en menor o en mayor grado dependiendo de las condiciones físicas y geométricas de los sistemas. En sistemas del tipo Algol, donde el flujo relativo de la primaria respecto a la secundaria puede incluso ser mayor que la unidad (a pesar del decrecimiento geométrico), la irradiación puede, como vimos anteriormente, cambiar mucho las características de la atmósfera de la secundaria.

Hemos visto que la temperatura de la estrella irradiada es mayor que la original. ¿Puede ser utilizada una estrella normal (sin irradiación) con las mismas características en el lugar de la irradiada? Para intentar responder a esta pregunta y sacar algunas conclusiones respecto a la influencia de la irradiación en el estudio espectrofotométrico de las binarias próximas, hemos calculado varios modelos correspondientes a las diversas configuraciones de irradiación estudiadas previamente por nosotros.

Como en cada configuración tenemos 4 direcciones de incidencia, y además tenemos varias distancias relativas, hemos fijado para el modelo irradiado la dirección en  $\mu_i = 0.669$ ,  $\log g = 3.44$ ,  $T_{ef} = 5300$  K,  $\log [A/H] = 0.0$ . Para la estrella fuente fijamos  $T^* = 11890$  K,  $\log g = 4.0$  y metalicidades solares. El radio relativo se ha tomado como 0.22. Con estos valores fijados, podemos comparar el correspondiente modelo irradiado con los que tienen las mismas características pero con distintas metalicidades.

La Figura 3.13 muestra tal comparación para el caso en que la estrella no irradiada tiene  $\log [A/H] = 0.0$ . Las diferencias en los flujos son notables sobre todo para la región visible y ultravioleta (se muestran las posiciones de los filtros de Strömgen se muestran como orientación). Para longitudes de onda mayores las diferencias no son tan grandes, lo que puede explicarse si observamos que en esta región la estrella fuente emite muy poco y por consiguiente, perturba poco la estrella irradiada.



Las Figuras 3.14, 3.15, 3.16 y 3.17 muestran las respectivas comparaciones para los casos en que variamos el radio relativo de 0.10, 0.15, 0.25, 0.3. En ningún caso, es posible asociar un modelo no irradiado con el irradiado. En el caso de  $r = 0.10$  las diferencias son más pequeñas. Sin embargo, este efecto está ligado al hecho sobre el que ya habíamos llamado la atención anteriormente: en esta situación, el flujo incidente tiene una menor magnitud y, por lo tanto, influyen menos la atmósfera irradiada. De hecho,  $T_{cal}$  sólo se diferencia de  $T_{ef}$  en 150 K.



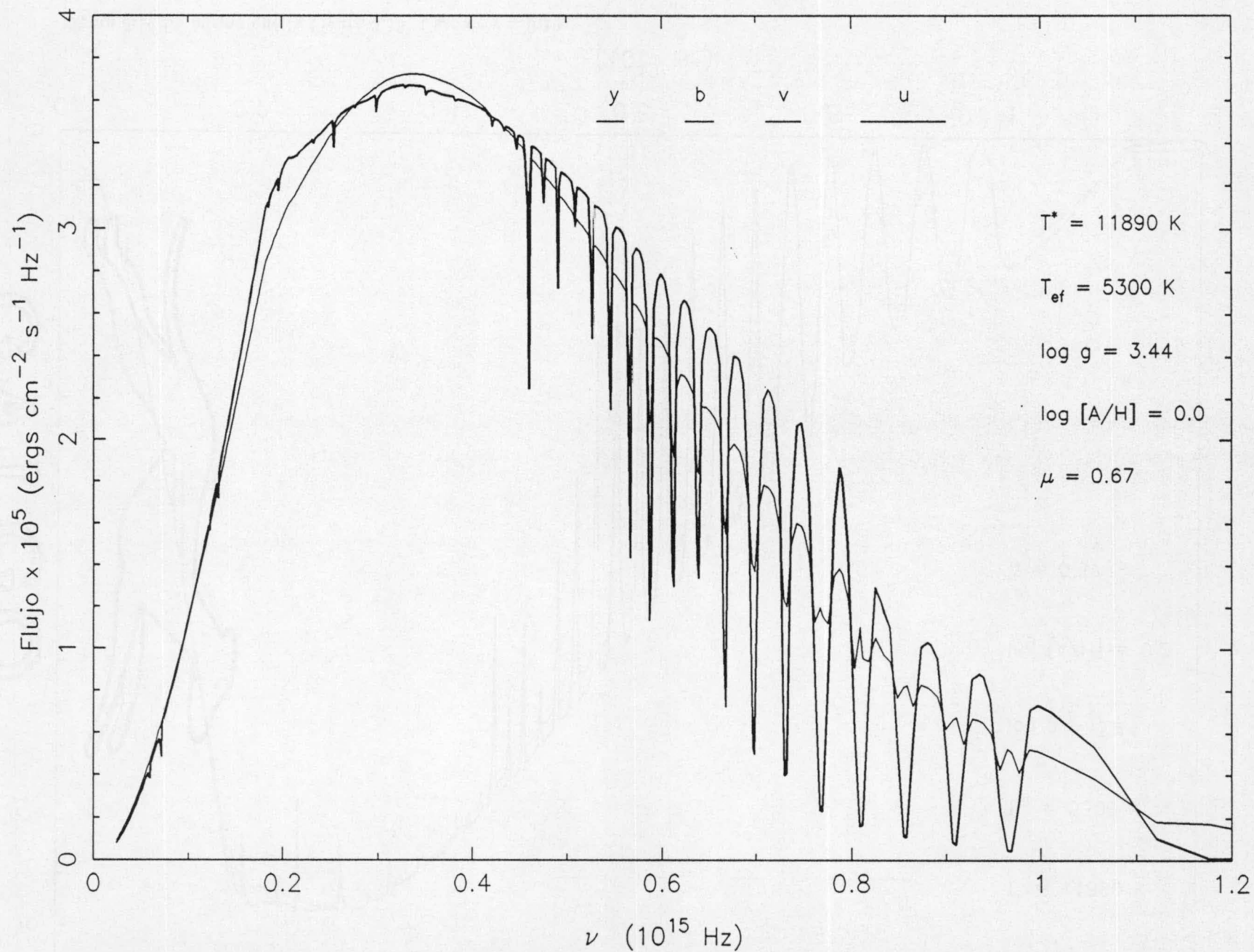


Figura 3.13 Comparación entre los espectros irradiado (delgada) y no irradiado (gruesa) con la misma temperatura efectiva para el caso  $r = 0.22$ . Los dos modelos tienen la misma metalicidad

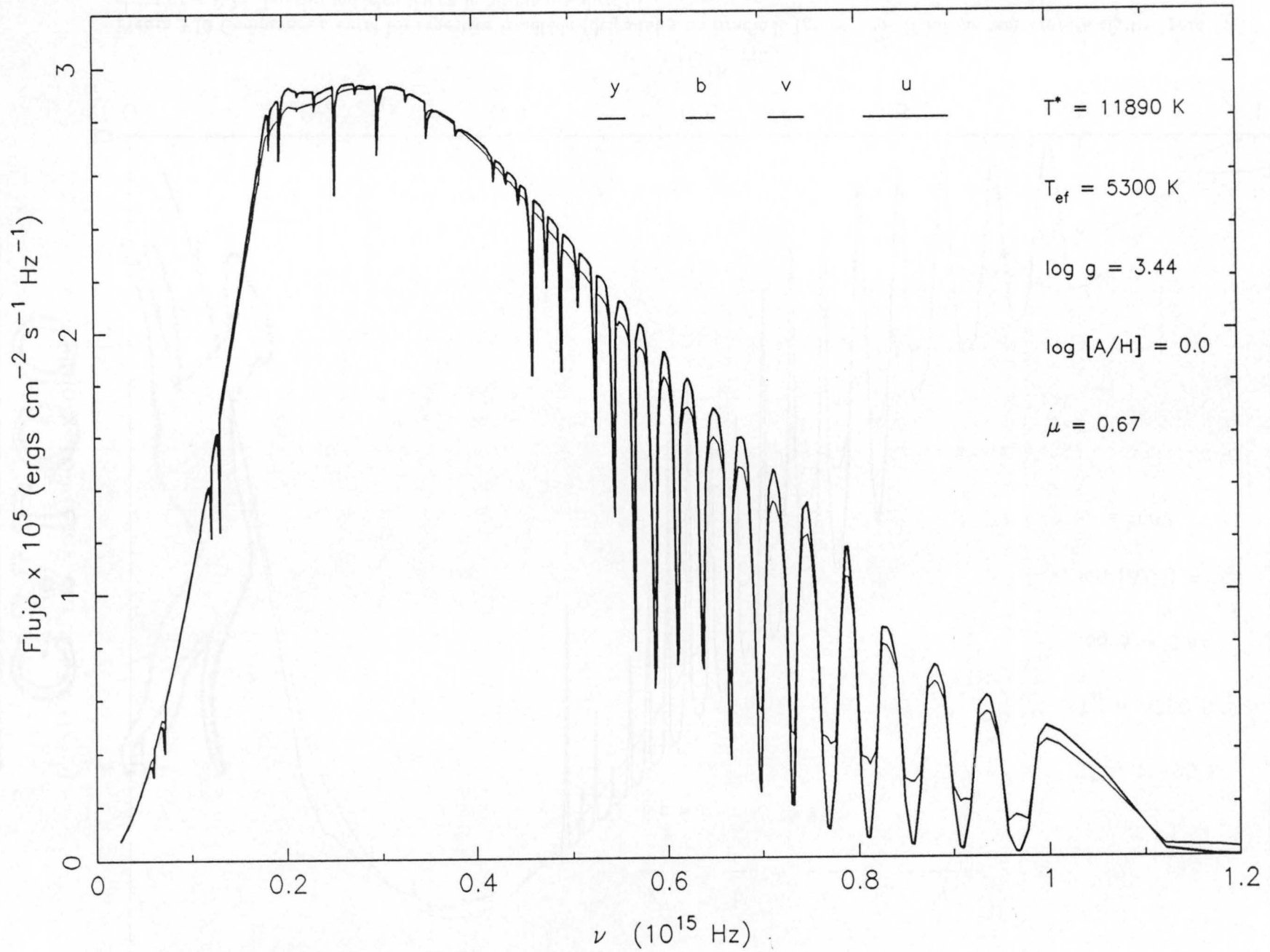


Figura 3.14 Lo mismo que la Figura 3.13. Caso de  $r = 0.10$ .

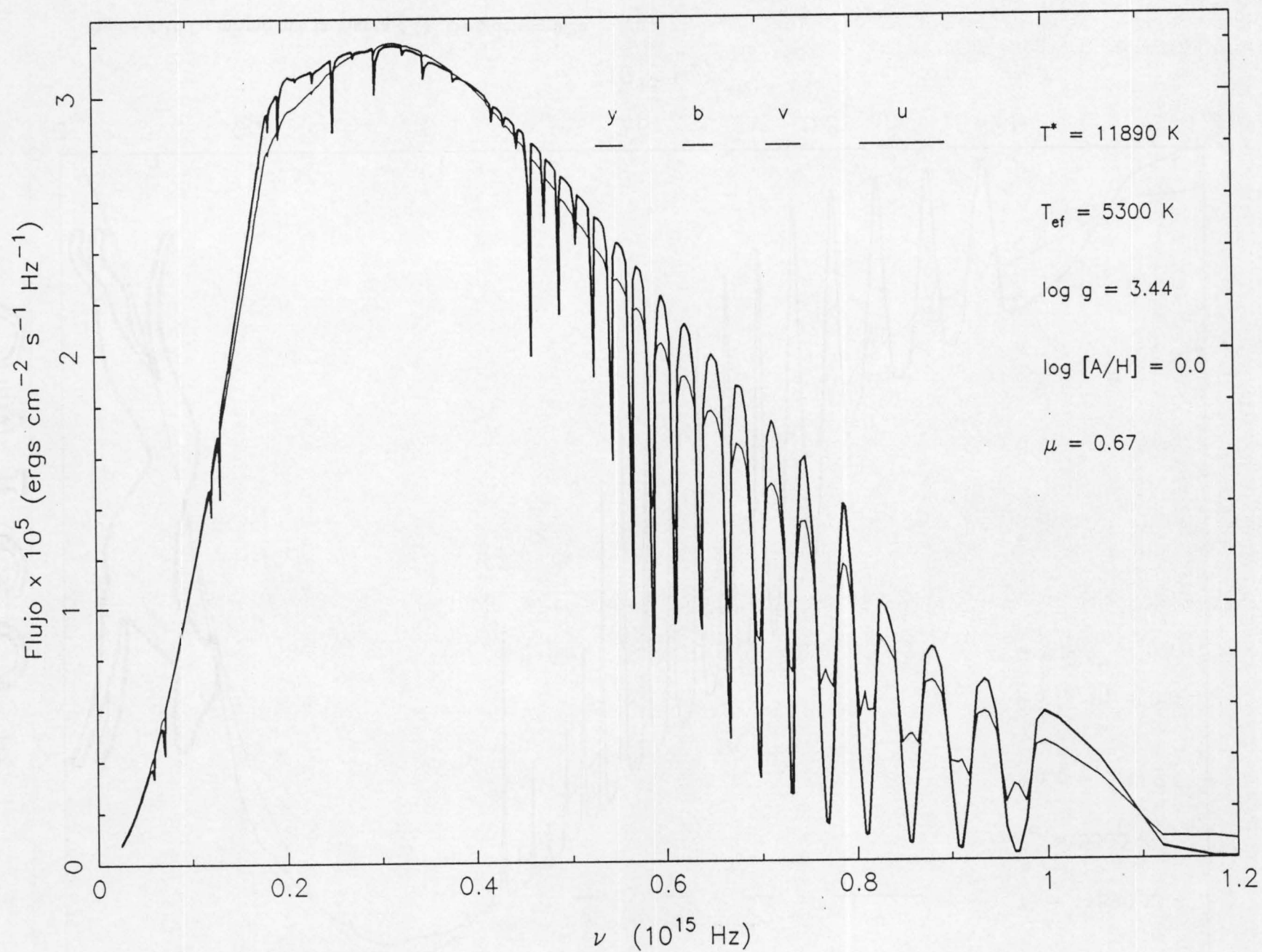


Figura 3.15 Lo mismo que la Figura 3.13. Caso de  $r = 0.15$

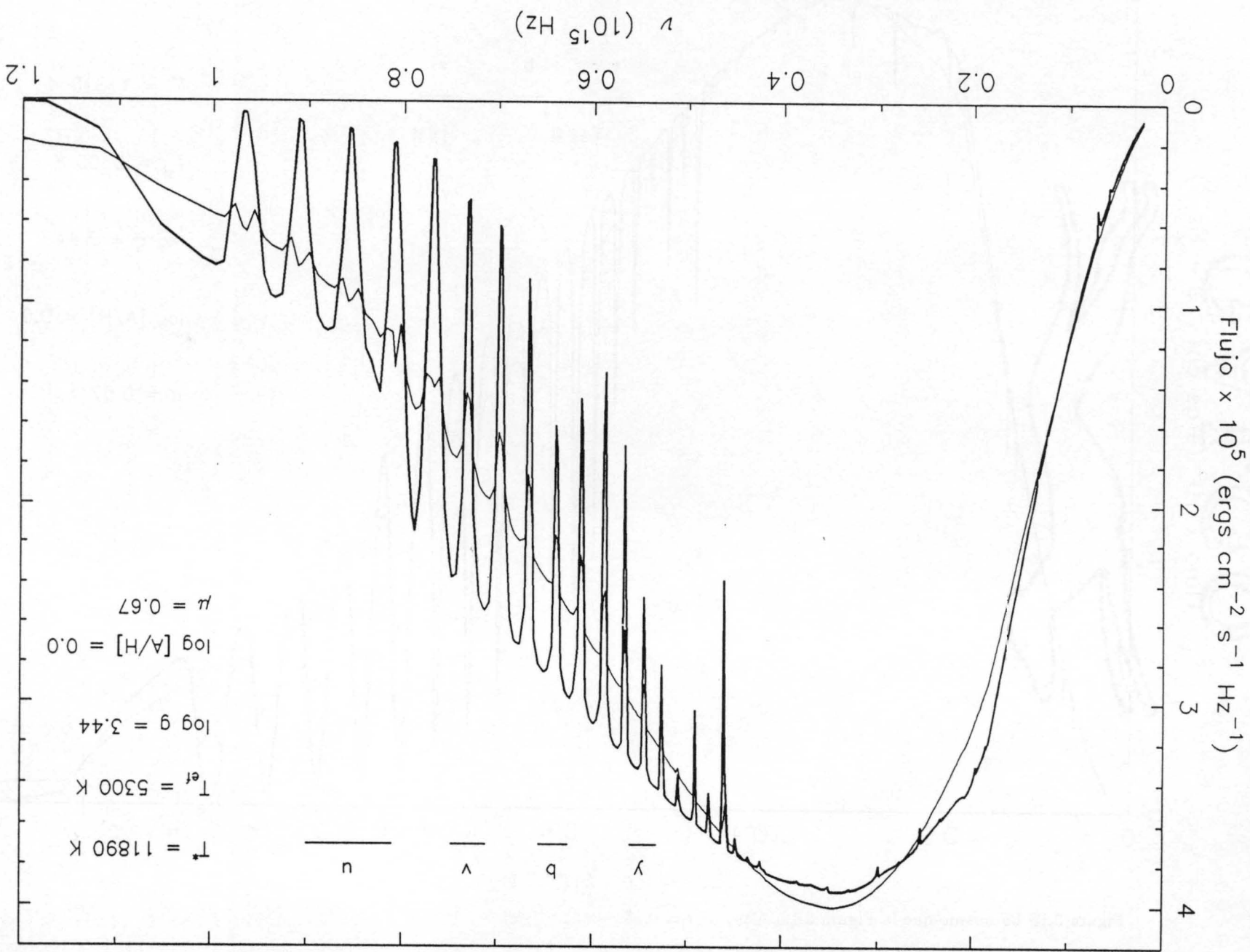


Figura 3.16 Lo mismo que la Figura 3.13. Caso de  $r = 0.25$



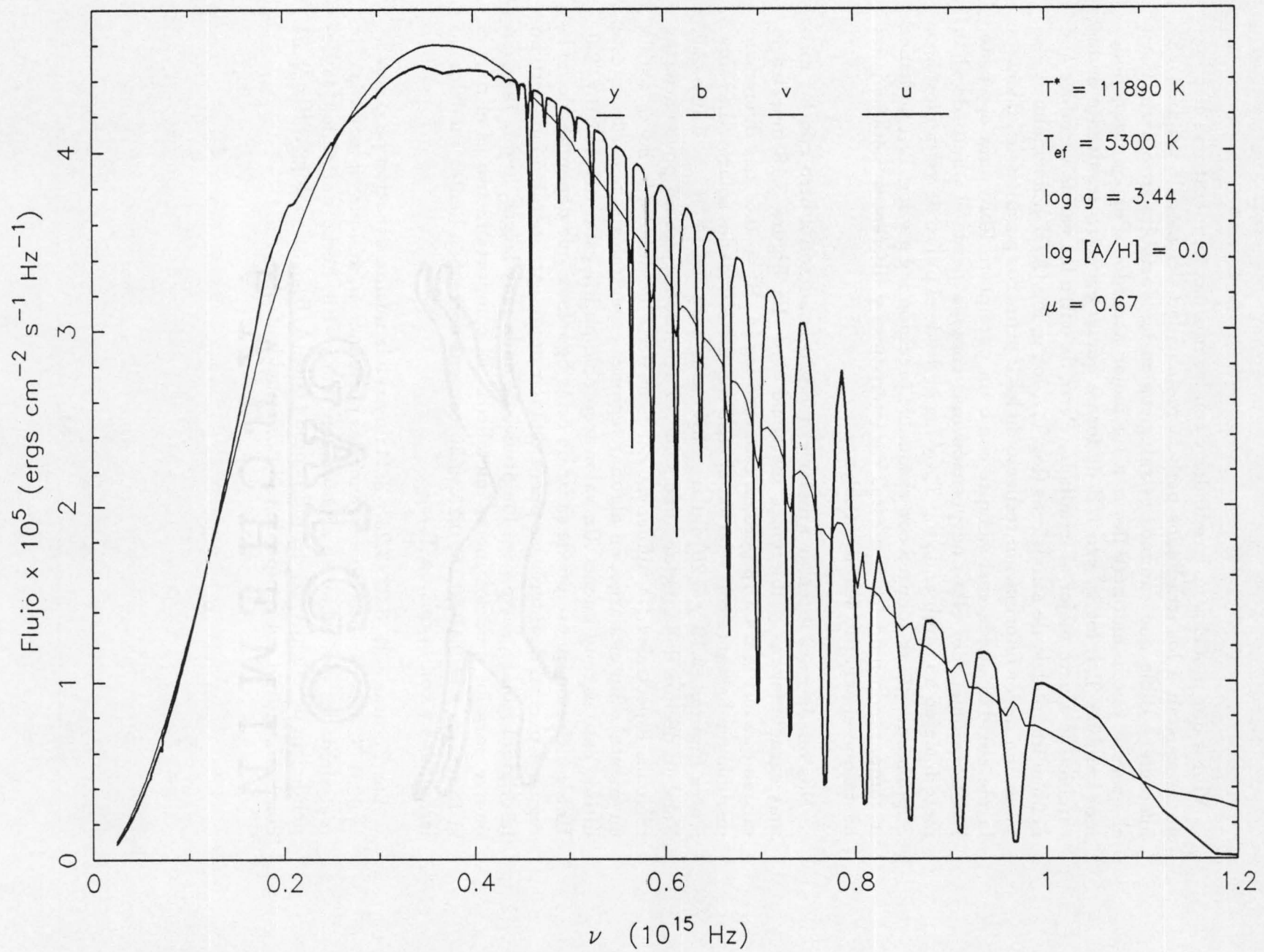


Figura 3.17 Lo mismo que la Figura 3.13. caso de  $r = 0.30$

Vimos que modelos no irradiados y con las mismas temperaturas efectivas no se ajustan a los irradiados para la metalicidad del modelo original. Es bastante posible que cambios estratégicos en las variables involucradas en el proceso pueda entonces llevar a un mejor acuerdo. Por ejemplo, podemos cambiar  $T_{ef}$ ,  $\log g$ , y/o  $l/H$  de forma que el espectro resultante de los cambios se ajuste mejor al irradiado. Pero, de entre las varias variables que definen un modelo de atmósferas ( $\log T_{ef}$ ,  $\log g$ ,  $\log [A/H]$ ), normalmente se tiene una mejor información respecto de los 2 primeros parámetros, mientras la metalicidad queda casi siempre como un parámetro libre para el ajuste. Existe también por ello una posición más cómoda desde el punto de vista metodológico no cambiando  $\log T_{ef}$  y  $\log g$ , desde el punto de vista filosófico. Suponiendo que se conozca con razonable precisión  $\log g$  y  $\log T_{ef}$ , podemos ir comparando modelos con estas características y diferentes metalicidades hasta que el acuerdo sea aceptable.

Nos queda pues intentar ajustar el modelo irradiado a otro con las mismas características y diferentes metalicidades. La Figura 3.18 muestra lo mismo que la Figura 3.13 pero en este caso  $\log [A/H] = -0.5$ . Las diferencias disminuyen bastante con relación al caso con metalicidades solares. Las siguientes Figuras (3.19 y 3.20) ilustran los casos para  $\log [A/H] = -1.0$  y  $-2.0$ . Para un décima de la metalicidad solar, el acuerdo mejora un poco en ciertas regiones espectrales (la influencia del hemisferio no irradiado no es tenida en cuenta). Sin embargo, en algunas regiones espectrales el acuerdo en este último caso es muy bueno. Un valor aceptable podría estar entre  $-1.0$  y  $-2.0$ . Una conclusión que se puede sacar de estas figuras es que dependiendo de la región espectral de interés, se puede deducir una u otra metalicidad, pero no la original (solar), salvo para longitudes de onda muy largas, lo que también ocurre para los modelos menos metálicos. El comportamiento es el mismo si tomamos  $r = 0.10, 0.15, 0.25, 0.30$  con sus correspondientes modelos no irradiados y con la misma  $T_{ef}$ .

Las Figuras 3.21, 3.22, 3.23 y 3.24 ilustran la misma situación pero con  $T^* = 9831$  K. Las características generales permanecen, aunque en este caso las metalicidades que mejor se ajustan son  $-0.5$  y  $-1.0$ , hecho que refleja la dependencia de  $\Delta \log [A/H]$  definido como  $(\Delta \log [A/H]_{ajuste} - \Delta \log [A/H]_{original})$  con la magnitud del campo de radiación incidente.

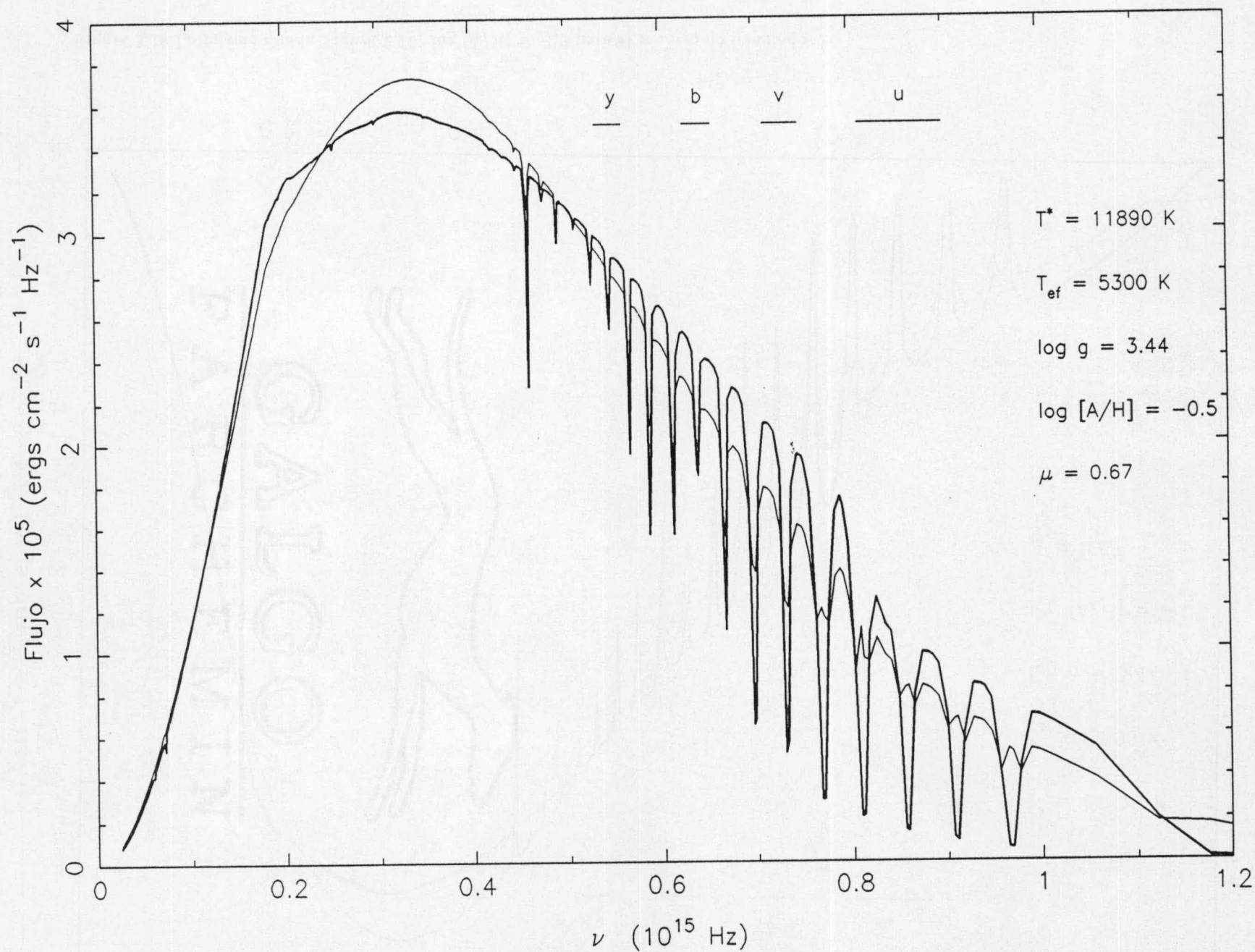


Figura 3.18 Lo mismo que la Figura 3.13.  $\log [A/H] = -0.5$  para el modelo no irradiado

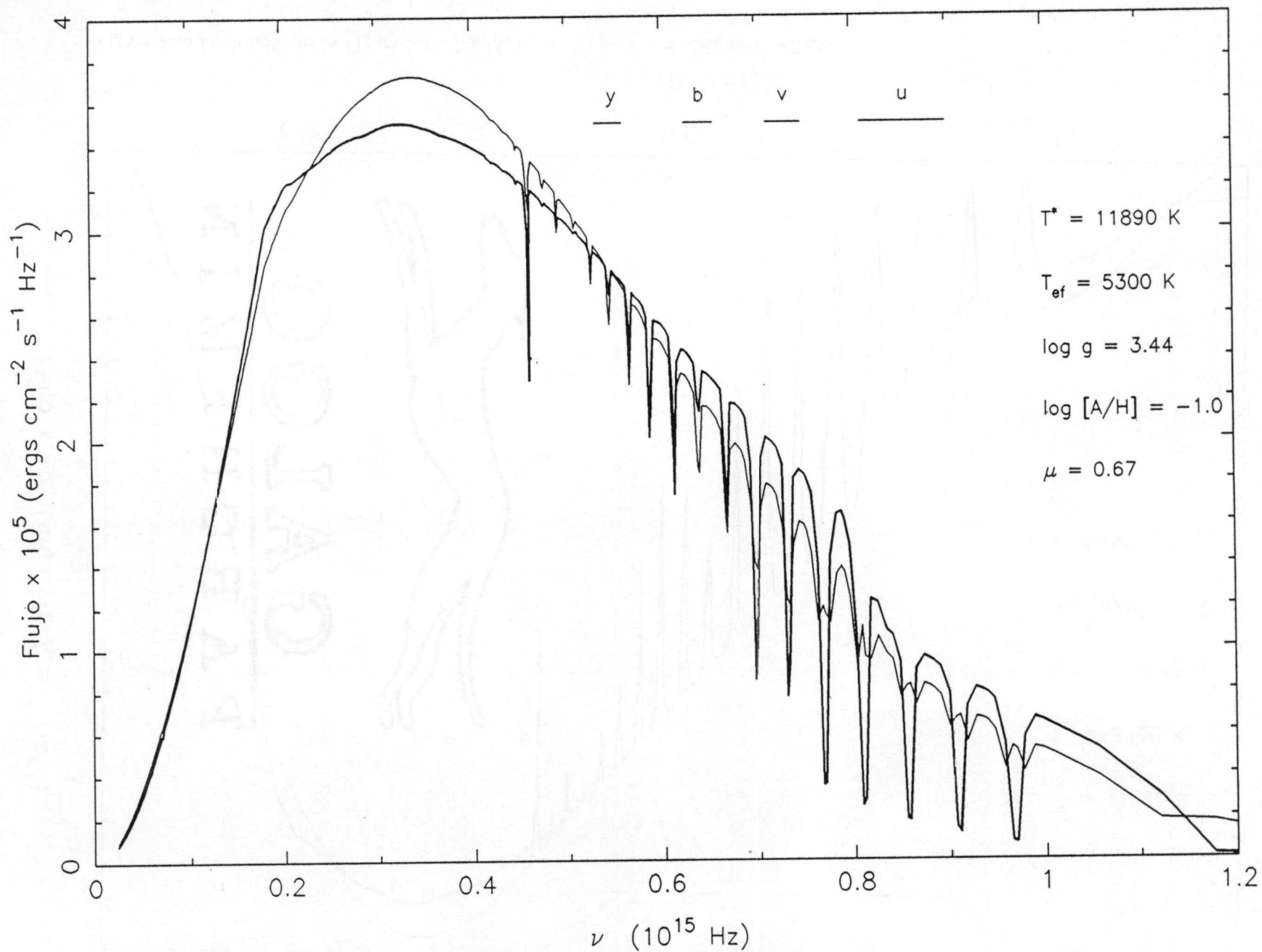


Figura 3.19 Lo mismo que la Figura 3.13.  $\log [A/H] = -1.0$  para el modelo no irradiado



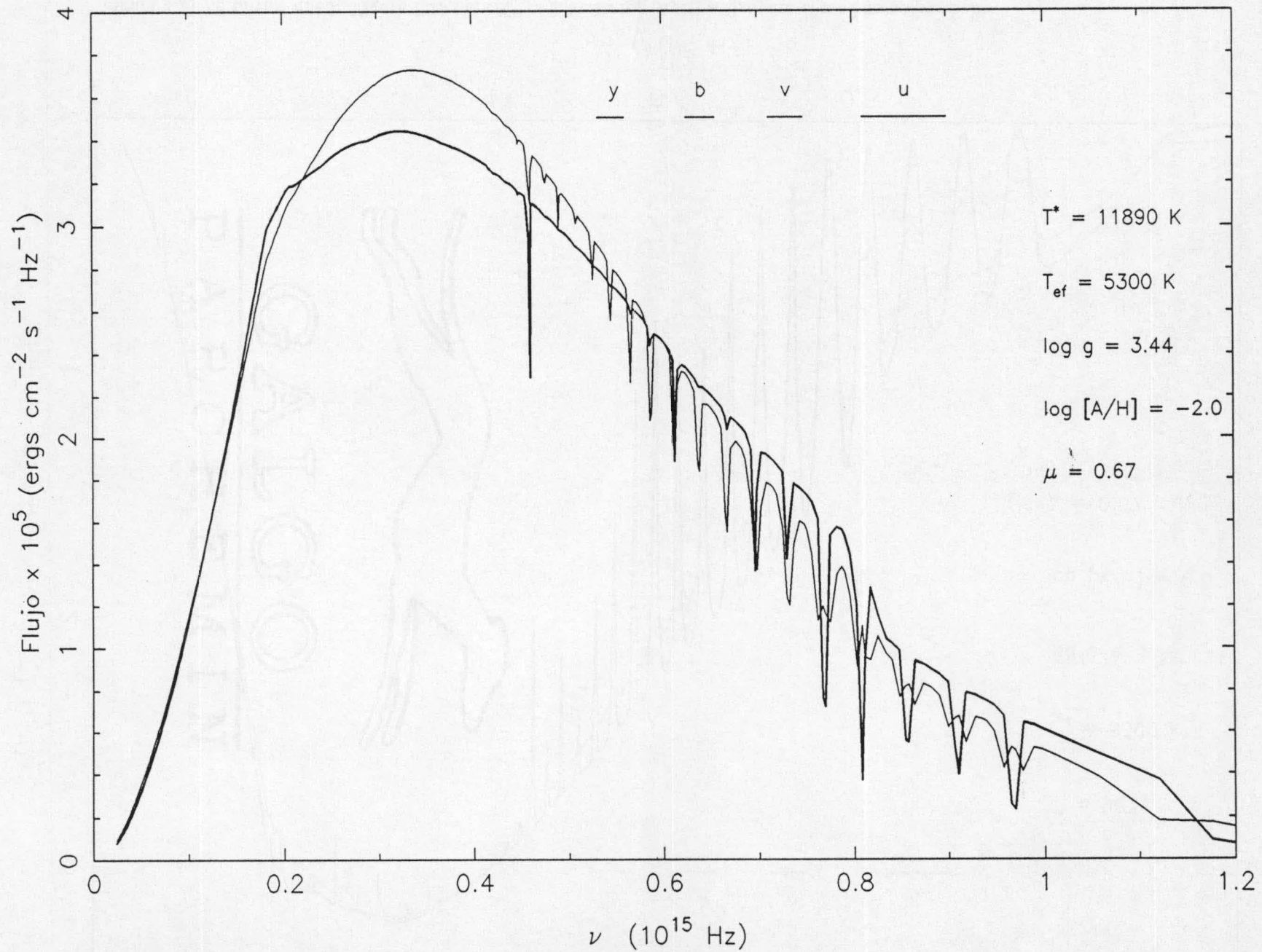


Figura 3.20 Lo mismo que la Figura 3.13.  $\log [A/H] = -2.0$  para el modelo no irradiado

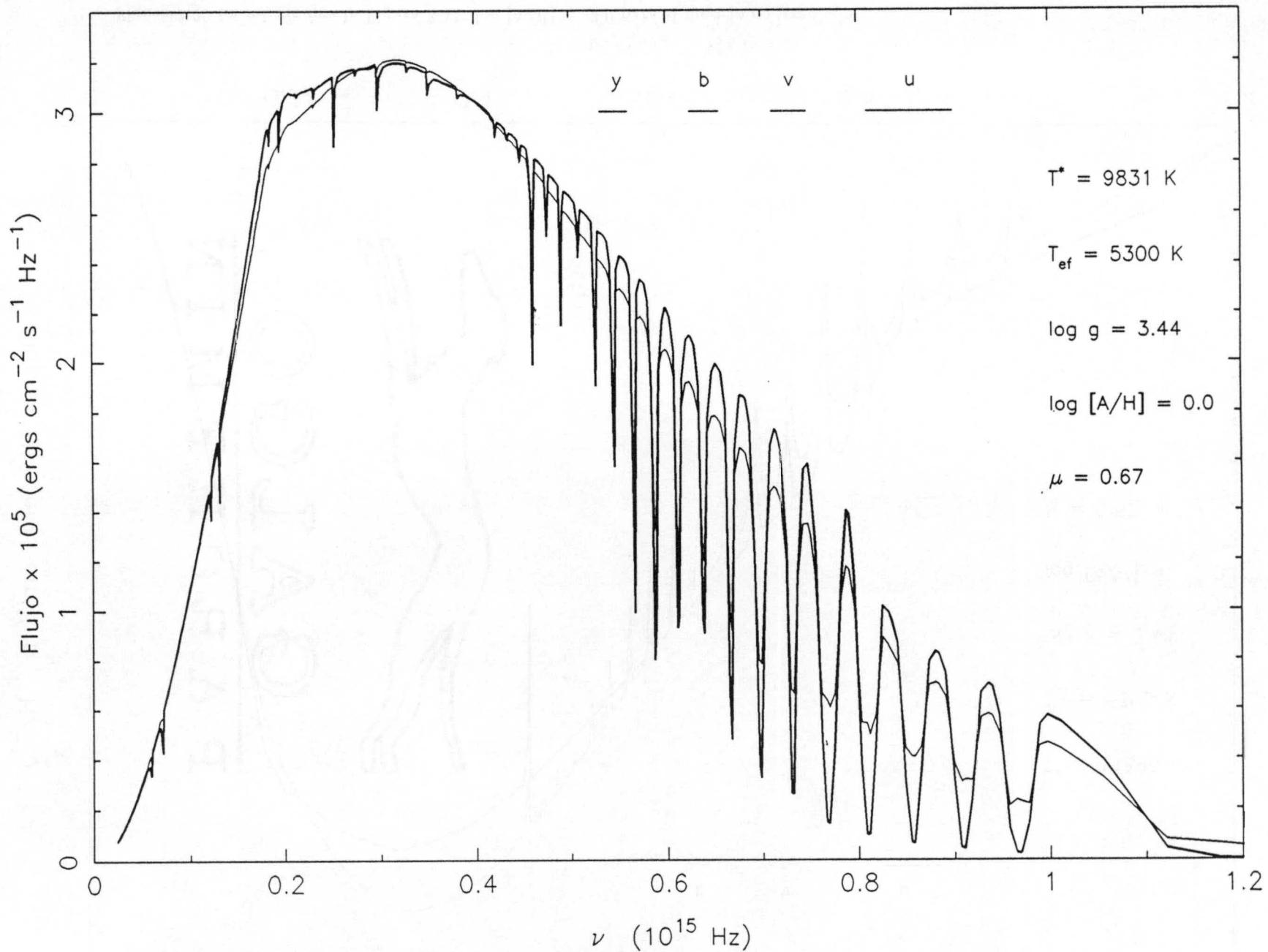


Figura 3.21 Lo mismo que la Figura 3.13 para  $T^* = 9831 \text{ K}$ .  $\log [A/H] = 0.0$  para el modelo no irradiado

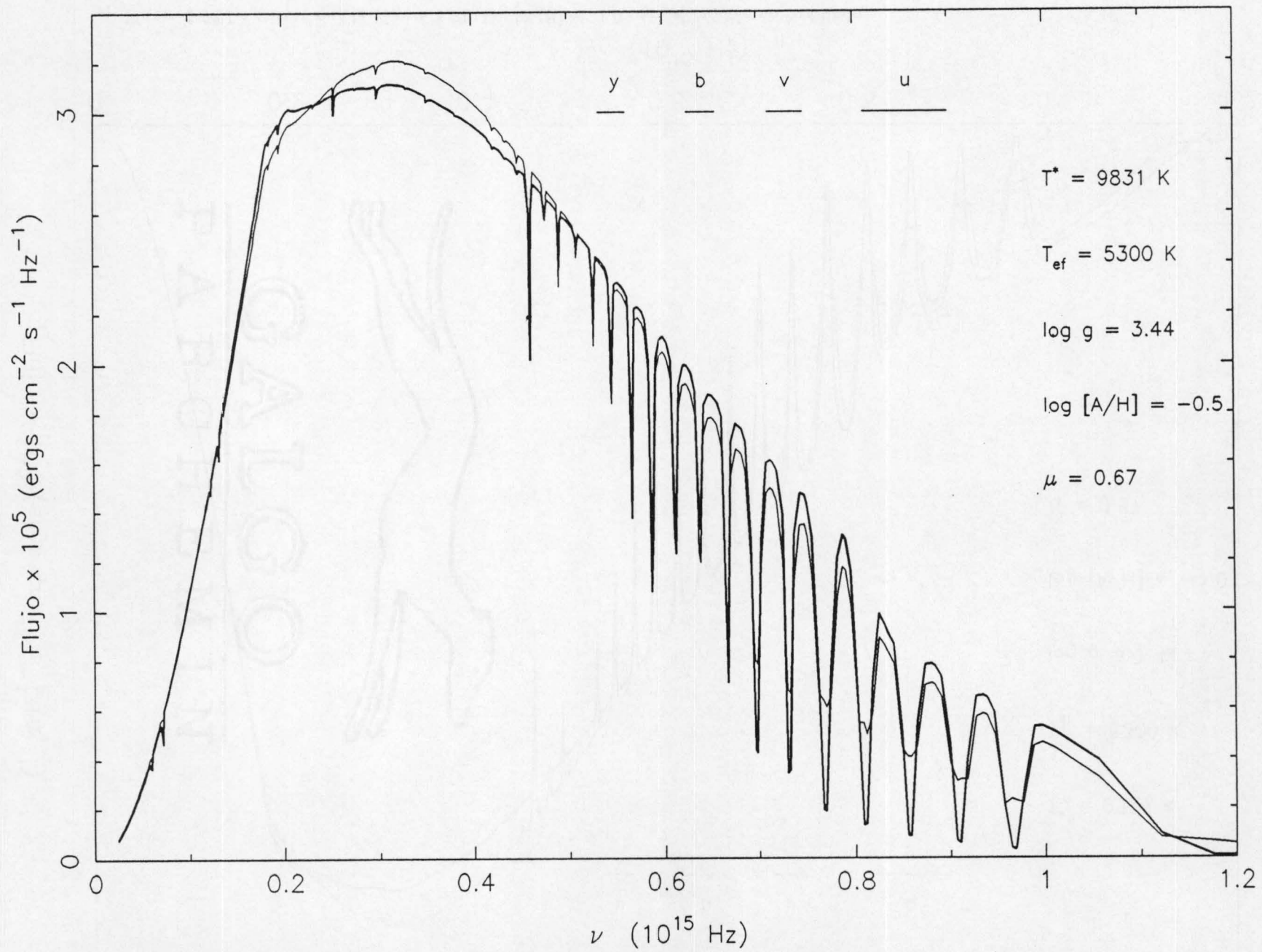


Figura 3.22 Lo mismo que la Figura 3.21.  $\log [A/H] = -0.5$  para el modelo no irradiado

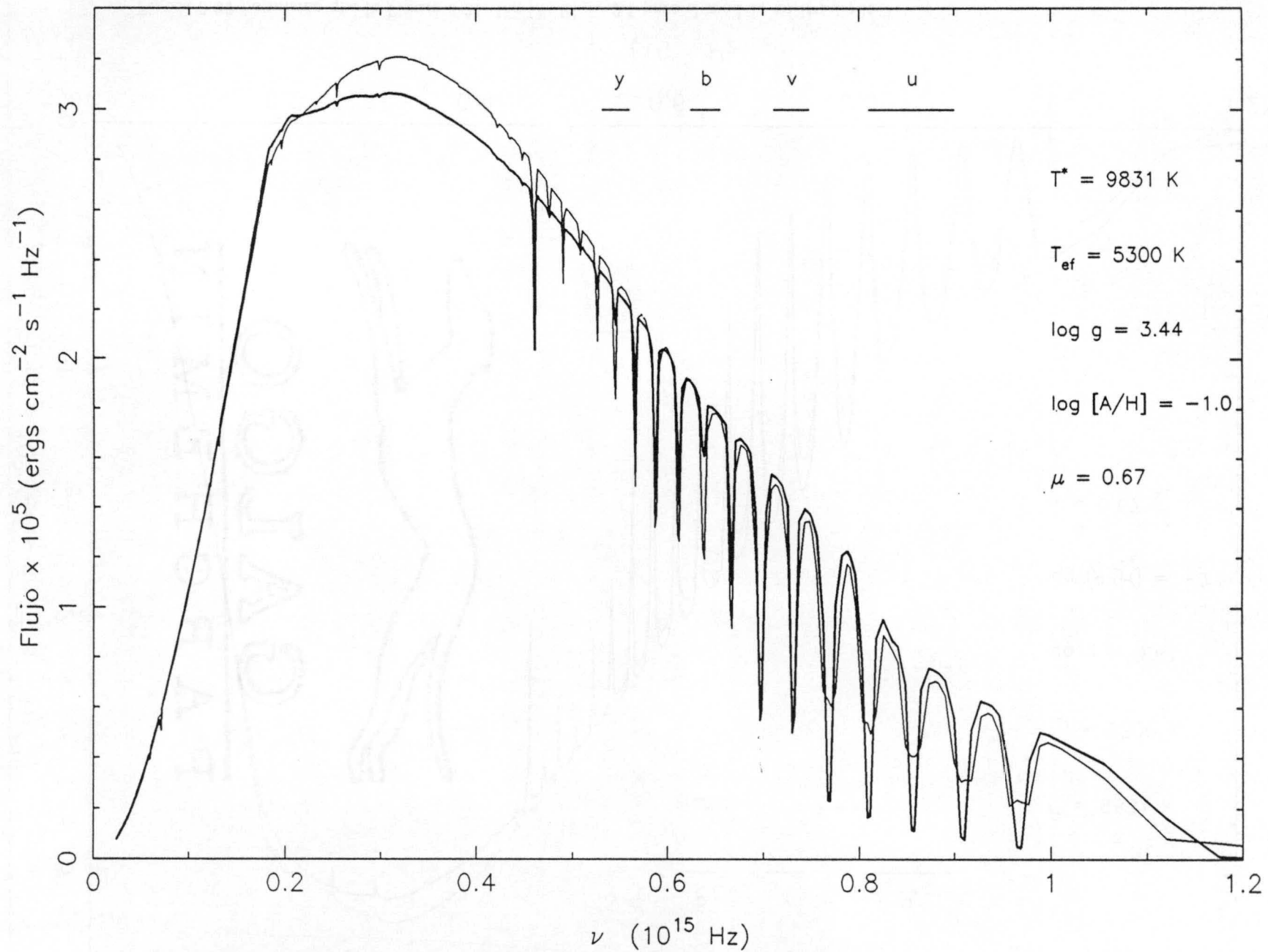


Figura 3.23 Lo mismo que la Figura 3.21.  $\log [A/H] = -1.0$  para el modelo no irradiado



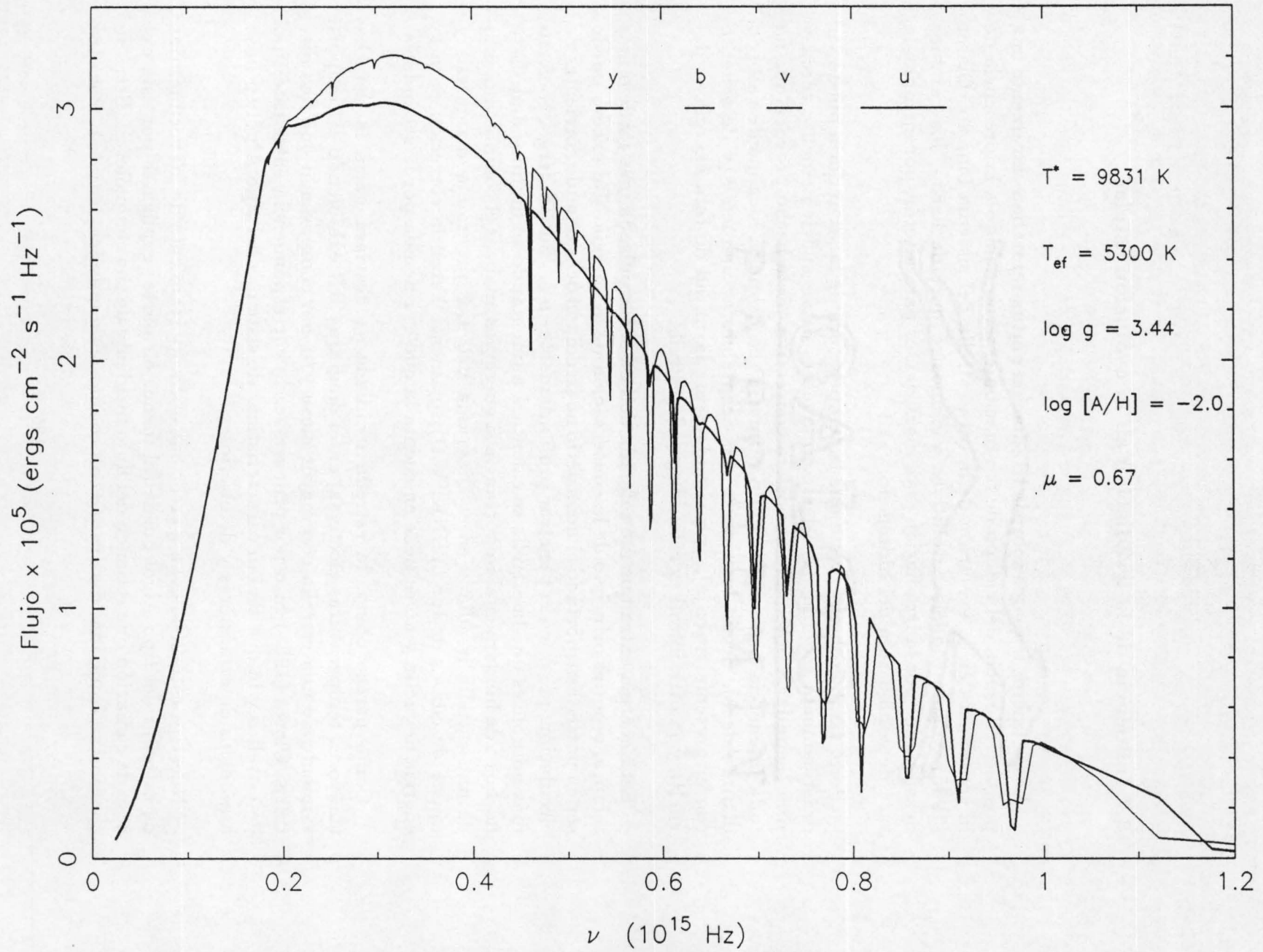


Figura 3.24 Lo mismo que la Figura 3.21.  $\log [A/H] = -2.0$  para el modelo no irradiado

### 3.7 Influencia de la irradiación en la evolución estelar

Los primeros trabajos sobre la irradiación mutua refutaban claramente una posible influencia del campo de irradiación externo debido a la presencia de la compañera en la evolución de la otra estrella del sistema binario. Claret (1985) calculó modelos evolutivos y demostró que, de hecho, los cambios ocasionados por la irradiación eran insuficientes para alterar, por ejemplo, la tasa de combustión del hidrógeno.

Pero, también hemos visto que la temperatura de la secundaria puede ser drásticamente modificada si las componentes están suficientemente cerca y si la secundaria posee una atmósfera convectiva. Este hecho provoca que no toda la energía proveniente de la primaria sea devuelta localmente (albedo distinto de 1). Según los valores más aceptables actualmente (y de acuerdo con el presente trabajo), aproximadamente la mitad de esta energía es devuelta y la otra mitad es retenida por la estrella.

Esta energía extra que fue retenida deberá ser expulsada más tarde o más temprano por el principio de la conservación de la energía. Tal exceso puede ser en parte transportado al hemisferio no irradiado ocasionando corrientes de circulación que pueden penetrar profundamente en él. Sin embargo, el efecto más notable es que la estrella se calentará aumentando su luminosidad. Este hecho es de fundamental importancia si queremos analizar el comportamiento de una estrella irradiada en el Diagrama HR. Los programas de síntesis y ajuste de curvas de luz (WINK, WD) solamente hacen la corrección para la energía devuelta y no se tiene en cuenta la que es retenida por la secundaria.

Como parece óbvio, la estrella irradiada se desviará hacia la derecha (mayores temperaturas efectivas) en el diagrama HR exhibiendo el comportamiento de una estrella con mayor masa y/o con composición química distinta. Claret (1985) hizo por primera vez la correspondencia entre este tipo de estrellas y la que tenían características de sistemas del tipo Algol en base a modelos de atmósferas y de interiores.

Nuestros estudios llevan a creer que el comportamiento de las secundarias de estrellas del tipo Algol puede (al menos en parte) explicarse por este exceso de radiación que retienen del flujo incidente de sus compañeras. Estas se comportan como más masivas (o con composición química distinta). Por otro

lado, los problemas encontrados en la composición química pueden también describirse satisfactoriamente como debido a un efecto de irradiación. De hecho, no necesitamos de ninguna hipótesis sobre la irradiación: ésta, efectivamente existe e incide sobre la secundaria de una forma fácilmente calculable. La Figura 3.25a muestra las posiciones de las dos componentes de Algol en el Diagrama HR. Se puede notar claramente que la componente B no está en la misma isocrona que la componente A. La corrección propuesta por nosotros está indicada por una flecha y pone Algol B en una traza evolutiva cuya masa es más compatible con el valor observado (Claret *et al.* (1990); Claret y Giménez (1991e)).

Si disponemos de datos observacionales fiables referentes a las secundarias de sistemas del tipo Algol (Giménez y García, 1990) podremos llevar a cabo una comparación entre lo que prevé la ecuación (3.42) y estos datos (Claret *et al.*, 1990; Claret y Giménez, 1991e). En la Figura 3.25b podemos ver el desplazamiento en  $T_{ef}$  predicho y observado.  $F$  es el flujo intrínseco de la secundaria. Las  $T_{ef}$  se han obtenido a partir de nuestra red de modelos evolutivos teóricos convencionales (Claret y Giménez, 1989a). Los cuadrados representan sistemas con secundarias calientes mientras los asteriscos denotan las secundarias de sistemas del tipo Algol clásicos. El acuerdo se puede considerar bueno si tenemos en cuenta las incertidumbres involucradas tanto en las observaciones cuanto en las simplificaciones teóricas. Sin embargo, estas mismas incertidumbres todavía no nos permiten concluir de forma más definitiva que el efecto de masa observado en las secundarias de sistemas del tipo Algol clásicos es debido solamente a la irradiación (Claret y Giménez, 1991e). Los resultados obtenidos al largo de este capítulo nos indican que éste es un campo que merece estudios más profundos para aclarar la situación.



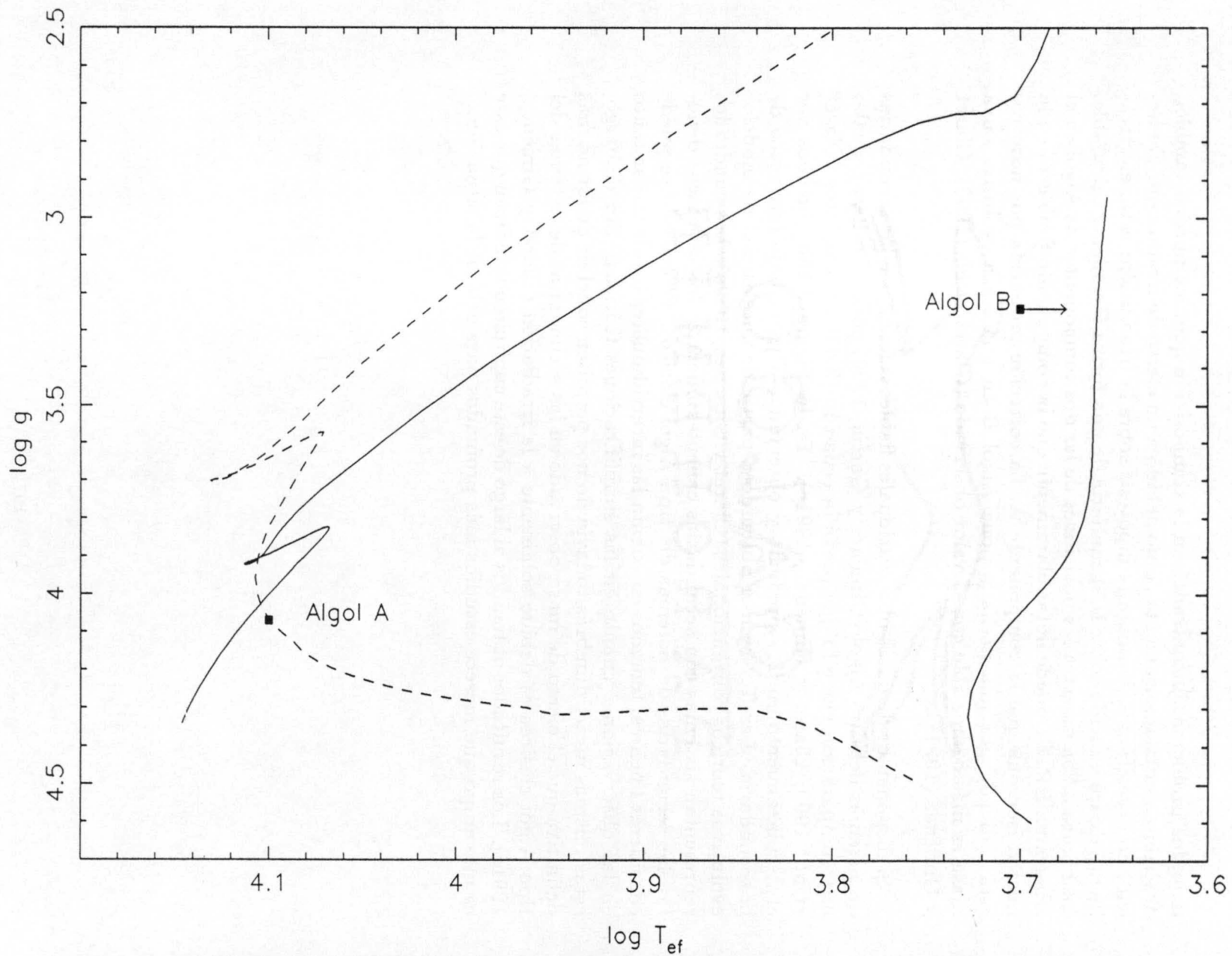
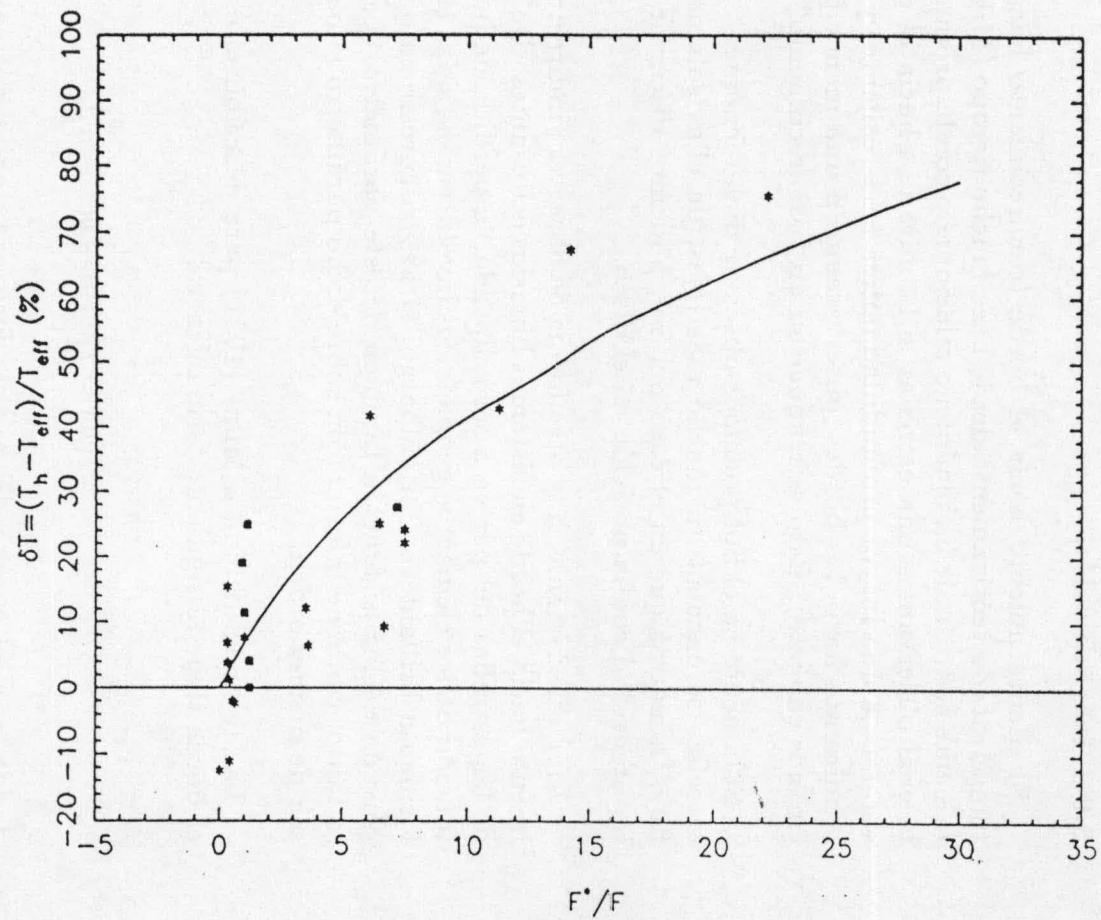


Figura 3.25a Posición de las dos componentes del sistema Algol en el diagrama HR. Nótese la corrección debida a la irradiación en la secundaria desplazandola a temperaturas efectivas más bajas (menor masa). Las líneas continuas se refieren a los modelos teóricos estándar para Algol A y B. La isocrona (línea discontinua) se ha calculado para  $\log \tau = 8.2$ .



UNIVERSIDAD DE GRANADA  
22 MAR. 1991  
COMISION DE DOCTORADO

199



### 3.9 Las leyes de oscurecimiento hacia el borde para atmósferas estándares e irradiadas

#### 3.9.1 Introducción

El oscurecimiento hacia el borde (oscurecimiento hacia el borde) es un tema tratado teóricamente desde hace mucho tiempo (Milne, 1921). Concretamente se trata de un fenómeno relacionado con la profundidad óptica sobre la cuál observamos una estrella: si la miramos hacia el centro de su disco, veremos a una mayor profundidad óptica (más caliente) y por el contrario si la miramos hacia los bordes, observaremos a una menor profundidad óptica (menos caliente). Esto se traduce en un "oscurecimiento" hacia el borde.

Solamente en el Sol podemos observar dicho fenómeno dado que como las estrellas se encuentran mucho más lejos, de ellas solamente observamos el flujo, mientras que en el caso del Sol, podemos discernir la dependencia de la intensidad con la posición en el disco.

Afortunadamente, hay otra forma de observar (indirectamente) el oscurecimiento hacia el borde en sistemas binarios eclipsantes. De hecho, cuando una de las estrellas del par va a ser eclipsada, la pérdida de luz sería únicamente función de los elementos geométricos involucrados, si las estrellas fueran uniformemente brillantes. Sin embargo, si hay oscurecimiento hacia el borde, la pérdida de luz es función también de este parámetro. La curva de luz, por lo tanto, contiene información sobre dicho parámetro aunque el fenómeno no sea de primer orden.

La ley lineal debida a Milne (1921) para describir el oscurecimiento hacia el borde tiene la siguiente forma general:

$$I(\mu) = I(1) [a + b(1 - \mu)] \quad (3.43)$$

donde  $\mu$  es el coseno del ángulo formado por la normal y la dirección de la intensidad emergente,  $I(1)$  es la intensidad en el centro. Por supuesto, este tipo de ley solamente se puede aplicar si se trabaja con modelos de atmósferas estelares. A medida que los modelos se hacían más sofisticados, se obtenían mejores acuerdos con las observaciones. Varios autores (Grygar,

1965; Shul'berg, 1973) sin embargo, apuntaron que sobre todo para estrellas calientes la relación lineal no se ajustaba bien.

Un problema planteado a menudo en el estudio del oscurecimiento hacia el borde, es el método de ajuste utilizado para la deducción de dicha ley: mientras que algunos autores optan por utilizar el método de mínimos cuadrados, otros prefieren imponer condiciones que consisten en hacer coincidir los flujos utilizando las leyes obtenidas y la definición clásica (Hosokawa, (1967); Kinglesmith y Sobieski (1970) y más recientemente Wade y Ruciński (1985)). Al-Naimy (1978) utiliza un método que se basa en el promedio de la pendiente de la recta (caso lineal) obtenida.

Independientemente del método utilizado, se han propuesto varias leyes no lineales: logarítmica (Kinglesmith y Sobieski (1970), cuadrática (Manduca *et al.*, (1977), Wade y Ruciński (1985)), de raíz cuadrada (Días-Cordovés y Giménez, (1991)).

Sin embargo, el empleo de dichas leyes debe hacerse con mucho cuidado. Un sistema binario eclipsante en cualquier circunstancia, no debe *a priori* ser tratado como si cada estrella fuera una estrella aislada. Todos los trabajos citados anteriormente padecen de este problema pues nunca tienen en cuenta la influencia de la otra estrella. El único que hace alguna corrección debido al efecto reflexión es el artículo debido a Vaz y Nordlund (1985), pero los parámetros estelares y orbitales utilizados están fuera del rango aceptable para ellos y, además, utilizaron modelos grises.

Como estamos comprobando a lo largo de este trabajo, los efectos de proximidad pueden cambiar las propiedades individuales de cada estrella. Hemos visto que la irradiación mutua cambia el espectro haciéndolo muy diferente del que no es irradiado pudiendo incluso llevar a parámetros erróneos si los comparamos con modelos normales. Parece pues, lógico, que si el espectro cambia con la irradiación, también cambien las intensidades específicas. Ello, por supuesto, llevará a un cambio en la ley de oscurecimiento (forma y coeficientes). Este apartado trata del estudio de este tema y de otros relacionados.

Las observaciones de sistemas binarios eclipsantes suelen hacerse en los sistemas fotométricos de Johnson (UBV) y de Strömgren (*uvby*) y por lo tanto, los valores de los coeficientes de oscurecimiento hacia el borde deben darse en estas bandas. El cálculo monocromático puede, sin mucho error, sustituir a los calculados con la convolución de los respectivos filtros dado que los  $\lambda_{mon}$  no son muy diferentes de aquellos para los que la transmisión es



máxima. Wade y Ruciński (1985) calcularon monocromáticamente sus coeficientes, pero a veces con  $\Delta\lambda (= \text{ABS}(\lambda_{mon} - \lambda_{ef}))$  del orden de 100 Å. Tales desviaciones, naturalmente, conducen a errores, puesto que los coeficientes no se corresponden a las bandas respectivas.

Conforme se estableció anteriormente, hemos hecho nuestros cálculos convolucionando los filtros de los dos sistemas (Johnson y Strömgren) para evitar problemas de este tipo.

Por supuesto que en el método de mínimos cuadrados hay dependencia de los valores obtenidos con los puntos elegidos. Sin embargo, hemos decidido utilizar dicho método por parecernos menos arbitrario, usando, sin embargo, el método de Hosokawa (1967) y Wade y Ruciński (1985) como un control y para posterior comparación (Claret y Giménez, 1990a, 1990c). Para hacer uso del método de Wade y Ruciński elegimos el menor ángulo para el cual las intensidades han sido calculadas que corresponde a  $\mu = 0.069$ . Imponiendo las mismas condiciones impuestas por Wade y Ruciński (1985) obtendremos para los casos lineal y cuadrático:

$$a_{WR} = 3 \left( 1 - \frac{F}{I(1)} \right) \quad (3.44)$$

y

$$b_{WR} = \frac{(-519.57F + 100I(0.069) + 419.57I(1))}{80.13I(1)} \quad (3.45)$$

$$c_{WR} = \frac{(-558.34F - 358I(1) - 200I(0.069))}{80.13I(1)} \quad (3.46)$$

donde los símbolos son los usuales.

Como control adicional de nuestros cálculos, utilizamos el trabajo de Manduca *et al.* (1977) que también hicieron uso del programa UMA para los cálculos de los coeficientes de oscurecimiento hacia al borde para los casos lineal y cuadrático. Dicho trabajo calcula los coeficientes utilizando la definición de bandas para los sistemas de Johnson y Strömgren para una masa de aire. Sus cálculos fueron llevados a cabo con una resolución de 1 Å, mientras que los nuestros fueron realizados con los ficheros ODF (Opacity Distribution Function) y sin absorción atmosférica.



Sin embargo, nuestros resultados son totalmente compatibles con los de Manduca *et al* (1977). Para el Sol (Allen, 1973), por ejemplo, en el caso lineal, la mayor diferencia está en el  $y$  que es del orden de 0.016, mientras que en las otras bandas las diferencias entre los coeficientes son mucho menores (ver Tabla 3.3). La comparación es a veces difícil porque hay pocos modelos comunes entre nuestro grid y el de Manduca *et al.* (1977). En estos pocos modelos, las diferencias no son preocupantes.

Las posibles causas de estas diferencias son:

- 1 - puntos de ajuste distintos
- 2 - diferencias internas en el modelo de atmósferas
- 3 - diferencias en las ordenadores en que se han hecho los cálculos
- 4 - los cálculos de Manduca *et al.* (1977) fueron realizados para una masa de aire mientras que los nuestros sin absorción atmosférica.

Tabla 3.3				
Coeficientes de oscurecimiento hacia el borde Lineales para el Sol				
Autor(es)	u	v	b	y
Manduca <i>et al.</i> (1977)	0.89	0.85	0.78	0.68
Al-Naimiy (1978)	0.83	0.80	0.72	0.62
Wade and Rucinski (1985)	0.88	0.79	0.71	0.63
Este trabajo	0.89	0.84	0.78	0.69
Observado	0.87	0.83	0.76	0.67

Como expresiones generales para las leyes lineal y cuadrática dejamos todos los parámetros libres en el ajuste por mínimos cuadrados, a saber

$$I(\mu) = I(1)(a_1 - u(1 - \mu)) \quad (3.47)$$

y

$$I(\mu) = I(1)(a - b(1 - \mu) + c(1 - \mu)^2) \quad (3.48)$$

### 3.9.3 Análisis de los resultados para modelos no irradiados

De la Tabla 3.4 se puede concluir que la ley lineal no es adecuada para tratar los modelos con temperaturas efectivas bajas. En esta tabla, las relaciones  $F/F'$  ( $F'$  es el flujo calculado con dicha ley y  $F$  es el flujo calculado usando la definición) es muy distinta de 1.0 y puede llevar a errores del orden de 16 por ciento. Estos errores típicos son, por supuesto, inaceptablemente grandes.

Tabla 3.4									
Modelos convencionales									
F/F' - Caso Lineal									
$T_{ef}$	Log g	Log [A/H]	u	v	b	y	U	B	V
4000	2.00	0.00	0.839	0.905	0.948	0.980	0.843	0.933	0.988
4000	2.50	0.00	0.841	0.908	0.950	0.980	0.845	0.935	0.988
4000	3.00	0.00	0.846	0.911	0.951	0.981	0.850	0.937	0.988
4000	3.50	0.00	0.854	0.914	0.952	0.982	0.857	0.939	0.989
4000	4.00	0.00	0.869	0.926	0.961	0.991	0.872	0.949	0.997
4500	2.00	0.00	0.909	0.933	0.969	1.000	0.904	0.959	1.005
4500	2.50	0.00	0.911	0.937	0.971	0.999	0.907	0.961	1.005
4500	3.00	0.00	0.914	0.941	0.973	0.998	0.911	0.963	1.004
4500	3.50	0.00	0.917	0.945	0.975	0.998	0.915	0.965	1.004
4500	4.00	0.00	0.920	0.949	0.977	0.998	0.919	0.968	1.003
4500	4.50	0.00	0.923	0.954	0.979	0.998	0.924	0.971	1.004
4600	3.00	0.00	0.927	0.952	0.977	1.000	0.925	0.970	1.006
4700	3.44	0.00	0.941	0.957	0.982	1.004	0.938	0.975	1.009
5000	2.00	0.00	0.967	0.951	0.983	1.007	0.953	0.974	1.011
5000	2.50	0.00	0.968	0.958	0.987	1.009	0.957	0.978	1.012
5000	3.00	0.00	0.966	0.961	0.987	1.009	0.958	0.980	1.013
5000	3.50	0.00	0.964	0.967	0.989	1.009	0.959	0.983	1.013
5000	4.00	0.00	0.962	0.973	0.991	1.010	0.960	0.986	1.014
5000	4.50	0.00	0.962	0.979	0.993	1.010	0.962	0.989	1.014
5300	2.50	0.00	0.985	0.970	0.994	1.012	0.974	0.986	1.015
5300	3.44	0.00	0.983	0.983	1.000	1.014	0.978	0.994	1.017
5300	3.44	-1.00	0.993	1.006	1.016	1.023	0.992	1.011	1.024
5300	4.57	0.00	0.984	0.997	1.005	1.017	0.984	1.003	1.020
5460	3.44	0.00	0.988	0.989	1.003	1.016	0.984	0.998	1.018
5460	3.44	-0.50	0.987	1.000	1.008	1.018	0.985	1.004	1.020
5460	3.44	-1.00	1.000	1.008	1.018	1.024	0.998	1.013	1.025
5460	3.44	-2.00	1.005	1.021	1.030	1.032	1.006	1.025	1.031
5500	3.00	0.00	0.990	0.979	0.998	1.013	0.982	0.992	1.016
5500	3.50	0.00	0.988	0.986	1.001	1.015	0.984	0.996	1.018
6000	4.50	0.00	1.007	1.011	1.015	1.021	1.006	1.013	1.023
6020	3.44	0.00	1.007	1.008	1.013	1.021	1.004	1.011	1.022
6020	3.44	-0.50	1.011	1.011	1.017	1.022	1.009	1.014	1.023
6020	3.44	-1.00	1.015	1.013	1.021	1.025	1.014	1.017	1.025
6020	3.44	-2.00	1.009	1.017	1.021	1.023	1.010	1.019	1.023
6300	3.44	0.00	1.014	1.016	1.018	1.023	1.013	1.017	1.024
6300	3.44	-0.50	1.018	1.016	1.020	1.024	1.018	1.018	1.024
6300	3.44	-1.00	1.018	1.018	1.023	1.025	1.019	1.020	1.025
6300	3.44	-2.00	1.014	1.020	1.021	1.023	1.015	1.021	1.023
6730	4.50	0.00	1.024	1.025	1.024	1.026	1.026	1.025	1.026
6730	4.50	-0.50	1.026	1.027	1.027	1.028	1.028	1.027	1.028
6730	4.50	-1.00	1.020	1.027	1.027	1.027	1.024	1.027	1.026
6730	4.50	-2.00	1.023	1.029	1.026	1.025	1.027	1.028	1.025

Se puede notar también que a medida que la temperatura efectiva crece, la relación  $F/F'$  también lo hace, disminuyendo la diferencia  $F$  y  $F'$  que tiene un mínimo alrededor de 5300 - 5500 K. Hay también una tendencia de que para una misma temperatura efectiva, los errores se hagan menores a medida que  $\log g$  crece. Fijos  $T_{ef}$  y  $\log g$ , la diferencia es menor a medida que la metalicidad crece.

La Tabla 3.5.1 muestra los coeficientes lineales  $u$  (primera línea), el valor de  $a_1$  (segunda línea), los  $\sigma$  (tercera línea) y los correspondientes valores de  $a_{WR}$  (cuarta línea). Las menores dispersiones ocurren cuando los valores de los coeficientes se aproximan a los de Wade y Ruciński y  $a_1$  es cerca de 1.0. Esto, sin embargo, no significa que el método de Wade y Ruciński sea mejor. Por su definición, sirve únicamente como un control de la fiabilidad del ajuste lineal por mínimos cuadrados.



Tabla 3.5.1									
Modelos convencionales									
Coeficientes de oscurecimiento hacia el borde									
Caso Lineal									
$T_{ef}$	Log g	Log [A/H]	u	v	b	y	U	B	V
4000	2.00	0.00	0.989	0.954	0.910	0.840	0.979	0.923	0.819
			0.924	0.954	0.974	0.990	0.925	0.967	0.994
			0.093	0.056	0.031	0.012	0.090	0.040	0.007
			1.313	1.148	1.018	0.883	1.297	1.061	0.844
4000	2.50	0.00	1.010	0.963	0.913	0.836	1.000	0.929	0.816
			0.925	0.956	0.975	0.990	0.927	0.968	0.994
			0.091	0.054	0.030	0.011	0.089	0.039	0.007
			1.326	1.150	1.018	0.878	1.311	1.063	0.841
4000	3.00	0.00	1.024	0.971	0.915	0.832	1.015	0.933	0.814
			0.928	0.957	0.976	0.990	0.930	0.969	0.994
			0.088	0.052	0.030	0.011	0.086	0.038	0.007
			1.327	1.152	1.018	0.873	1.314	1.064	0.839
4000	3.50	0.00	1.033	0.976	0.916	0.829	1.026	0.936	0.812
			0.932	0.959	0.976	0.991	0.933	0.970	0.994
			0.084	0.051	0.029	0.010	0.083	0.037	0.006
			1.320	1.151	1.017	0.868	1.309	1.063	0.836
4000	4.00	0.00	1.029	0.966	0.899	0.809	1.022	0.922	0.792
			0.939	0.965	0.981	0.996	0.940	0.975	0.998
			0.076	0.043	0.022	0.005	0.074	0.030	0.004
			1.288	1.116	0.980	0.828	1.275	1.027	0.799
4500	2.00	0.00	0.969	0.929	0.875	0.802	0.961	0.892	0.779
			0.956	0.967	0.984	1.000	0.954	0.979	1.003
			0.057	0.040	0.019	0.003	0.059	0.025	0.006
			1.153	1.068	0.941	0.802	1.157	0.979	0.767
4500	2.50	0.00	0.986	0.935	0.876	0.800	0.978	0.895	0.778
			0.958	0.969	0.985	0.999	0.956	0.981	1.003
			0.056	0.038	0.017	0.002	0.058	0.024	0.005
			1.164	1.065	0.938	0.802	1.166	0.978	0.767
4500	3.00	0.00	0.997	0.939	0.875	0.797	0.990	0.897	0.776
			0.959	0.971	0.986	0.999	0.957	0.982	1.002
			0.055	0.036	0.016	0.002	0.056	0.023	0.004
			1.169	1.062	0.933	0.801	1.170	0.975	0.767
4500	3.50	0.00	1.005	0.943	0.874	0.794	0.998	0.898	0.775
			0.961	0.973	0.987	0.999	0.960	0.983	1.002
			0.053	0.034	0.015	0.002	0.054	0.022	0.004
			1.171	1.057	0.928	0.799	1.169	0.971	0.766

Tabla 3.5.1 (continuación)									
Modelos convencionales									
Coeficientes de oscurecimiento hacia el borde									
Caso Lineal									
$T_{ef}$	Log g	Log [A/H]	u	v	b	y	U	B	V
4500	4.00	0.00	1.010	0.946	0.873	0.791	1.003	0.899	0.773
			0.962	0.975	0.988	0.999	0.962	0.984	1.002
			0.051	0.032	0.014	0.002	0.051	0.020	0.004
			1.169	1.051	0.922	0.796	1.165	0.967	0.765
4500	4.50	0.00	1.013	0.947	0.871	0.788	1.007	0.899	0.772
			0.964	0.978	0.990	0.999	0.964	0.985	1.002
			0.049	0.029	0.013	0.002	0.049	0.019	0.004
			1.165	1.041	0.915	0.792	1.158	0.961	0.763
4600	3.00	0.00	0.966	0.925	0.864	0.783	0.961	0.882	0.760
			0.965	0.976	0.988	1.000	0.964	0.985	1.003
			0.048	0.031	0.015	0.002	0.049	0.020	0.005
			1.114	1.025	0.912	0.782	1.114	0.945	0.747
4700	3.44	0.00	0.987	0.929	0.860	0.779	0.981	0.883	0.759
			0.972	0.979	0.991	1.002	0.970	0.987	1.005
			0.040	0.028	0.011	0.004	0.041	0.016	0.007
			1.105	1.019	0.899	0.770	1.107	0.937	0.738
5000	2.00	0.00	0.908	0.901	0.840	0.756	0.913	0.858	0.736
			0.984	0.976	0.991	1.004	0.977	0.987	1.006
			0.024	0.031	0.011	0.007	0.032	0.017	0.009
			0.976	1.003	0.877	0.739	1.012	0.915	0.711
5000	2.50	0.00	0.929	0.905	0.840	0.756	0.931	0.861	0.736
			0.984	0.979	0.993	1.005	0.979	0.989	1.007
			0.023	0.027	0.009	0.007	0.030	0.014	0.010
			0.996	0.993	0.869	0.736	1.021	0.908	0.708
5000	3.00	0.00	0.944	0.908	0.840	0.756	0.944	0.862	0.735
			0.984	0.981	0.993	1.005	0.979	0.990	1.007
			0.024	0.025	0.008	0.007	0.029	0.013	0.010
			1.013	0.989	0.867	0.736	1.031	0.906	0.706
5000	3.50	0.00	0.955	0.909	0.839	0.755	0.954	0.862	0.734
			0.983	0.984	0.994	1.005	0.980	0.991	1.007
			0.025	0.021	0.007	0.007	0.028	0.011	0.010
			1.029	0.977	0.862	0.734	1.038	0.898	0.704
5000	4.00	0.00	0.964	0.908	0.837	0.753	0.960	0.861	0.733
			0.982	0.987	0.996	1.005	0.981	0.993	1.007
			0.026	0.018	0.006	0.007	0.027	0.009	0.010
			1.041	0.964	0.856	0.732	1.042	0.890	0.702

Tabla 3.5.1 (Continuación)									
Modelos convencionales									
Coeficientes de oscurecimiento hacia el borde									
Caso Lineal									
$T_{ef}$	Log g	Log [A/H]	u	v	b	y	U	B	V
5000	4.50	0.00	0.970	0.906	0.835	0.752	0.965	0.859	0.732
			0.982	0.989	0.996	1.005	0.982	0.994	1.008
			0.027	0.015	0.005	0.007	0.027	0.008	0.011
			1.047	0.951	0.850	0.730	1.043	0.882	0.699
5300	2.50	0.00	0.883	0.886	0.821	0.734	0.893	0.841	0.714
			0.993	0.985	0.997	1.006	0.987	0.993	1.008
			0.011	0.021	0.005	0.009	0.019	0.010	0.011
			0.914	0.950	0.835	0.707	0.948	0.872	0.680
5300	3.44	0.00	0.918	0.885	0.817	0.731	0.919	0.839	0.710
			0.991	0.991	1.000	1.008	0.989	0.997	1.009
			0.013	0.013	0.001	0.010	0.016	0.005	0.013
			0.954	0.921	0.818	0.698	0.965	0.851	0.671
5300	3.44	-1.00	0.900	0.852	0.804	0.720	0.897	0.819	0.698
			0.996	1.003	1.008	1.012	0.996	1.005	1.013
			0.015	0.006	0.008	0.014	0.016	0.005	0.015
			0.914	0.838	0.768	0.667	0.915	0.796	0.644
5300	4.57	0.00	0.941	0.879	0.813	0.728	0.936	0.834	0.707
			0.992	0.998	1.003	1.009	0.992	1.001	1.011
			0.014	0.006	0.002	0.012	0.014	0.002	0.014
			0.974	0.886	0.801	0.689	0.969	0.828	0.662
5460	3.44	0.00	0.899	0.873	0.807	0.719	0.902	0.828	0.699
			0.994	0.994	1.002	1.008	0.992	0.999	1.010
			0.009	0.010	0.001	0.012	0.012	0.003	0.014
			0.923	0.896	0.799	0.682	0.935	0.832	0.656
5460	3.44	-0.50	0.898	0.856	0.800	0.713	0.898	0.818	0.692
			0.993	1.000	1.004	1.010	0.992	1.002	1.011
			0.014	0.005	0.004	0.012	0.016	0.003	0.014
			0.925	0.855	0.782	0.671	0.929	0.809	0.646
5460	3.44	-1.00	0.885	0.844	0.794	0.710	0.883	0.811	0.689
			1.000	1.004	1.009	1.013	0.999	1.006	1.013
			0.011	0.005	0.010	0.015	0.012	0.006	0.016
			0.884	0.826	0.754	0.654	0.887	0.783	0.632
5460	3.44	-2.00	0.861	0.833	0.778	0.697	0.859	0.799	0.677
			1.003	1.011	1.016	1.017	1.003	1.013	1.017
			0.010	0.011	0.017	0.020	0.010	0.014	0.021
			0.850	0.787	0.711	0.624	0.845	0.743	0.604



Tabla 3.5.1 (Continuación)									
Modelos convencionales									
Coeficientes de oscurecimiento hacia el borde									
Caso Lineal									
$T_{ef}$	Log g	Log [A/H]	u	v	b	y	U	B	V
5500	3.00	0.00	0.876	0.874	0.808	0.719	0.886	0.830	0.698
			0.995	0.989	0.999	1.007	0.991	0.996	1.009
			0.007	0.015	0.002	0.010	0.013	0.006	0.013
			0.897	0.918	0.812	0.688	0.923	0.848	0.661
5500	3.50	0.00	0.895	0.872	0.805	0.716	0.899	0.827	0.696
			0.994	0.993	1.000	1.008	0.992	0.998	1.009
			0.009	0.011	0.001	0.011	0.012	0.004	0.013
			0.920	0.902	0.803	0.682	0.934	0.836	0.656
6000	4.50	0.00	0.867	0.826	0.768	0.680	0.868	0.788	0.660
			1.003	1.005	1.008	1.012	1.003	1.007	1.013
			0.003	0.005	0.009	0.015	0.003	0.007	0.016
			0.852	0.803	0.736	0.630	0.854	0.759	0.606
6020	3.44	0.00	0.830	0.834	0.773	0.684	0.843	0.794	0.664
			1.003	1.004	1.007	1.011	1.002	1.006	1.012
			0.003	0.004	0.007	0.014	0.002	0.005	0.016
			0.816	0.817	0.744	0.637	0.834	0.770	0.613
6020	3.44	-0.50	0.834	0.826	0.773	0.684	0.844	0.792	0.664
			1.005	1.006	1.009	1.012	1.005	1.007	1.013
			0.005	0.005	0.009	0.015	0.005	0.007	0.016
			0.811	0.802	0.736	0.632	0.824	0.762	0.610
6020	3.44	-1.00	0.831	0.829	0.773	0.685	0.840	0.794	0.665
			1.007	1.007	1.011	1.013	1.007	1.009	1.013
			0.007	0.006	0.012	0.016	0.007	0.009	0.017
			0.799	0.800	0.726	0.628	0.811	0.757	0.607
6020	3.44	-2.00	0.843	0.828	0.766	0.678	0.847	0.791	0.658
			1.004	1.009	1.011	1.013	1.005	1.010	1.013
			0.005	0.009	0.012	0.015	0.006	0.010	0.015
			0.823	0.790	0.719	0.624	0.825	0.749	0.603
6300	3.44	0.00	0.797	0.821	0.763	0.673	0.815	0.784	0.653
			1.007	1.008	1.009	1.012	1.007	1.009	1.013
			0.009	0.007	0.009	0.015	0.007	0.009	0.016
			0.765	0.787	0.724	0.621	0.786	0.746	0.598
6300	3.44	-0.50	0.801	0.819	0.766	0.676	0.817	0.786	0.656
			1.009	1.008	1.010	1.013	1.009	1.009	1.013
			0.011	0.008	0.011	0.016	0.009	0.009	0.016
			0.761	0.783	0.720	0.620	0.779	0.745	0.599



Tabla 3.5.1 (Continuación)									
Modelos convencionales									
Coeficientes de oscurecimiento hacia el borde									
Caso Lineal									
$T_{ef}$	Log g	Log [A/H]	u	v	b	y	U	B	V
6300	3.44	-1.00	0.799	0.823	0.766	0.677	0.815	0.788	0.656
			1.009	1.009	1.012	1.014	1.010	1.010	1.014
			0.011	0.009	0.013	0.017	0.010	0.011	0.017
			0.760	0.784	0.715	0.618	0.775	0.743	0.597
6300	3.44	-2.00	0.816	0.822	0.761	0.670	0.827	0.785	0.650
			1.007	1.010	1.011	1.012	1.008	1.011	1.013
			0.007	0.010	0.012	0.014	0.008	0.011	0.015
			0.786	0.778	0.713	0.617	0.793	0.739	0.597
6730	4.50	0.00	0.784	0.791	0.741	0.652	0.793	0.758	0.633
			1.013	1.013	1.013	1.014	1.013	1.013	1.015
			0.016	0.014	0.014	0.018	0.016	0.014	0.019
			0.730	0.736	0.687	0.591	0.736	0.703	0.570
6730	4.50	-0.50	0.786	0.795	0.743	0.655	0.795	0.763	0.636
			1.013	1.014	1.014	1.015	1.015	1.014	1.015
			0.017	0.015	0.016	0.019	0.018	0.016	0.019
			0.728	0.736	0.682	0.590	0.732	0.702	0.570
6730	4.50	-1.00	0.789	0.793	0.738	0.649	0.796	0.760	0.630
			1.010	1.014	1.014	1.015	1.013	1.014	1.015
			0.013	0.015	0.016	0.018	0.015	0.016	0.018
			0.745	0.733	0.677	0.586	0.743	0.698	0.567
6730	4.50	-2.00	0.807	0.795	0.738	0.648	0.811	0.761	0.629
			1.012	1.015	1.014	1.014	1.014	1.015	1.014
			0.014	0.016	0.015	0.016	0.015	0.016	0.017
			0.755	0.730	0.679	0.589	0.752	0.698	0.570

Los valores de  $\sigma$  en algunos casos pueden llegar a cerca de 0.1 en las bandas  $u$  y  $U$ , mientras que para los otros colores, la dispersión es normalmente más pequeña.

Los valores de las pendientes obtenidas por el proceso usado por Wade y Ruciński (1985) siguen, *grosso modo*, las mismas características descritas anteriormente en cuanto a  $\sigma$  y están normalmente lejos de los valores obtenidos con la ley lineal por mínimos cuadrados, aunque en los casos con  $T_{ef}$  en torno de 5300-5500 K, estén bastante más próximos.

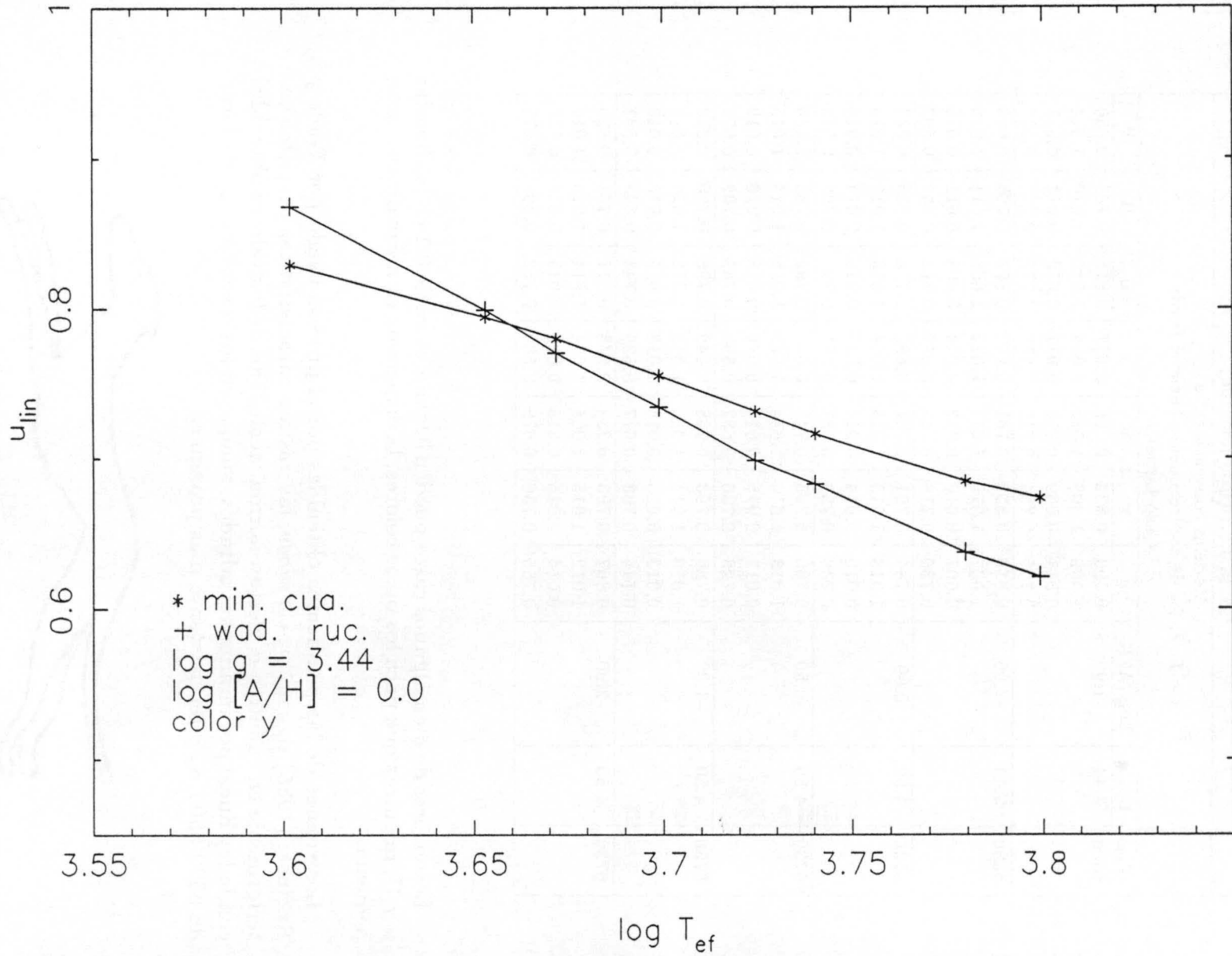


Figura 3.26 Comparación entre los dos métodos para cálculo del coeficiente lineal de limb-darkening. Los asteriscos se refieren al método de mínimos cuadrados y las cruces al método de Wade y Ruciński (1985)

Sin embargo, a pesar de que con este procedimiento de Wade y Ruciński conserva los valores de los flujos, creemos que es más operativo que físico: el hecho de obtener una pendiente que reproduzca exactamente el flujo original (condición impuesta a priori) no significa que represente bien la distribución de los puntos en el plano  $I(\mu)/I(1) - \mu$ . De hecho, al calcular la pérdida de luz en un sistema binario eclipsante, utilizamos un modelo de atmósferas y hay que ser coherente con él. Si para un punto dado (y por consiguiente un  $\mu$  dado), calculamos la pérdida de luz, la pendiente obtenida por el método de Wade y Ruciński no representará, a no ser en algunos casos especiales, dicho modelo. En la Figura 3.26 se representan los coeficientes lineales calculados con el método de mínimos cuadrados y con el debido a Wade y Ruciński en función de la temperatura efectiva.

Como este último método impone *a priori* que la recta obtenida pase por 1.0, esto puede ocurrir a costa de una pérdida de información justo en el borde. Por supuesto que la ley lineal (mínimos cuadrados) no es lo suficientemente buena para representar los puntos (tampoco lo es la debida a Wade y Ruciński), pero lleva consigo el máximo de información sobre la distribución de estos puntos.

Podemos, pues, concluir que la ecuación de primer grado no es adecuada para tratar el problema del oscurecimiento hacia el borde, por lo menos en los rangos de temperaturas efectivas de nuestro trabajo (Claret y Giménez, 1990a, 1990c). Lleva a dispersiones inaceptables en su ajuste y por consiguiente, en la relación  $F/F'$ . Muchos autores (Wade y Ruciński (1985); Días-Cordovés y Giménez (1991)) llegaron también a estas conclusiones aunque trabajaron con modelos de atmósferas muy distintos del que utilizamos nosotros y en algunos casos, a través de métodos diferentes.

Sin embargo, la totalidad de los programas de análisis de curvas de luz utilizan la ley de oscurecimiento hacia el borde en la forma lineal. Para facilitar el uso de los resultados obtenidos aquí, se ha llevado a cabo un ajuste en dos variables ( $\log T_{ef}$  y  $\log g$ ) en función de la banda fotométrica.

$$u(\lambda) = A + B \log T_{ef} + C \log g \quad (3.49)$$

Los resultados están en la Tabla 3.5.2. Esta ecuación reproduce los valores de la Tabla 3.5.2 con una precisión de 0.01 excepto en el color  $u$  que tiene una dispersión un poco más alta. La dependencia con  $\log g$  es bastante pequeña como se puede notar en los valores de  $C$ .



Tabla 3.5.2							
Modelos convencionales							
Coeficientes de la Ecuación 3.49							
Caso Lineal							
	u	v	b	y	U	B	V
A	5.05	3.82	3.70	3.76	4.71	3.71	3.74
B	-1.13	-0.79	-0.77	-0.81	-1.04	-0.77	-0.81
C	0.020	0.003	-0.003	-0.006	0.020	0.000	-0.005

Un ajuste del tipo  $I(\mu) = I(1)(a - b(1 - \mu) + c(1 - \mu)^2)$  se ha llevado a cabo para intentar representar mejor la distribución de los puntos. El signo positivo en el término cuadrático está relacionado con la forma de la curva  $I(\mu) - \mu$  para el caso irradiado como veremos más adelante.

Los ajustes obtenidos en este caso fueron mejores que los analizados previamente. La Tabla 3.6 muestra que la relación  $F/F'$  es más próxima a 1.0 y en algunos casos es prácticamente la unidad. Nuevamente, las mayores discrepancias se encuentran en los colores  $u$  y  $U$ , fundamentalmente en los modelos de 4500 K, donde pueden alcanzar valores cercanos al 1 por ciento.

La discusión relacionada con el método de obtención de los coeficientes de oscurecimiento hacia el borde pueden ser ahora extendidos a leyes no lineales. Una crítica que se podría hacer al método de mínimos cuadrados es que si tomamos igual espaciamiento en  $\cos \theta$  esto resultará en que las regiones del disco estelar cerca del borde tendrán más peso (Ruciński, 1990). Normalmente se sugiere que se tome un espaciamiento igual en  $\sin \theta$  pero ello llevaría a errores en el cálculo de los flujos por la misma razón, lo que sería, sin duda, mucho más grave. Además, hicimos algunas pruebas y no hay diferencias muy grandes si cambiamos las posiciones de los puntos y están perfectamente dentro de los límites de los errores observacionales.

Hemos utilizado seis puntos para el análisis por medio de mínimos cuadrados y la razón para tal procedimiento está ligada a la fuerte dependencia del tiempo de cálculo con el número de puntos angulares utilizado, pues en algunos casos, este tiempo es proporcional a  $M^3$  donde  $M$  es el número de puntos. Como obtenemos prácticamente los mismos resultados con más puntos, obviamente nos interesa ahorrar tiempo de cálculo.

Otro aspecto que debe mencionarse es que efectivamente el flujo debe conservarse pero no a costa de pérdida de información cerca justamente del borde. Así, nosotros adoptamos como criterio de fiabilidad la razón  $F/F'$



para decidir si una ley dada se considera adecuada o no. Si está muy cerca de 1.0, la ley en cuestión es buena. Por lo tanto, el problema de la conservación del flujo no está en el método de mínimos cuadrados y sí en la ley adoptada. En el presente caso, encontramos que la ley no lineal (cuadrática) es la más adecuada porque reproduce el flujo (calculado según su definición) y representa bien las intensidades respecto a  $\mu$ .

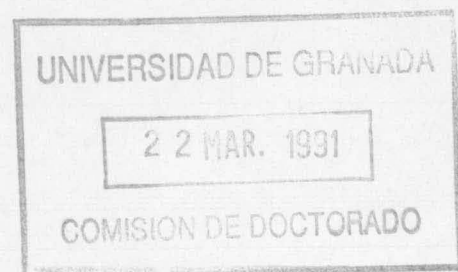


Tabla 3.6									
Modelos convencionales									
F/F' - Caso Cuadrático									
$T_{ef}$	Log g	Log [A/H]	u	v	b	y	U	B	V
4000	2.00	0.00	1.003	1.002	1.001	0.999	1.002	1.002	0.999
4000	2.50	0.00	1.004	1.002	1.001	0.999	1.004	1.002	0.999
4000	3.00	0.00	1.006	1.002	1.001	0.998	1.005	1.002	0.999
4000	3.50	0.00	1.007	1.003	1.001	0.998	1.006	1.002	0.998
4000	4.00	0.00	1.007	1.002	0.999	0.996	1.006	1.000	0.996
4500	2.00	0.00	1.010	1.001	1.000	0.998	1.008	1.000	0.997
4500	2.50	0.00	1.011	1.002	1.000	0.998	1.009	1.001	0.998
4500	3.00	0.00	1.011	1.003	1.000	0.998	1.010	1.001	0.998
4500	3.50	0.00	1.012	1.003	1.000	0.999	1.010	1.002	0.998
4500	4.00	0.00	1.012	1.004	1.001	0.999	1.011	1.002	0.998
4500	4.50	0.00	1.012	1.005	1.001	0.999	1.011	1.003	0.999
4600	3.00	0.00	1.011	1.006	1.002	0.999	1.011	1.003	0.999
4700	3.44	0.00	1.011	1.004	1.001	0.999	1.011	1.002	0.998
5000	2.00	0.00	1.007	1.003	1.001	0.998	1.007	1.002	0.998
5000	2.50	0.00	1.007	1.004	1.001	0.998	1.008	1.002	0.998
5000	3.00	0.00	1.007	1.003	1.001	0.998	1.007	1.001	0.997
5000	3.50	0.00	1.007	1.003	1.001	0.998	1.007	1.001	0.998
5000	4.00	0.00	1.007	1.004	1.001	0.998	1.008	1.002	0.998
5000	4.50	0.00	1.008	1.005	1.001	0.999	1.008	1.002	0.998
5300	2.50	0.00	1.003	1.005	1.002	0.998	1.005	1.003	0.998
5300	3.44	0.00	1.004	1.005	1.002	0.998	1.006	1.002	0.998
5300	3.44	-1.00	1.012	1.007	1.004	1.001	1.013	1.005	1.000
5300	4.57	0.00	1.007	1.005	1.002	0.999	1.007	1.003	0.998
5460	3.44	0.00	1.003	1.005	1.001	0.998	1.005	1.003	0.998
5460	3.44	-0.50	1.009	1.006	1.003	1.000	1.009	1.004	0.999
5460	3.44	-1.00	1.011	1.006	1.004	1.000	1.011	1.005	1.000
5460	3.44	-2.00	1.010	1.006	1.003	1.000	1.010	1.004	1.000
5500	3.00	0.00	1.002	1.005	1.001	0.998	1.003	1.002	0.998
5500	3.50	0.00	1.003	1.004	1.001	0.998	1.004	1.002	0.998
6000	4.50	0.00	1.003	1.003	1.001	0.999	1.004	1.002	0.998
6020	3.44	0.00	1.001	1.005	1.002	0.999	1.003	1.003	0.999
6020	3.44	-0.50	1.003	1.005	1.003	1.000	1.005	1.004	0.999
6020	3.44	-1.00	1.004	1.006	1.003	1.000	1.005	1.004	0.999
6020	3.44	-2.00	1.006	1.006	1.003	1.000	1.007	1.004	1.000
6300	3.44	0.00	1.000	1.005	1.003	1.000	1.002	1.003	0.999
6300	3.44	-0.50	1.000	1.005	1.003	1.000	1.003	1.004	0.999
6300	3.44	-1.00	1.000	1.006	1.003	1.000	1.002	1.004	0.999
6300	3.44	-2.00	1.003	1.006	1.003	1.000	1.004	1.004	1.000
6730	4.50	0.00	0.999	1.003	1.002	0.999	1.000	1.002	0.999
6730	4.50	-0.50	0.999	1.003	1.002	0.999	1.000	1.002	0.999
6730	4.50	-1.00	1.000	1.003	1.002	0.999	1.001	1.002	0.999
6730	4.50	-2.00	1.001	1.003	1.002	1.000	1.002	1.003	1.000

La Tabla 3.7 muestra los resultados de los cálculos de los coeficientes en el caso cuadrático. En la primera línea está el valor de  $a$ , en la segunda el valor de  $b$ , en la tercera el valor de  $c$ , en la cuarta la dispersión, en la quinta el valor de  $b_{WR}$  y finalmente en la sexta, el valor de  $c_{WR}$ .

Tabla 3.7									
Modelos convencionales									
Coeficientes de oscurecimiento hacia el borde									
Caso Cuadrático									
$T_{ef}$	Log g	Log [A/H]	u	v	b	y	U	B	V
4000	2.00	0.00	1.001	1.001	1.000	0.999	1.001	1.001	0.999
			1.738	1.403	1.163	0.933	1.710	1.245	0.870
			0.839	0.504	0.284	0.105	0.818	0.361	0.057
			0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002
			1.729	1.398	1.158	0.937	1.703	1.240	0.874
			0.827	0.495	0.276	0.102	0.808	0.352	0.055
4000	2.50	0.00	1.002	1.001	1.000	0.999	1.001	1.001	0.999
			1.746	1.398	1.157	0.925	1.721	1.241	0.867
			0.826	0.487	0.273	0.100	0.807	0.350	0.057
			0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002
			1.733	1.391	1.153	0.929	1.709	1.235	0.871
			0.810	0.477	0.265	0.098	0.793	0.341	0.055
4000	3.00	0.00	1.002	1.001	1.000	0.999	1.002	1.001	0.999
			1.736	1.393	1.154	0.918	1.714	1.238	0.864
			0.798	0.473	0.267	0.095	0.782	0.341	0.056
			0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002
			1.719	1.385	1.150	0.922	1.699	1.232	0.869
			0.779	0.462	0.259	0.094	0.765	0.331	0.055
4000	3.50	0.00	1.003	1.001	1.000	0.999	1.002	1.001	0.999
			1.713	1.386	1.150	0.909	1.693	1.232	0.861
			0.762	0.459	0.262	0.089	0.748	0.332	0.055
			0.003	0.002	0.001	0.002	0.003	0.001	0.002
			1.692	1.376	1.145	0.914	1.674	1.226	0.865
			0.740	0.447	0.254	0.088	0.728	0.322	0.053
4000	4.00	0.00	1.002	1.000	0.999	0.998	1.002	1.000	0.998
			1.643	1.314	1.078	0.834	1.621	1.161	0.788
			0.688	0.390	0.201	0.027	0.671	0.268	-0.004
			0.003	0.001	0.002	0.005	0.002	0.002	0.005
			1.622	1.308	1.081	0.846	1.603	1.160	0.801
			0.665	0.380	0.198	0.032	0.651	0.262	0.000
4500	2.00	0.00	1.004	1.001	1.000	0.999	1.003	1.000	0.999
			1.431	1.251	1.024	0.791	1.440	1.093	0.739
			0.517	0.361	0.167	-0.012	0.536	0.226	-0.045
			0.007	0.001	0.001	0.003	0.005	0.001	0.003
			1.399	1.246	1.025	0.799	1.416	1.091	0.748
			0.487	0.353	0.163	-0.011	0.512	0.219	-0.043



Tabla 3.7 (Continuación)									
Modelos convencionales									
Coeficientes de oscurecimiento hacia el borde									
Caso Cuadrático									
$T_{ef}$	Log g	Log [A/H]	u	v	b	y	U	B	V
4000	2.50	0.00	1.002	1.001	1.000	0.999	1.001	1.001	0.999
			1.746	1.398	1.157	0.925	1.721	1.241	0.867
			0.826	0.487	0.273	0.100	0.807	0.350	0.057
			0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002
			1.733	1.391	1.153	0.929	1.709	1.235	0.871
			0.810	0.477	0.265	0.098	0.793	0.341	0.055
4000	3.00	0.00	1.002	1.001	1.000	0.999	1.002	1.001	0.999
			1.736	1.393	1.154	0.918	1.714	1.238	0.864
			0.798	0.473	0.267	0.095	0.782	0.341	0.056
			0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002
			1.719	1.385	1.150	0.922	1.699	1.232	0.869
			0.779	0.462	0.259	0.094	0.765	0.331	0.055
4000	3.50	0.00	1.003	1.001	1.000	0.999	1.002	1.001	0.999
			1.713	1.386	1.150	0.909	1.693	1.232	0.861
			0.762	0.459	0.262	0.089	0.748	0.332	0.055
			0.003	0.002	0.001	0.002	0.003	0.001	0.002
			1.692	1.376	1.145	0.914	1.674	1.226	0.865
			0.740	0.447	0.254	0.088	0.728	0.322	0.053
4000	4.00	0.00	1.002	1.000	0.999	0.998	1.002	1.000	0.998
			1.643	1.314	1.078	0.834	1.621	1.161	0.788
			0.688	0.390	0.201	0.027	0.671	0.268	-0.004
			0.003	0.001	0.002	0.005	0.002	0.002	0.005
			1.622	1.308	1.081	0.846	1.603	1.160	0.801
			0.665	0.380	0.198	0.032	0.651	0.262	0.000
4500	2.00	0.00	1.004	1.001	1.000	0.999	1.003	1.000	0.999
			1.431	1.251	1.024	0.791	1.440	1.093	0.739
			0.517	0.361	0.167	-0.012	0.536	0.226	-0.045
			0.007	0.001	0.001	0.003	0.005	0.001	0.003
			1.399	1.246	1.025	0.799	1.416	1.091	0.748
			0.487	0.353	0.163	-0.011	0.512	0.219	-0.043
4500	2.50	0.00	1.004	1.001	1.000	0.999	1.004	1.000	0.999
			1.437	1.240	1.015	0.794	1.444	1.087	0.742
			0.506	0.342	0.156	-0.006	0.522	0.214	-0.041
			0.007	0.001	0.001	0.002	0.006	0.001	0.003
			1.403	1.234	1.016	0.800	1.415	1.083	0.750
			0.474	0.332	0.151	-0.006	0.495	0.207	-0.039

Tabla 3.7 (Continuación)									
Modelos convencionales									
Coeficientes de oscurecimiento hacia el borde									
Caso Cuadrático									
$T_{ef}$	Log g	Log [A/H]	u	v	b	y	U	B	V
4500	3.00	0.00	1.005	1.001	1.000	0.999	1.004	1.000	0.999
			1.436	1.230	1.007	0.798	1.439	1.080	0.745
			0.491	0.325	0.147	0.000	0.504	0.204	-0.035
			0.007	0.001	0.001	0.002	0.006	0.001	0.002
			1.401	1.220	1.006	0.803	1.409	1.075	0.752
			0.459	0.313	0.142	-0.001	0.475	0.196	-0.035
4500	3.50	0.00	1.005	1.001	1.000	0.999	1.004	1.001	0.999
			1.429	1.217	0.997	0.799	1.430	1.072	0.747
			0.476	0.307	0.138	0.005	0.483	0.194	-0.031
			0.007	0.002	0.001	0.002	0.007	0.001	0.002
			1.394	1.206	0.996	0.803	1.398	1.066	0.753
			0.443	0.293	0.132	0.003	0.453	0.185	-0.032
4500	4.00	0.00	1.005	1.002	1.000	0.999	1.004	1.001	0.999
			1.421	1.202	0.987	0.797	1.416	1.063	0.748
			0.461	0.288	0.128	0.007	0.463	0.184	-0.029
			0.007	0.002	0.001	0.002	0.007	0.001	0.002
			1.386	1.189	0.984	0.801	1.383	1.055	0.752
			0.428	0.272	0.121	0.004	0.431	0.173	-0.030
4500	4.50	0.00	1.005	1.002	1.000	0.999	1.004	1.001	0.999
			1.407	1.184	0.976	0.792	1.399	1.051	0.746
			0.442	0.265	0.117	0.005	0.439	0.170	-0.029
			0.007	0.003	0.001	0.002	0.007	0.001	0.002
			1.372	1.167	0.971	0.795	1.364	1.042	0.750
			0.409	0.246	0.109	0.002	0.407	0.158	-0.031
4600	3.00	0.00	1.004	1.002	1.001	1.000	1.004	1.001	0.999
			1.348	1.177	0.984	0.777	1.355	1.040	0.723
			0.428	0.282	0.135	-0.006	0.441	0.178	-0.042
			0.007	0.004	0.001	0.002	0.007	0.002	0.002
			1.315	1.158	0.976	0.779	1.321	1.029	0.727
			0.398	0.262	0.123	-0.010	0.410	0.164	-0.043
4700	3.44	0.00	1.005	1.002	1.000	0.999	1.004	1.001	0.999
			1.303	1.152	0.952	0.752	1.313	1.014	0.702
			0.355	0.250	0.103	-0.031	0.371	0.147	-0.063
			0.008	0.002	0.001	0.002	0.007	0.001	0.003
			1.269	1.138	0.948	0.756	1.280	1.007	0.709
			0.323	0.234	0.095	-0.032	0.340	0.135	-0.063

Tabla 3.7 (Continuación)									
Modelos convencionales									
Coeficientes de oscurecimiento hacia el borde									
Caso Cuadrático									
$T_{ef}$	Log g	Log [A/H]	u	v	b	y	U	B	V
5000	2.00	0.00	1.003	1.001	1.000	0.999	1.003	1.001	0.999
			1.097	1.149	0.930	0.708	1.171	0.995	0.665
			0.211	0.278	0.101	-0.054	0.289	0.153	-0.079
			0.006	0.002	0.001	0.003	0.005	0.001	0.003
			1.073	1.136	0.925	0.715	1.147	0.988	0.674
			0.188	0.263	0.092	-0.054	0.265	0.143	-0.078
5000	2.50	0.00	1.003	1.002	1.000	0.999	1.003	1.001	0.999
			1.113	1.121	0.912	0.701	1.169	0.975	0.659
			0.206	0.242	0.080	-0.062	0.266	0.128	-0.086
			0.006	0.002	0.001	0.003	0.005	0.001	0.003
			1.090	1.108	0.907	0.708	1.144	0.968	0.668
			0.184	0.226	0.071	-0.061	0.243	0.117	-0.084
5000	3.00	0.00	1.003	1.001	1.000	0.999	1.003	1.000	0.999
			1.132	1.107	0.905	0.699	1.173	0.967	0.656
			0.210	0.222	0.073	-0.063	0.257	0.117	-0.088
			0.005	0.002	0.001	0.003	0.005	0.001	0.003
			1.110	1.096	0.902	0.707	1.151	0.962	0.666
			0.190	0.208	0.065	-0.062	0.235	0.108	-0.086
5000	3.50	0.00	1.003	1.002	1.000	0.999	1.003	1.001	0.999
			1.153	1.081	0.895	0.697	1.177	0.952	0.653
			0.221	0.193	0.063	-0.065	0.251	0.101	-0.091
			0.005	0.002	0.001	0.003	0.005	0.001	0.003
			1.131	1.068	0.891	0.703	1.154	0.946	0.662
			0.200	0.178	0.055	-0.065	0.228	0.091	-0.089
5000	4.00	0.00	1.003	1.002	1.000	0.999	1.003	1.001	0.999
			1.171	1.054	0.885	0.696	1.180	0.937	0.650
			0.232	0.164	0.054	-0.065	0.246	0.085	-0.093
			0.005	0.002	0.001	0.002	0.005	0.001	0.003
			1.147	1.040	0.881	0.701	1.155	0.930	0.658
			0.209	0.148	0.045	-0.065	0.222	0.075	-0.092
5000	4.50	0.00	1.003	1.002	1.000	0.999	1.003	1.001	0.999
			1.181	1.028	0.875	0.695	1.178	0.921	0.647
			0.237	0.136	0.044	-0.064	0.239	0.070	-0.094
			0.006	0.003	0.001	0.002	0.006	0.001	0.003
			1.156	1.012	0.869	0.699	1.151	0.913	0.654
			0.212	0.118	0.035	-0.066	0.213	0.058	-0.094



Tabla 3.7 (Continuación)									
Modelos convencionales									
Coeficientes de oscurecimiento hacia el borde									
Caso Cuadrático									
$T_{ef}$	Log g	Log [A/H]	u	v	b	y	U	B	V
5300	2.50	0.00	1.002	1.002	1.001	0.999	1.002	1.001	0.999
			0.969	1.055	0.860	0.664	1.042	0.923	0.625
			0.096	0.190	0.045	-0.078	0.167	0.091	-0.099
			0.003	0.003	0.001	0.003	0.004	0.001	0.003
			0.958	1.037	0.854	0.670	1.025	0.913	0.633
			0.084	0.170	0.034	-0.078	0.149	0.078	-0.098
5300	3.44	0.00	1.002	1.002	1.001	0.999	1.003	1.001	0.999
			1.021	0.990	0.826	0.648	1.048	0.879	0.610
			0.115	0.118	0.010	-0.093	0.144	0.045	-0.112
			0.003	0.003	0.001	0.002	0.004	0.001	0.003
			1.006	0.973	0.821	0.653	1.029	0.870	0.617
			0.099	0.099	0.001	-0.094	0.125	0.032	-0.112
5300	3.44	-1.00	1.006	1.003	1.002	1.000	1.006	1.003	1.000
			0.990	0.854	0.743	0.604	0.996	0.792	0.575
			0.101	0.002	-0.068	-0.130	0.111	-0.030	-0.138
			0.011	0.006	0.004	0.001	0.011	0.005	0.000
			0.949	0.831	0.729	0.601	0.955	0.774	0.574
			0.066	-0.019	-0.084	-0.137	0.076	-0.049	-0.143
5300	4.57	0.00	1.003	1.002	1.001	0.999	1.003	1.001	0.999
			1.050	0.919	0.796	0.634	1.044	0.835	0.595
			0.123	0.044	-0.019	-0.105	0.121	0.001	-0.125
			0.005	0.004	0.001	0.002	0.006	0.002	0.002
			1.026	0.901	0.788	0.637	1.020	0.824	0.601
			0.100	0.025	-0.030	-0.108	0.098	-0.012	-0.126
5460	3.44	0.00	1.002	1.002	1.001	0.999	1.002	1.001	0.999
			0.970	0.950	0.798	0.627	0.999	0.849	0.591
			0.080	0.086	-0.010	-0.102	0.108	0.023	-0.120
			0.002	0.003	0.001	0.002	0.004	0.001	0.003
			0.958	0.932	0.792	0.633	0.982	0.839	0.598
			0.066	0.067	-0.019	-0.104	0.090	0.010	-0.120
5460	3.44	-0.50	1.004	1.003	1.001	1.000	1.004	1.002	0.999
			1.001	0.884	0.773	0.616	1.012	0.817	0.583
			0.115	0.032	-0.030	-0.108	0.128	-0.001	-0.122
			0.007	0.005	0.002	0.001	0.007	0.003	0.002
			0.971	0.863	0.762	0.617	0.981	0.802	0.585
			0.087	0.010	-0.044	-0.113	0.099	-0.017	-0.125



Tabla 3.7 (Continuación)									
Modelos convencionales									
Coeficientes de oscurecimiento hacia el borde									
Caso Cuadrático									
$T_{ef}$	Log g	Log [A/H]	u	v	b	y	U	B	V
5460	3.44	-1.00	1.005	1.003	1.002	1.000	1.005	1.002	1.000
			0.936	0.835	0.720	0.587	0.946	0.772	0.560
			0.057	-0.010	-0.083	-0.138	0.069	-0.044	-0.144
			0.010	0.006	0.003	0.000	0.011	0.005	0.000
			0.899	0.813	0.707	0.585	0.908	0.755	0.559
			0.026	-0.030	-0.097	-0.144	0.037	-0.062	-0.149
5460	3.44	-2.00	1.005	1.003	1.001	1.000	1.005	1.002	1.000
			0.886	0.760	0.639	0.533	0.878	0.695	0.512
			0.028	-0.082	-0.155	-0.184	0.021	-0.117	-0.185
			0.011	0.007	0.004	0.001	0.011	0.005	0.001
			0.852	0.739	0.630	0.532	0.844	0.680	0.512
			0.000	-0.101	-0.165	-0.188	-0.007	-0.131	-0.189
5500	3.00	0.00	1.001	1.002	1.000	0.999	1.002	1.001	0.999
			0.930	0.995	0.822	0.638	0.987	0.881	0.600
			0.060	0.135	0.016	-0.090	0.113	0.058	-0.110
			0.001	0.003	0.001	0.003	0.003	0.001	0.003
			0.924	0.978	0.818	0.645	0.975	0.873	0.609
			0.052	0.117	0.008	-0.090	0.099	0.046	-0.108
5500	3.50	0.00	1.001	1.002	1.000	0.999	1.002	1.001	0.999
			0.963	0.960	0.804	0.628	0.996	0.858	0.591
			0.076	0.099	0.000	-0.098	0.109	0.034	-0.117
			0.002	0.002	0.001	0.003	0.003	0.001	0.003
			0.954	0.945	0.801	0.635	0.983	0.850	0.600
			0.065	0.082	-0.008	-0.098	0.094	0.023	-0.115
6000	4.50	0.00	1.002	1.002	1.000	0.999	1.002	1.001	0.999
			0.851	0.790	0.700	0.559	0.858	0.733	0.528
			-0.018	-0.041	-0.077	-0.135	-0.011	-0.062	-0.147
			0.003	0.003	0.001	0.002	0.003	0.001	0.003
			0.839	0.777	0.695	0.564	0.843	0.725	0.535
			-0.032	-0.056	-0.085	-0.137	-0.027	-0.073	-0.147
6020	3.44	0.00	1.000	1.002	1.001	0.999	1.002	1.002	0.999
			0.804	0.821	0.716	0.571	0.839	0.754	0.539
			-0.030	-0.014	-0.064	-0.127	-0.005	-0.045	-0.140
			0.001	0.004	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002
			0.799	0.802	0.708	0.574	0.827	0.742	0.544
			-0.038	-0.034	-0.075	-0.130	-0.019	-0.059	-0.142

Tabla 3.7 (Continuación)									
Modelos convencionales									
Coeficientes de oscurecimiento hacia el borde									
Caso Cuadrático									
$T_{ef}$	Log g	Log [A/H]	u	v	b	y	U	B	V
6020	3.44	-0.50	1.002	1.003	1.001	1.000	1.003	1.002	0.999
			0.798	0.796	0.703	0.566	0.825	0.742	0.538
			-0.040	-0.034	-0.079	-0.133	-0.022	-0.056	-0.141
			0.003	0.005	0.002	0.001	0.005	0.003	0.001
			0.786	0.777	0.692	0.566	0.806	0.728	0.540
			-0.054	-0.053	-0.092	-0.137	-0.040	-0.071	-0.144
6020	3.44	-1.00	1.002	1.003	1.001	1.000	1.003	1.002	1.000
			0.778	0.793	0.681	0.554	0.799	0.729	0.530
			-0.059	-0.040	-0.103	-0.146	-0.046	-0.073	-0.151
			0.004	0.005	0.002	0.001	0.005	0.004	0.001
			0.765	0.773	0.671	0.555	0.781	0.715	0.532
			-0.073	-0.060	-0.116	-0.151	-0.064	-0.088	-0.155
6020	3.44	-2.00	1.003	1.003	1.002	1.000	1.003	1.002	1.000
			0.827	0.773	0.675	0.557	0.830	0.717	0.533
			-0.018	-0.062	-0.103	-0.135	-0.019	-0.083	-0.139
			0.005	0.006	0.003	0.000	0.007	0.004	0.001
			0.807	0.752	0.664	0.555	0.806	0.701	0.533
			-0.037	-0.082	-0.116	-0.141	-0.041	-0.099	-0.144
6300	3.44	0.00	1.000	1.003	1.001	1.000	1.001	1.002	0.999
			0.723	0.769	0.687	0.552	0.759	0.716	0.522
			-0.083	-0.058	-0.085	-0.136	-0.064	-0.075	-0.147
			0.001	0.004	0.002	0.001	0.002	0.003	0.002
			0.724	0.751	0.677	0.553	0.752	0.703	0.525
			-0.087	-0.077	-0.098	-0.141	-0.073	-0.090	-0.149
6300	3.44	-0.50	1.000	1.003	1.001	1.000	1.001	1.002	1.000
			0.712	0.764	0.678	0.549	0.742	0.714	0.523
			-0.099	-0.062	-0.099	-0.143	-0.084	-0.081	-0.149
			0.000	0.005	0.002	0.001	0.002	0.003	0.001
			0.711	0.745	0.666	0.549	0.733	0.699	0.525
			-0.105	-0.081	-0.112	-0.148	-0.096	-0.097	-0.153
6300	3.44	-1.00	1.000	1.003	1.001	1.000	1.001	1.002	1.000
			0.712	0.764	0.664	0.543	0.735	0.706	0.519
			-0.098	-0.066	-0.114	-0.150	-0.090	-0.092	-0.154
			0.000	0.005	0.002	0.001	0.002	0.004	0.001
			0.711	0.743	0.654	0.543	0.727	0.692	0.521
			-0.103	-0.086	-0.126	-0.155	-0.100	-0.107	-0.158

Tabla 3.7 (Continuación)									
Modelos convencionales									
Coeficientes de oscurecimiento hacia el borde									
Caso Cuadrático									
$T_{ef}$	Log g	Log [A/H]	u	v	b	y	U	B	V
6300	3.44	-2.00	1.001	1.003	1.002	1.000	1.002	1.002	1.000
			0.761	0.751	0.669	0.553	0.770	0.702	0.529
			-0.061	-0.079	-0.103	-0.132	-0.063	-0.093	-0.135
			0.002	0.006	0.003	0.000	0.004	0.004	0.001
			0.752	0.730	0.657	0.550	0.756	0.687	0.528
			-0.073	-0.099	-0.117	-0.138	-0.078	-0.109	-0.141
6730	4.50	0.00	0.999	1.001	1.001	0.999	1.000	1.001	0.999
			0.654	0.680	0.625	0.508	0.662	0.642	0.484
			-0.145	-0.125	-0.130	-0.162	-0.147	-0.130	-0.167
			0.002	0.003	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002
			0.659	0.669	0.619	0.511	0.662	0.635	0.488
			-0.146	-0.138	-0.139	-0.164	-0.152	-0.140	-0.169
6730	4.50	-0.50	0.999	1.002	1.001	0.999	1.000	1.001	0.999
			0.650	0.678	0.611	0.503	0.652	0.637	0.481
			-0.152	-0.131	-0.148	-0.170	-0.160	-0.141	-0.173
			0.001	0.003	0.001	0.001	0.000	0.002	0.002
			0.654	0.666	0.606	0.505	0.652	0.629	0.485
			-0.154	-0.144	-0.157	-0.173	-0.164	-0.152	-0.175
6730	4.50	-1.00	1.000	1.002	1.001	1.000	1.000	1.001	0.999
			0.688	0.673	0.608	0.503	0.678	0.632	0.483
			-0.113	-0.135	-0.146	-0.163	-0.132	-0.143	-0.165
			0.001	0.004	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001
			0.688	0.661	0.602	0.505	0.675	0.623	0.486
			-0.118	-0.148	-0.155	-0.167	-0.138	-0.154	-0.167
6730	4.50	-2.00	1.000	1.002	1.001	1.000	1.001	1.001	1.000
			0.696	0.665	0.615	0.515	0.687	0.632	0.494
			-0.124	-0.146	-0.137	-0.149	-0.139	-0.145	-0.151
			0.001	0.004	0.002	0.000	0.002	0.003	0.001
			0.691	0.653	0.608	0.514	0.680	0.622	0.495
			-0.132	-0.159	-0.147	-0.154	-0.148	-0.156	-0.155



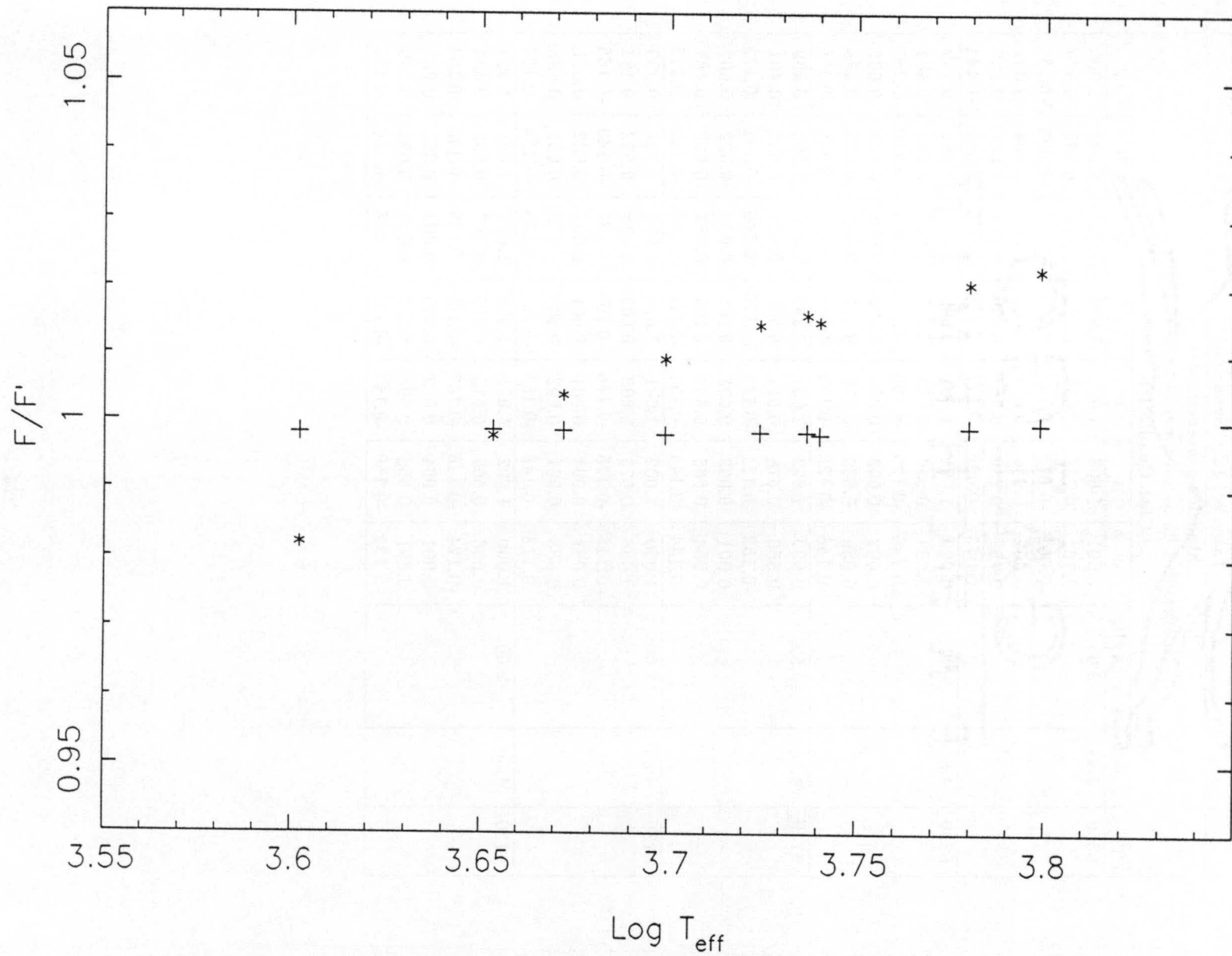


Figura 3.27 Relación  $F/F'$  para modelos no irradiados. Se muestran los ajustes lineal (asteriscos) y cuadrático (cruces). Nótese una desviación sistemática para el caso del ajuste lineal



Los coeficientes obtenidos por mínimos cuadrados y por el método de Wade y Ruciński son muy parecidos, lo que es un reflejo de lo comentado anteriormente acerca de la relación  $F/F'$ .

Para los modelos con  $T_{ef} = 4500$  K, las dispersiones en los colores  $u$  y en  $U$  son normalmente las mayores encontradas. Para temperaturas efectivas mayores que 5000 K, la ley cuadrática se comporta muy bien con relación a la lineal (Figura 3.27). Las restricciones hechas para el método de Wade y Ruciński en el caso lineal, *mutatis mutandis*, también se aplican a la presente situación.

El hecho de que un polinomio de mayor grado (en este caso, 2), lleva a un mejor ajuste, nos plantea la posibilidad de que, aumentando su grado, el ajuste se quedará cada vez mejor. Hemos hecho pruebas con polinomios de grados más elevados y realmente, las dispersiones disminuyen bastante. Pero, ¿desde el punto de vista computacional (en el cálculo en sí y posteriormente en sus aplicaciones) es conveniente hacerlo? A primera vista, serán unos cálculos más precisos y por consiguiente consideramos que, menos sujetos a errores internos, pero al nivel de errores observacionales, los cálculos hechos en el presente trabajo, son suficientemente precisos como para que sean fiables.

#### 3.9.4 Análisis de los resultados para modelos irradiados - caso lineal

El análisis para los modelos irradiados requiere un poco más de tiempo, dado el elevado número de variables involucradas: hay 4 direcciones de irradiación, 2 modelos con temperaturas efectivas distintas para simular la estrella fuente, varias distancias relativas, etc. Además, hay varios modelos (distintos  $\log g$ ,  $T_{ef}$ ) para simular la estrella que es irradiada.

Intuitivamente, una estrella irradiada no debe tener los mismos coeficientes que una estrella aislada. Además, la irradiación cambia drásticamente las propiedades de la estrella en las regiones más cercanas al borde. La Figura 3.28 muestra la distribución de luz de un modelo irradiado. Se puede notar fácilmente que cerca del borde hay un cambio de pendiente. Esta característica, entre otras, es una de las razones por las que podemos adelantar que el ajuste lineal no será satisfactorio para los modelos irradiados.

La Tabla 3.8 muestra claramente que el ajuste lineal falla para el caso con irradiación, aunque de una forma menos drástica que para el caso de estrellas más frías y no irradiadas comentado anteriormente. A pesar de que tratamos con modelos a veces fuertemente perturbados, éstos son naturalmente un poco más calientes que los fríos no irradiados mencionados antes. Por lo tanto, su comportamiento se rige más por su temperatura aunque actúe también la componente perturbadora (irradiación) que tiende a hacer las intensidades casi independientes de  $\mu$  a lo del disco estelar.

La dispersión típica es del orden de 0.02. Hay, sin embargo, casos en que este valor es mucho menor. Normalmente, las mayores discrepancias se encuentran en las bandas  $u$  y  $U$ .



GALGO

FABRIL EN MIN

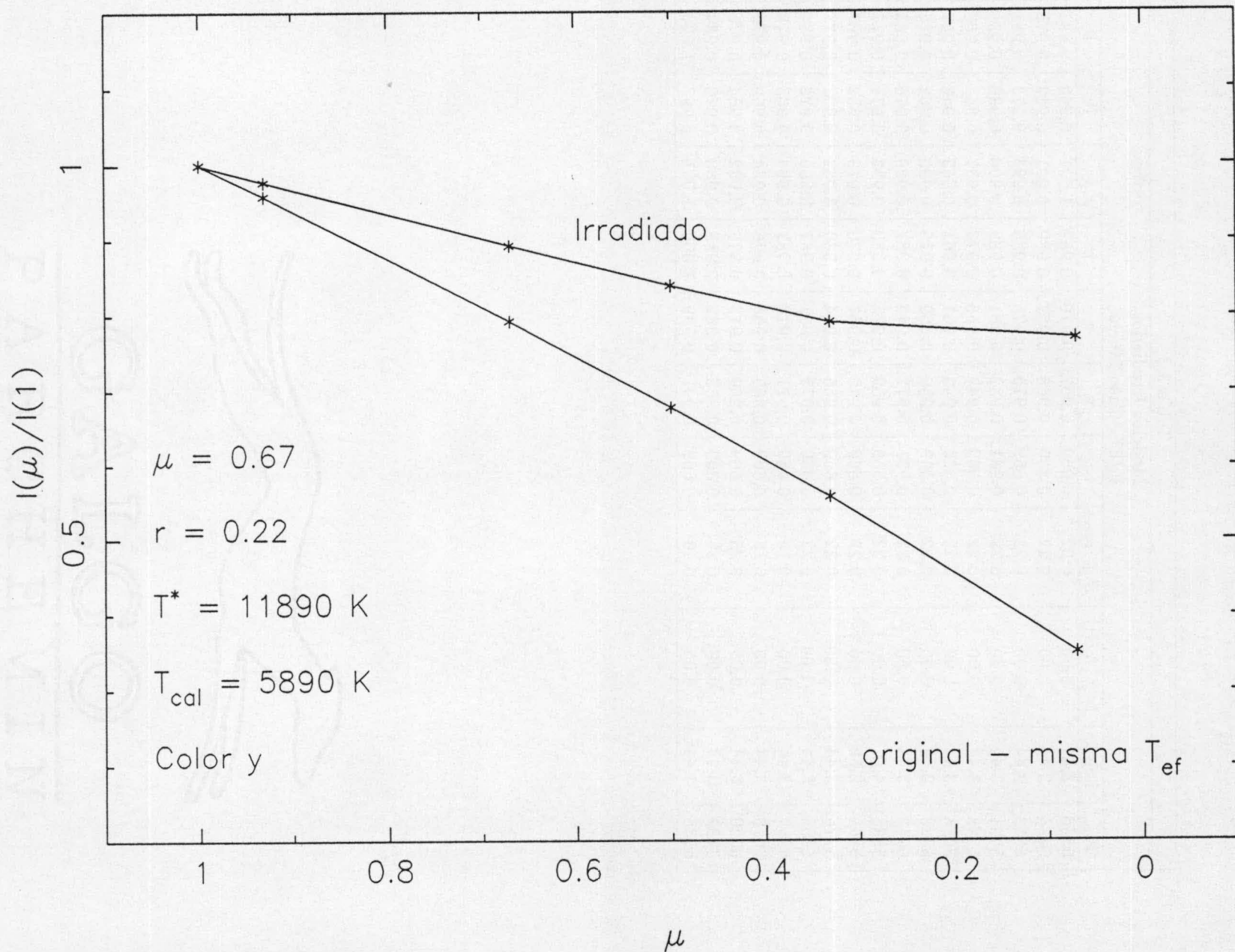


Figura 3.28 Comparación entre modelos irradiados y no irradiados. El modelo perturbado corresponde a una atmósfera con temperatura efectiva original de 5300 K, irradiada por un flujo externo de 11890 K con  $r = 0.22$  y  $\nu = 0.67$ . El modelo no irradiado tiene la misma temperatura efectiva

Tabla 3.8											
Modelos Irradiados											
F/F' - Caso Lineal											
$T_{cat}$	Log g	Log [A/H]	rad. rel.	$\mu_i$	u	v	b	y	U	B	V
5346	3.44	0.00	0.22	0.069	0.967	0.970	0.987	1.001	0.963	0.981	1.004
5484	3.44	0.00	0.22	0.330	0.966	0.967	0.980	0.991	0.963	0.975	0.993
5613	3.44	0.00	0.22	0.669	0.975	0.975	0.985	0.993	0.973	0.981	0.995
5691	3.44	0.00	0.22	0.931	0.982	0.981	0.989	0.996	0.980	0.986	0.997
5398	3.44	0.00	0.22	0.069	0.947	0.956	0.973	0.987	0.944	0.966	0.989
5658	3.44	0.00	0.22	0.330	0.942	0.951	0.961	0.969	0.943	0.957	0.971
5888	3.44	0.00	0.22	0.669	0.959	0.969	0.975	0.980	0.962	0.972	0.982
6042	3.44	0.00	0.22	0.931	0.972	0.983	0.987	0.990	0.976	0.985	0.990
5898	4.57	0.00	0.22	0.669	0.969	0.975	0.980	0.983	0.971	0.977	0.984
5868	2.50	0.00	0.22	0.669	0.949	0.961	0.970	0.978	0.953	0.967	0.979
5776	3.44	-0.50	0.22	0.669	0.965	0.974	0.980	0.984	0.967	0.977	0.985
5685	3.44	-1.00	0.22	0.669	0.975	0.981	0.987	0.990	0.976	0.984	0.990
5457	3.44	0.00	0.10	0.669	0.971	0.970	0.983	0.994	0.968	0.978	0.997
5618	3.44	0.00	0.15	0.669	0.965	0.966	0.976	0.984	0.963	0.972	0.986
6020	3.44	0.00	0.25	0.669	0.960	0.973	0.978	0.982	0.964	0.976	0.983
6289	3.44	0.00	0.30	0.669	0.968	0.982	0.985	0.988	0.972	0.984	0.988
6938	3.44	0.00	0.40	0.669	0.997	0.999	1.000	1.001	0.997	1.000	1.001



Tabla 3.9											
Modelos Irradiados											
Coeficientes de oscurecimiento hacia el borde											
Caso Lineal											
$T_{cal}$	Log g	Log [A/H]	rad. rel.	$\mu_i$	u	v	b	y	U	B	V
5346	3.44	0.00	0.22	0.069	0.798	0.794	0.749	0.667	0.800	0.758	0.649
					0.983	0.984	0.993	1.001	0.981	0.990	1.002
					0.027	0.025	0.012	0.002	0.030	0.017	0.002
					0.871	0.859	0.778	0.664	0.880	0.800	0.639
5484	3.44	0.00	0.22	0.330	0.653	0.662	0.627	0.544	0.659	0.629	0.527
					0.981	0.982	0.989	0.995	0.980	0.986	0.996
					0.029	0.029	0.018	0.010	0.031	0.022	0.009
					0.732	0.738	0.673	0.566	0.744	0.688	0.544
5613	3.44	0.00	0.22	0.669	0.577	0.588	0.556	0.476	0.587	0.558	0.459
					0.986	0.985	0.992	0.996	0.985	0.989	0.997
					0.022	0.023	0.014	0.008	0.024	0.018	0.007
					0.637	0.649	0.592	0.493	0.652	0.605	0.472
5691	3.44	0.00	0.22	0.931	0.545	0.558	0.527	0.448	0.557	0.529	0.432
					0.989	0.989	0.994	0.998	0.988	0.992	0.998
					0.018	0.018	0.011	0.006	0.019	0.014	0.005
					0.590	0.605	0.553	0.458	0.607	0.564	0.439
5398	3.44	0.00	0.22	0.069	0.651	0.697	0.675	0.596	0.657	0.669	0.580
					0.971	0.976	0.985	0.992	0.969	0.981	0.994
					0.047	0.038	0.025	0.015	0.049	0.031	0.013
					0.775	0.797	0.738	0.629	0.787	0.748	0.605
5658	3.44	0.00	0.22	0.330	0.365	0.450	0.433	0.355	0.392	0.426	0.340
					0.964	0.970	0.976	0.981	0.965	0.974	0.982
					0.057	0.047	0.038	0.032	0.055	0.042	0.031
					0.519	0.576	0.534	0.437	0.541	0.537	0.418
5888	3.44	0.00	0.22	0.669	0.242	0.345	0.330	0.262	0.283	0.325	0.249
					0.973	0.980	0.984	0.988	0.975	0.983	0.988
					0.043	0.031	0.025	0.021	0.039	0.028	0.020
					0.356	0.429	0.396	0.316	0.387	0.399	0.300
6042	3.44	0.00	0.22	0.931	0.224	0.326	0.311	0.249	0.267	0.309	0.237
					0.982	0.989	0.992	0.993	0.984	0.991	0.994
					0.032	0.018	0.015	0.013	0.027	0.016	0.013
					0.302	0.372	0.346	0.278	0.333	0.349	0.264
5898	4.57	0.00	0.22	0.669	0.361	0.354	0.335	0.266	0.370	0.331	0.252
					0.981	0.984	0.987	0.989	0.982	0.986	0.990
					0.032	0.026	0.022	0.019	0.030	0.024	0.018
					0.443	0.420	0.389	0.312	0.447	0.391	0.296
5868	2.50	0.00	0.22	0.669	0.092	0.328	0.320	0.257	0.175	0.313	0.244
					0.965	0.976	0.981	0.985	0.969	0.979	0.986
					0.056	0.037	0.029	0.023	0.049	0.032	0.022
					0.241	0.432	0.399	0.318	0.308	0.402	0.302

Tabla 3.9 (Continuación)											
Modelos Irradiados											
Coeficientes de oscurecimiento hacia el borde											
Caso Lineal											
$T_{ca}$	Log g	Log [A/H]	rad. rel.	$\mu_i$	u	v	b	y	U	B	V
5776	3.44	-0.50	0.22	0.669	0.300	0.354	0.334	0.261	0.328	0.332	0.245
					0.978	0.984	0.988	0.990	0.979	0.986	0.990
					0.036	0.026	0.021	0.018	0.033	0.023	0.017
					0.393	0.424	0.386	0.304	0.416	0.393	0.287
5685	3.44	-1.00	0.22	0.669	0.355	0.372	0.337	0.263	0.371	0.344	0.248
					0.985	0.988	0.992	0.993	0.985	0.990	0.993
					0.025	0.019	0.014	0.012	0.024	0.016	0.012
					0.420	0.423	0.373	0.291	0.434	0.387	0.275
5457	3.44	0.00	0.10	0.669	0.697	0.696	0.660	0.577	0.701	0.663	0.559
					0.984	0.984	0.991	0.997	0.983	0.988	0.998
					0.024	0.026	0.016	0.007	0.027	0.020	0.006
					0.763	0.766	0.699	0.590	0.775	0.714	0.567
5618	3.44	0.00	0.15	0.669	0.518	0.547	0.522	0.442	0.532	0.520	0.426
					0.979	0.980	0.986	0.990	0.979	0.984	0.992
					0.033	0.032	0.023	0.017	0.034	0.027	0.016
					0.606	0.631	0.581	0.482	0.623	0.589	0.462
6020	3.44	0.00	0.25	0.669	0.134	0.268	0.257	0.199	0.184	0.252	0.187
					0.973	0.982	0.986	0.988	0.976	0.984	0.989
					0.044	0.028	0.023	0.020	0.038	0.025	0.019
					0.249	0.343	0.317	0.249	0.286	0.319	0.235
6289	3.44	0.00	0.30	0.669	0.015	0.174	0.168	0.126	0.069	0.163	0.118
					0.978	0.988	0.990	0.992	0.981	0.989	0.992
					0.036	0.019	0.016	0.014	0.031	0.018	0.014
					0.110	0.225	0.209	0.162	0.150	0.209	0.152
6938	3.44	0.00	0.40	0.669	0.015	0.092	0.088	0.069	0.036	0.087	0.065
					0.998	0.999	1.000	1.000	0.998	1.000	1.000
					0.003	0.001	0.000	0.001	0.003	0.001	0.001
					0.025	0.095	0.087	0.067	0.044	0.088	0.063

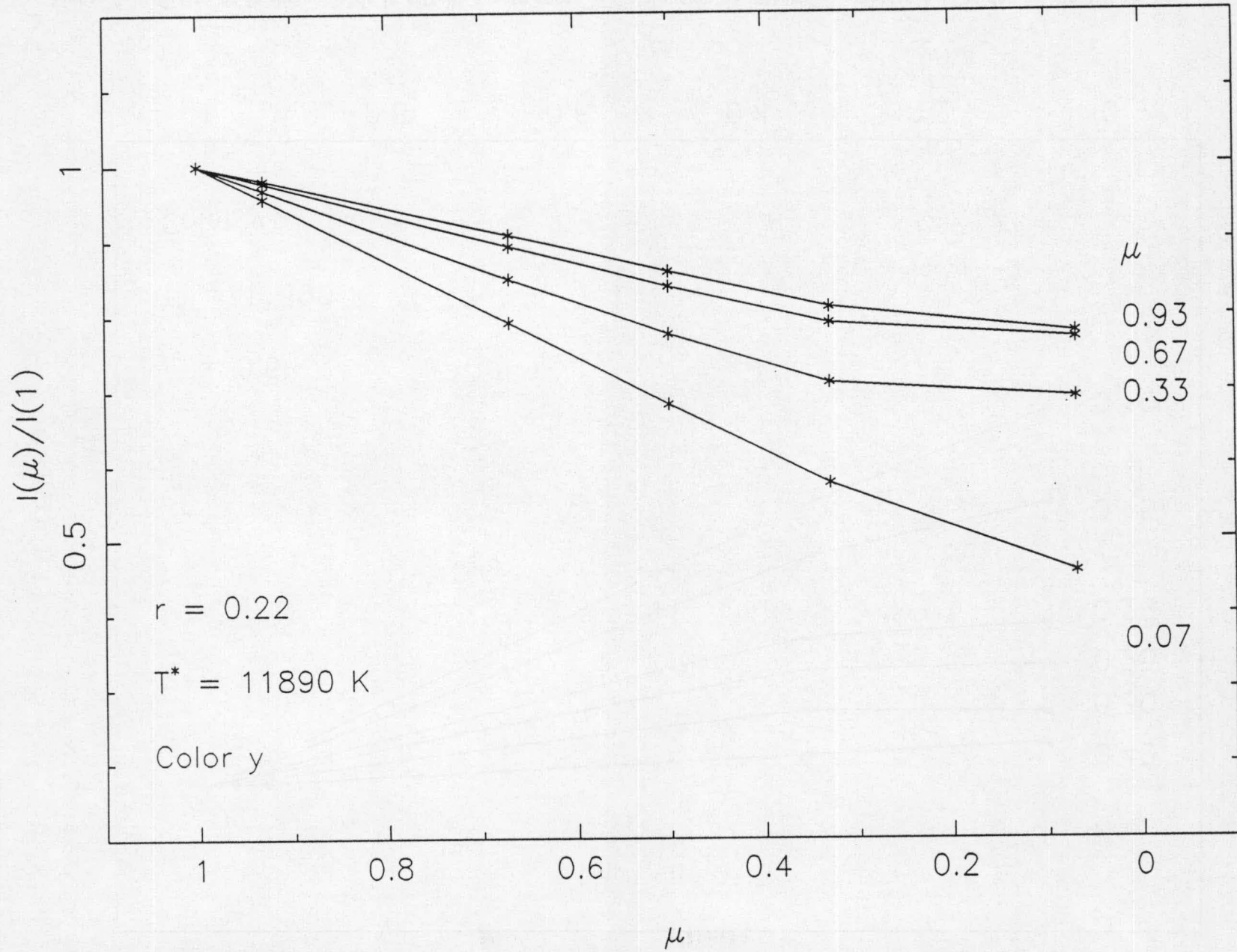


Figura 3.29 Efecto del ángulo de incidencia del flujo externo sobre la distribución de intensidad emergente. Las demás condiciones de irradiación son las mismas de la Figura 3.28

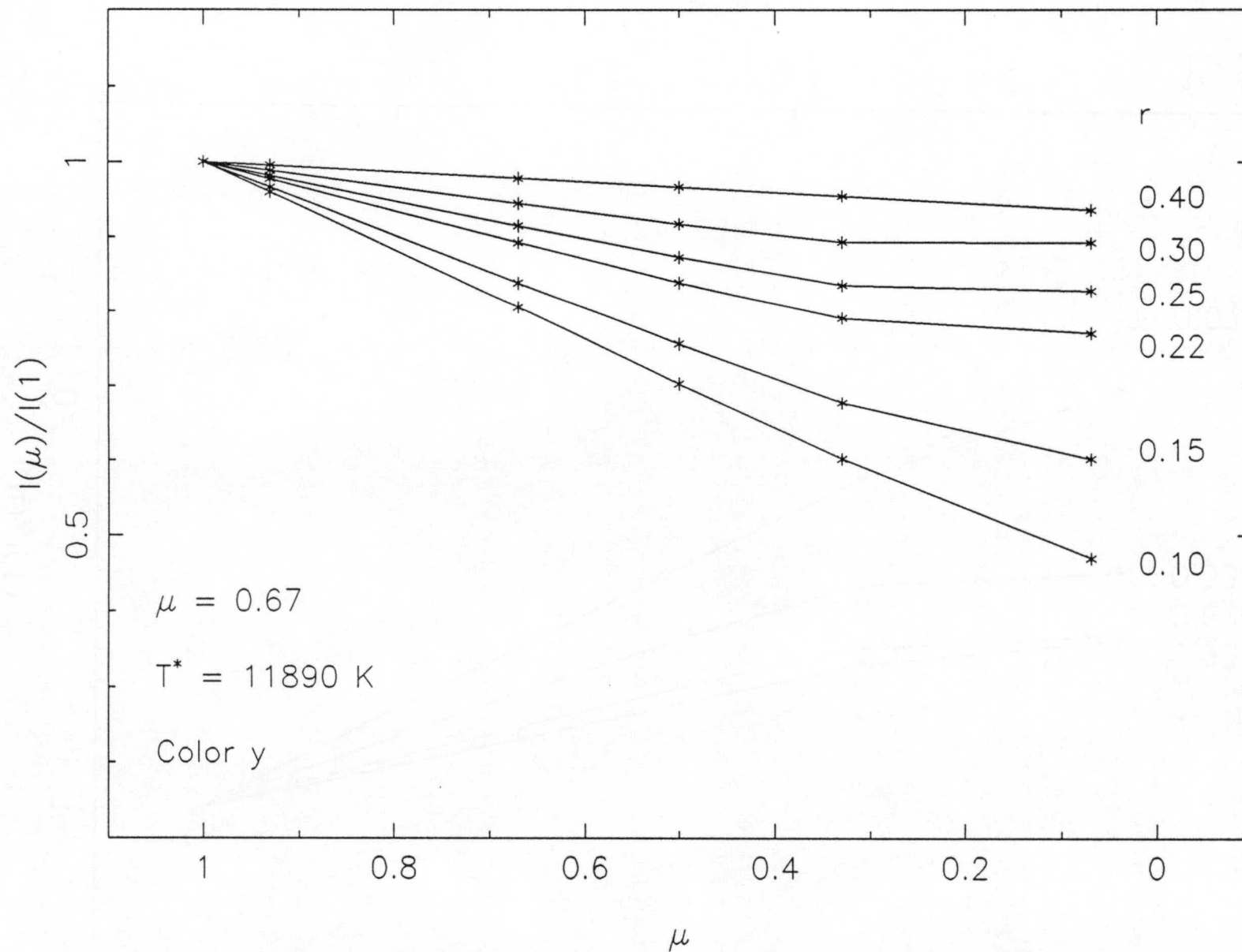


Figura 3.30 Efecto de la distancia de la estrella fuente sobre la distribución de intensidad emergente. Las demás condiciones de irradiación son las mismas de la Figura 3.28



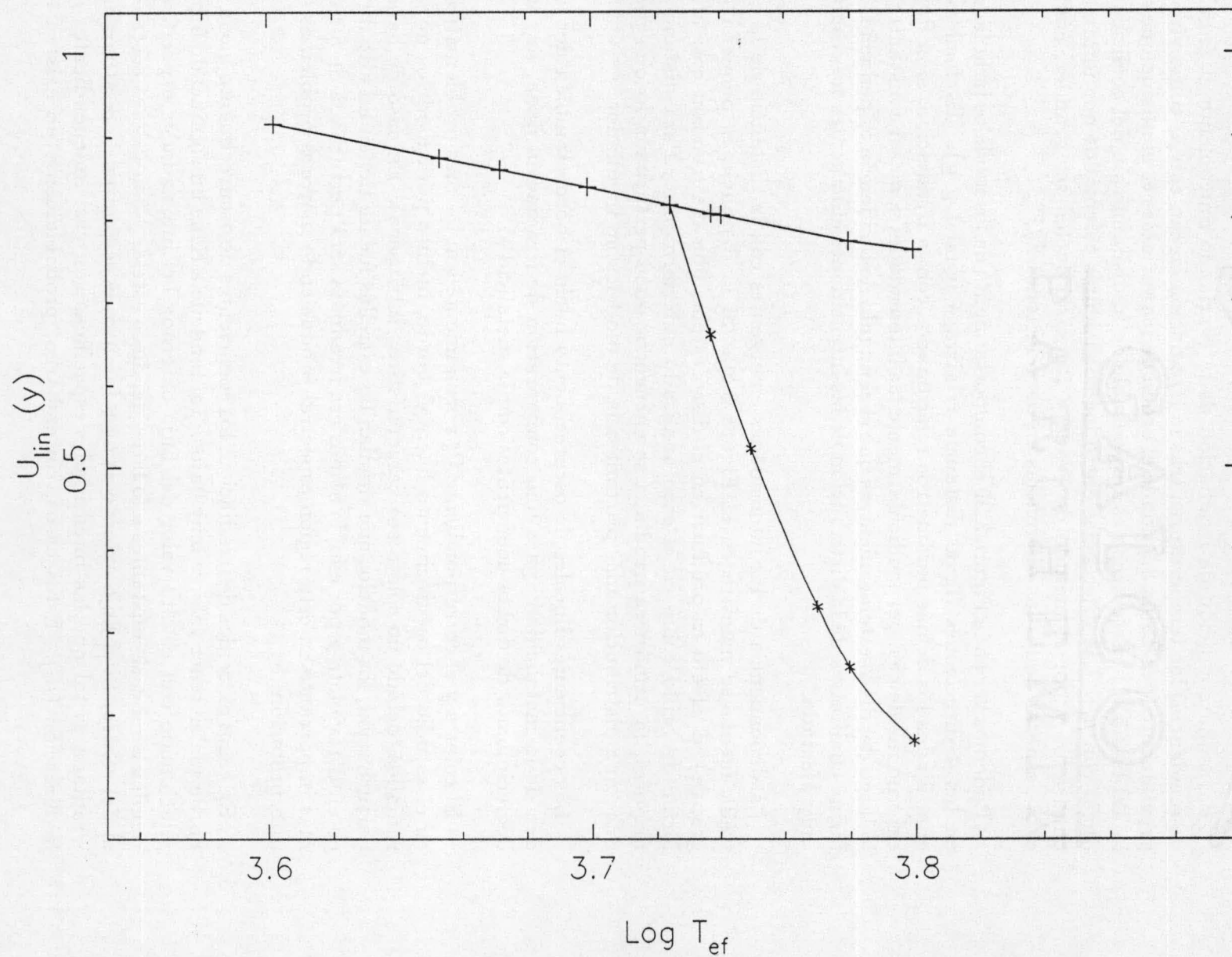


Figura 3.31 Coeficientes lineales de oscurecimiento hacia el borde como una función de la temperatura efectiva para el color  $y$ . Los modelos no irradiados son representados por cruces y los perturbados por asteriscos. Las condiciones de irradiación de estos últimos modelos fueron las mismas del la Figura 3.28 variando la distancia entre las dos estrellas

Para una condición de irradiación dada (variando únicamente el ángulo de incidencia) las temperaturas tras la irradiación crecen con  $\mu_i$  como vimos previamente (ver Tabla 3.9 donde el orden de las variables es el mismo que en la Tabla 3.5.1)). Este hecho es responsable de la disminución del coeficiente lineal con  $\mu_i$ . Las diferencias entre los coeficientes calculados por mínimos cuadrados y por el método de Wade y Ruciński suelen ser grandes, como cabía esperar dadas las diferencias en las relaciones  $F/F'$ .

Podemos ver en la Figura 3.29 el comportamiento de los modelos irradiados en las 4 direcciones (igual distancia relativa e igual  $\log g$ ). Es fácil ver que, fijados los demás parámetros relacionados con la irradiación, si el flujo externo incide casi perpendicularmente las intensidades son casi constantes a lo largo del disco estelar mientras que si el ángulo de incidencia es pequeño, la forma cualitativa de la distribución de las intensidades emergentes no resulta muy afectada.

La dependencia de las intensidades emergentes con la distancia de la estrella fuente se muestra en la Figura 3.30. Si la distancia es pequeña ( $r$  grande), el efecto es producir en el disco estelar una distribución casi uniforme de brillo como en el caso analizado anteriormente. Para distancias mayores, la atmósfera irradiada se encuentra poco perturbada lo que produce una distribución más próxima a la de modelos no irradiados.

Los coeficientes lineales de oscurecimiento hacia el borde también dependen de la metalicidad: para una configuración de irradiación dada, hay un decrecimiento de dichos coeficientes con la metalicidad.

El color  $u$  y el correspondiente  $U$ , normalmente son los más problemáticos en el estudio del oscurecimiento hacia el borde, incluso para modelos no irradiados, debido no sólo a sus características intrínsecas. En caso de haber perturbación, los modelos que simulan las estrellas fuente tienen un alto flujo en el ultravioleta y por ello, la atmósfera irradiada será perturbada de forma más importante en esta región espectral produciendo mayores problemas de interpretación.

En casos extremos de irradiación, los coeficientes de oscurecimiento hacia el borde suelen tener valores muy bajos. Tal tendencia tiene un significado físico relacionado con el alto valor del flujo externo: las intensidades específicas tienden a ser casi constantes a lo largo del disco estelar y con valores cercanos al del centro. Si el flujo externo es muy intenso, la respuesta de la atmósfera irradiada es tal que las intensidades específicas son casi independientes de la dirección ( $\mu_i$ ). Estos casos, sin embargo, probablemente no existen en

la naturaleza y se han calculado para servir de control adicional en casos extremos, fácilmente previsible.

La Figura 3.31 muestra los coeficientes lineales de oscurecimiento hacia el borde en función de la temperatura efectiva para el color  $y$ . También se muestran los modelos irradiados. Se puede ver claramente en esta figura el efecto de la irradiación en los citados coeficientes. Al aumentar el radio relativo, el coeficiente resultante presenta desviaciones cada vez mayores con relación al modelo no irradiado (ver también la Figura 3.30).

Los valores de los coeficientes lineales de los modelos irradiados son a veces tan bajos como los de estrellas mucho más calientes (incluso que las utilizadas como estrellas fuentes), pero dadas las calidades de los ajustes, tal comparación es peligrosa y sin sentido físico.

### 3.9.5 Análisis de los resultados para modelos irradiados - caso cuadrático

Un atento estudio de la Tabla 3.10 prueba que el ajuste cuadrático es mucho mejor que el lineal. Los coeficientes se encuentran en la Tabla 3.11 y el orden es el mismo de la Tabla 3.7.

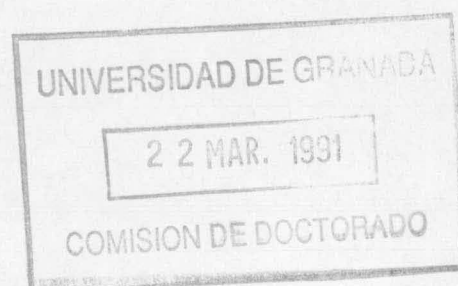


Tabla 3.10											
Modelos Irradiados											
F/F' - Caso Cuadrático											
$T_{cal}$	Log g	Log [A/H]	rad. rel.	$\mu_i$	u	v	b	y	U	B	V
5346	3.44	0.00	0.22	0.069	1.009	1.009	1.005	1.002	1.010	1.007	1.002
5484	3.44	0.00	0.22	0.330	1.009	1.010	1.007	1.004	1.010	1.008	1.002
5613	3.44	0.00	0.22	0.669	1.007	1.007	1.005	1.003	1.007	1.006	1.003
5691	3.44	0.00	0.22	0.931	1.006	1.006	1.004	1.003	1.006	1.005	1.003
5398	3.44	0.00	0.22	0.069	1.016	1.014	1.010	1.007	1.017	1.011	1.006
5658	3.44	0.00	0.22	0.330	1.017	1.014	1.012	1.010	1.016	1.013	1.010
5888	3.44	0.00	0.22	0.669	1.012	1.008	1.007	1.006	1.011	1.008	1.006
6042	3.44	0.00	0.22	0.931	1.010	1.005	1.005	1.005	1.008	1.005	1.005
5898	4.57	0.00	0.22	0.669	1.010	1.008	1.007	1.006	1.009	1.008	1.006
5868	2.50	0.00	0.22	0.669	1.015	1.009	1.008	1.007	1.013	1.008	1.006
5776	3.44	-0.50	0.22	0.669	1.010	1.007	1.006	1.005	1.010	1.007	1.005
5685	3.44	-1.00	0.22	0.669	1.007	1.005	1.004	1.004	1.007	1.005	1.004
5457	3.44	0.00	0.10	0.669	1.008	1.009	1.006	1.004	1.009	1.007	1.003
5618	3.44	0.00	0.15	0.669	1.010	1.010	1.008	1.006	1.010	1.009	1.006
6020	3.44	0.00	0.25	0.669	1.012	1.007	1.006	1.006	1.010	1.007	1.005
6289	3.44	0.00	0.30	0.669	1.009	1.005	1.004	1.004	1.008	1.005	1.004
6938	3.44	0.00	0.40	0.669	1.001	1.000	1.000	1.000	1.001	1.000	1.000



Tabla 3.11											
Modelos Irradiados											
Coeficientes de oscurecimiento hacia el borde											
Caso Cuadrático											
$T_{cal}$	Log g	Log [A/H]	rad. rel.	$\mu_i$	u	v	b	y	U	B	V
5346	3.44	0.00	0.22	0.069	1.005	1.004	1.003	1.001	1.005	1.003	1.001
					1.007	0.985	0.842	0.672	1.033	0.886	0.635
					0.234	0.214	0.104	0.005	0.261	0.144	-0.015
					0.009	0.007	0.005	0.002	0.009	0.006	0.002
					0.976	0.955	0.823	0.663	0.998	0.863	0.629
0.207	0.186	0.085	-0.005	0.230	0.122	-0.024					
5484	3.44	0.00	0.22	0.330	1.005	1.005	1.003	1.002	1.005	1.004	1.002
					0.879	0.885	0.767	0.618	0.904	0.802	0.588
					0.253	0.250	0.157	0.083	0.274	0.194	0.068
					0.009	0.009	0.007	0.005	0.010	0.008	0.005
					0.847	0.850	0.742	0.601	0.868	0.774	0.572
0.225	0.219	0.134	0.066	0.243	0.168	0.053					
5613	3.44	0.00	0.22	0.669	1.004	1.004	1.003	1.002	1.004	1.003	1.002
					0.748	0.766	0.666	0.534	0.774	0.697	0.507
					0.192	0.200	0.123	0.065	0.209	0.155	0.054
					0.007	0.007	0.005	0.004	0.008	0.006	0.004
					0.723	0.738	0.647	0.520	0.747	0.674	0.495
0.169	0.175	0.104	0.051	0.185	0.134	0.041					
5691	3.44	0.00	0.22	0.931	1.003	1.003	1.002	1.002	1.003	1.003	1.002
					0.679	0.696	0.609	0.487	0.704	0.636	0.463
					0.150	0.155	0.092	0.044	0.164	0.119	0.034
					0.007	0.006	0.005	0.004	0.007	0.005	0.004
					0.657	0.674	0.593	0.476	0.681	0.617	0.452
0.130	0.134	0.076	0.032	0.143	0.101	0.023					
5398	3.44	0.00	0.22	0.069	1.008	1.007	1.005	1.004	1.008	1.006	1.003
					1.015	0.992	0.868	0.706	1.037	0.905	0.672
					0.408	0.331	0.217	0.123	0.426	0.264	0.103
					0.017	0.013	0.010	0.008	0.017	0.011	0.007
					0.959	0.945	0.833	0.681	0.979	0.865	0.648
0.363	0.291	0.186	0.101	0.379	0.230	0.082					
5658	3.44	0.00	0.22	0.330	1.009	1.008	1.007	1.006	1.009	1.007	1.006
					0.808	0.813	0.727	0.600	0.819	0.750	0.574
					0.496	0.407	0.329	0.275	0.478	0.363	0.262
					0.019	0.015	0.014	0.012	0.018	0.014	0.012
					0.744	0.759	0.682	0.560	0.757	0.700	0.535
0.445	0.362	0.292	0.241	0.429	0.322	0.230					
5888	3.44	0.00	0.22	0.669	1.007	1.005	1.004	1.004	1.007	1.005	1.004
					0.572	0.584	0.522	0.422	0.584	0.538	0.402
					0.370	0.268	0.216	0.179	0.338	0.239	0.171
					0.015	0.010	0.009	0.008	0.014	0.010	0.008
					0.523	0.550	0.493	0.396	0.540	0.507	0.377
0.330	0.239	0.191	0.156	0.302	0.212	0.149					

Tabla 3.11 (Continuación)

Modelos Irradiados											
Coeficientes de oscurecimiento hacia el borde											
Caso Cuadrático											
$T_{cat}$	Log g	Log [A/H]	rad. rel.	$\mu_i$	u	v	b	y	U	B	V
6042	3.44	0.00	0.22	0.931	1.006	1.003	1.003	1.003	1.005	1.003	1.003
					0.461	0.463	0.421	0.343	0.469	0.431	0.327
					0.266	0.153	0.123	0.105	0.227	0.138	0.101
					0.013	0.007	0.007	0.007	0.011	0.007	0.007
					0.421	0.441	0.401	0.323	0.435	0.410	0.308
					0.233	0.133	0.105	0.087	0.198	0.118	0.084
5898	4.57	0.00	0.22	0.669	1.006	1.005	1.004	1.004	1.005	1.005	1.004
					0.603	0.552	0.500	0.408	0.598	0.513	0.389
					0.271	0.222	0.185	0.159	0.256	0.204	0.154
					0.012	0.010	0.009	0.008	0.011	0.009	0.008
					0.564	0.519	0.471	0.382	0.561	0.482	0.364
					0.238	0.194	0.160	0.137	0.225	0.177	0.132
5868	2.50	0.00	0.22	0.669	1.009	1.005	1.005	1.004	1.008	1.005	1.004
					0.521	0.616	0.545	0.436	0.555	0.563	0.415
					0.481	0.322	0.252	0.201	0.426	0.281	0.192
					0.019	0.011	0.009	0.009	0.016	0.010	0.008
					0.459	0.580	0.514	0.409	0.502	0.530	0.388
					0.431	0.292	0.226	0.177	0.383	0.253	0.169
5776	3.44	-0.50	0.22	0.669	1.006	1.004	1.004	1.003	1.006	1.004	1.003
					0.573	0.555	0.490	0.392	0.583	0.511	0.374
					0.306	0.225	0.175	0.148	0.285	0.200	0.144
					0.013	0.009	0.008	0.008	0.012	0.009	0.007
					0.531	0.526	0.465	0.369	0.544	0.483	0.351
					0.272	0.200	0.153	0.127	0.253	0.176	0.123
5685	3.44	-1.00	0.22	0.669	1.004	1.003	1.003	1.003	1.004	1.003	1.003
					0.545	0.519	0.443	0.352	0.556	0.470	0.334
					0.213	0.164	0.119	0.099	0.207	0.141	0.097
					0.009	0.007	0.006	0.005	0.009	0.006	0.005
					0.516	0.497	0.426	0.335	0.528	0.450	0.318
					0.187	0.144	0.102	0.083	0.183	0.123	0.081
5457	3.44	0.00	0.10	0.669	1.004	1.005	1.003	1.002	1.004	1.004	1.002
					0.886	0.901	0.781	0.629	0.913	0.817	0.597
					0.212	0.229	0.135	0.058	0.237	0.172	0.042
					0.008	0.009	0.006	0.004	0.008	0.007	0.004
					0.859	0.868	0.758	0.614	0.882	0.790	0.584
					0.187	0.200	0.114	0.043	0.210	0.148	0.028
5618	3.44	0.00	0.15	0.669	1.005	1.005	1.004	1.004	1.005	1.005	1.003
					0.771	0.791	0.699	0.568	0.792	0.725	0.541
					0.283	0.273	0.198	0.141	0.292	0.230	0.130
					0.011	0.010	0.009	0.007	0.011	0.009	0.007
					0.734	0.754	0.669	0.544	0.754	0.692	0.518
					0.252	0.241	0.172	0.120	0.259	0.202	0.109

Tabla 3.11 (Continuación)											
Modelos Irradiados											
Coeficientes de oscurecimiento hacia el borde											
Caso Cuadrático											
$T_{cal}$	Log g	Log [A/H]	rad. rel.	$\mu_i$	u	v	b	y	U	B	V
6020	3.44	0.00	0.25	0.669	1.008	1.004	1.004	1.004	1.007	1.004	1.003
					0.470	0.482	0.432	0.347	0.479	0.445	0.331
					0.377	0.240	0.197	0.167	0.331	0.216	0.161
					0.016	0.009	0.009	0.008	0.014	0.009	0.008
					0.419	0.452	0.406	0.324	0.436	0.417	0.308
					0.336	0.214	0.174	0.145	0.295	0.191	0.140
6289	3.44	0.00	0.30	0.669	1.006	1.003	1.003	1.003	1.005	1.003	1.003
					0.291	0.321	0.290	0.231	0.304	0.297	0.221
					0.310	0.165	0.136	0.118	0.263	0.150	0.115
					0.013	0.007	0.006	0.006	0.011	0.007	0.006
					0.250	0.300	0.271	0.214	0.269	0.277	0.204
					0.276	0.146	0.119	0.101	0.234	0.132	0.099
6938	3.44	0.00	0.40	0.669	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
					0.042	0.101	0.087	0.064	0.059	0.091	0.061
					0.030	0.010	-0.001	-0.005	0.025	0.004	-0.005
					0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
					0.039	0.099	0.087	0.065	0.056	0.090	0.061
					0.024	0.004	-0.005	-0.009	0.019	-0.001	-0.009

Como hemos dicho anteriormente, la dirección  $i = 3$  ( $\mu = 0.669$ ) fue elegida para posteriores comparaciones de los modelos irradiados con los no irradiados con la misma temperatura efectiva (apartado 3.9). Por ejemplo, el modelo con  $T_{ef} = 5300$ ,  $\log g = 3.44$ ,  $r = 0.22$ ,  $l/H = 2.0$ ,  $\log [A/H] = 0.0$ , irradiado por el modelo  $T^* = 11890$  K,  $\log g = 4.0$ ,  $\log [A/H] = 0.0$  en la dirección 3 resulta en el modelo con  $T_{cal} = 5890$  K. Dicho modelo irradiado tiene unos coeficientes cuadráticos en el color  $b$  iguales a 0.52 y 0.22 respectivamente, mientras el modelo correspondiente no irradiado (misma temperatura efectiva) tiene 0.73 y -0.053. El modelo original ( $T_{ef} = 5300$  K) tiene 0.826 y 0.01. La Figura 3.32 muestra el comportamiento de los 3 modelos. Debido al calentamiento del disco estelar, las intensidades en regiones lejos del centro se hacen mayores, disminuyendo la componente "lineal" mientras la componente "cuadrática" tiende a aumentar (llega incluso a cambiar el signo) por las mismas razones. Situaciones análogas se pueden encontrar en los diferentes modelos irradiados disponibles en la tabla si comparamos con los correspondientes no irradiados. Si utilizamos para el análisis modelos convencionales con metalicidades más bajas, hay una tendencia a que los



GALEGO  
PARQUE EMIN

coeficientes sigan la dirección señalada previamente, pero en cantidades insuficientes como para sustituir los modelos irradiados. Por lo tanto, tampoco podemos utilizar modelos convencionales con metalicidades más bajas para el cálculo de los coeficientes de oscurecimiento hacia el borde conforme ya habíamos visto anteriormente (ver apartado del análisis de metalicidades).

Las diferencias entre los coeficientes cuadráticos por mínimos cuadrados y por el método de Wade y Ruciński son aceptables, así como las dispersiones encontradas.

Es interesante notar que los coeficientes cuadráticos para el modelo irradiado descrito antes son muy próximos a los tabulados para una estrella (sin irradiación) de temperatura efectiva entre 6500-7000 K. (ver tablas de Wade y Ruciński (1985)). De hecho, el modelo irradiado tiene una memoria acerca de las condiciones de irradiación: sus coeficientes tienen la influencia del flujo externo así como de sus características originales. Resulta entonces en una mezcla de las dos influencias aunque, en el caso lineal, tal razonamiento es muy peligroso y puede llevar a errores.



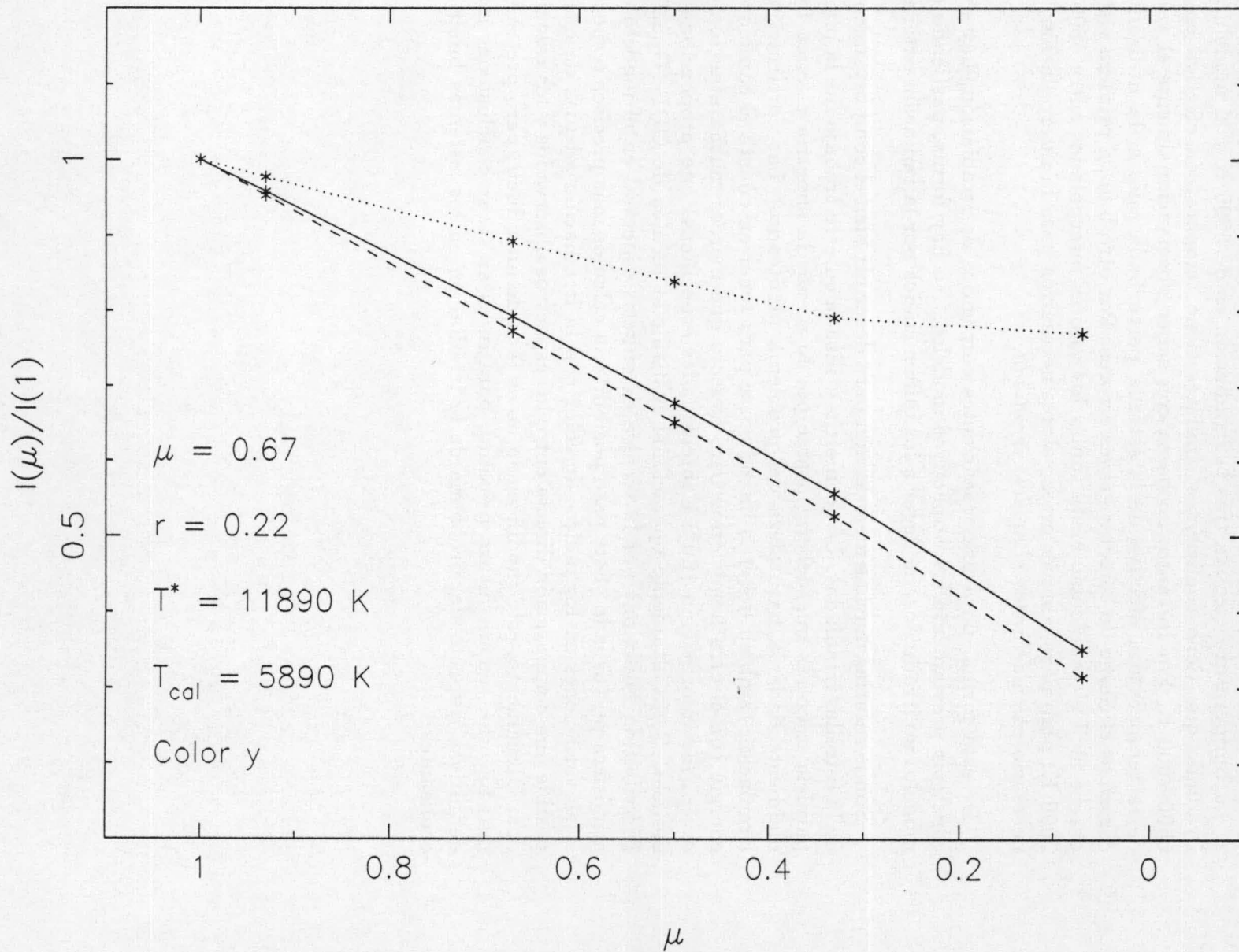


Figura 3.32 Intensidades emergentes para el modelo irradiado (puntos), el no irradiado original (trazas) y el no irradiado con la misma temperatura efectiva del irradiado (línea continua) como una función de  $\mu$


La temperatura efectiva tras la irradiación es de 5890 K y el modelo no irradiado que tiene coeficientes similares tiene temperatura efectiva entre 6500-7000 K. Por lo tanto, no basta con saber observacionalmente el valor de la temperatura efectiva de la estrella perturbada pues si la utilizamos corremos el riesgo de cometer graves errores. Por otro lado, a primera vista, parece fácil el problema: basta tomar los valores interpolados entre 6500 y 7000 K, pero para conocer estos valores necesarios para la interpolación, es necesario *calcular antes el modelo irradiado*.

De esta forma, para usar coeficientes corregidos de irradiación, hay que construir previamente los respectivos modelos. No hay forma, partiendo de modelos no irradiados, de llegar a los influenciados por la radiación externa.

Son necesarias muchas mejoras aún para describir bien el comportamiento de la estrellas irradiadas. La geometría utilizada en este trabajo fue la plano paralela mientras que debería usarse por lo menos la simetría esférica formalmente dada la naturaleza del problema planteado. Las corrientes de circulación también deberán introducirse para tener en cuenta el cambio de energía con el otro hemisferio. Otro aspecto que merece mucha atención es el tipo de información (flujo e intensidades específicas) que proporciona el modelo. Sería altamente operacional sustituir la técnica de ODF (Opacity Distribution Function) por la técnica de síntesis espectral en el modelo de atmósfera perturbado. Este paso posibilitaría cálculos más precisos respecto a las variaciones en los índices de color con la irradiación además de hacer posible una comparación directa entre los espectros observados y los calculados. Obviamente, esta modificación no es fácil de introducir, pero pretendemos hacerlo , en un futuro próximo, para intentar sacar conclusiones más definitivas respecto del problema de la irradiación en los sistemas binarios eclipsantes.

CAPITULO 4

CONCLUSIONES



GALGO  
PARCHEMIN



Se han estudiado dos efectos de proximidad en estrellas binarias eclipsantes. El primero se refiere a las deformaciones que sufren las estrellas debidas a mareas y rotación causando (si el sistema es excéntrico) la rotación de la línea de los ápsides. Los principales resultados en lo que se refiere a este tema son resumidas a continuación:

1- Se ha llevado a cabo una selección de sistemas binarios que presentan buenas determinaciones de elementos absolutos y de ritmos de movimiento apsidal. Estrellas que presentaron cualquier perturbación ajena al problema dinámico planteado fueron rechazadas.

2- A efectos de comparación con los datos observacionales de movimiento apsidal de los valores predichos por la teoría se ha construido un modelo de evolución estelar para 5 composiciones químicas. Se han introducido los más recientes avances de la física respecto a opacidad de la materia estelar y tasas de producción de energía por procesos nucleares.

3- Hemos introducido en el modelo de evolución estelar la fase de contracción gravitatoria. Hemos mostrado que los modelos ZAMS, definidos como aquellos que tienen temperaturas suficientemente altas como para empezar a quemar el Hidrógeno, no dependen de la etapa previa (Pre Secuencia Principal). Sin embargo, dicho mecanismo se mantuvo en el modelo dado que hay evidencias de que algunos sistemas se encuentran en esta fase.

4- Hemos introducido la solución exacta del problema gris para el modelo de atmósfera acoplado al modelo de interior. También se han introducido modelos de atmósferas con líneas a través de tablas que contienen la presión en función de la temperatura, gravedad superficial y composición química.

5- De la comparación de nuestro modelo convencional con los previamente publicados (basados en opacidades y tasas de producción de energía antiguos), hemos detectado un desplazamiento en las temperaturas efectivas y en las gravedades superficiales para modelos con pequeña masa. Tal efecto ya se había detectado observacionalmente y fue atribuido a un efecto de contenido en Helio.

6- Para poder comparar con los valores observacionales del movimiento apsidal, se han calculado las constantes de estructura interna para toda la red de modelos. Cuando se confrontan con las constantes originadas a partir de modelos antiguos, se muestran que nuestros modelos son más concentrados en masa que los anteriores.

7- Hemos mostrado además que la ecuación integral propuesta por Kopal en sustitución a la ecuación diferencial de Radau para el cálculo de las constantes de estructura interna estelar no es adecuada dado que está basada en hipótesis simplificadoras arbitrarias.

8- Se ha calculado el momento de inercia y la energía potencial para cada configuración. El primer parámetro es de importancia fundamental en el cálculo de los tiempos de sincronización y circularización. Con estos nuevos resultados para el radio de giro (en función de parámetros observables) se reemplazan los antiguos (y únicos) basados en modelos politrópicos o en modelos de interiores muy simples. El cálculo simultáneo del momento de inercia y de la energía potencial es de gran utilidad con vistas a la resolución de la ecuación virial de Jacobi.

9- Hemos ideado dos métodos para el cálculo de isocronas. Ambos métodos se basan en propiedades de los modelos en el Diagrama HR y mejoran sustancialmente la capacidad de cálculo rápido.

10- Para la obtención de modelos interpolados para masas específicas, hemos calculado los modelos de la red con intervalos en masa adecuados para la interpolación. Así, en la región del Diagrama HR donde el ciclo protón-protón empieza a predominar como fuente de energía, se ha tomado un intervalo menor en masa.

11- Para comparar los resultados teóricos con las observaciones en lo que se refiere al movimiento apsidal, hemos ideado un proceso de comprobación previo respecto a isocronas, temperaturas efectivas y velocidades rotacionales. Se ha obtenido muy buen acuerdo entre los valores observacionales y teóricos de estos parámetros. Además hemos verificado que todos los sistemas de nuestra muestra se encuentran sincronizados en el periastro.

12- La comparación directa entre la observación y la teoría para las constantes de estructura interna ha mostrado que el efecto sistemático sigue existiendo. Hemos encontrado que las discrepancias entre teoría y observación son una función del estado evolutivo de los sistemas. Sin embargo hemos detectado, utilizando nuestro modelo una mejora significativa del orden de 0.10 en  $\log k_2$ .

13- Hemos analizado diversas causas posibles para este desacuerdo tales como la viscosidad de la materia estelar, la permeabilidad del medio circumestelar o la posibilidad de que los ejes de rotación de las estrellas no sean perpendiculares al plano orbital. Sin embargo, estas hipótesis no son corroboradas por la teoría y/o observación fueron descartadas.

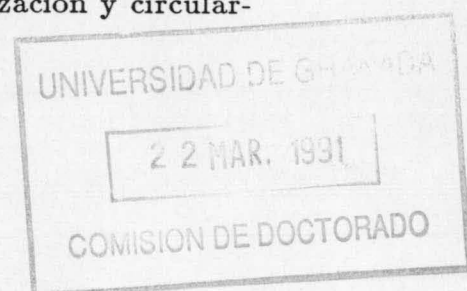
14- Hemos tenido en cuenta la teoría no simétrica de gravitación para la obtención de los ritmos de movimiento apsidal. Esta teoría sin embargo, no es capaz de explicar el desacuerdo entre las constantes de estructura interna observadas y teóricas. Hay fuertes indicios de que la teoría gravitatoria de Einstein sigue siendo válida.

15- Respecto a errores internos de los modelos de evolución estelar, hemos estudiado la influencia de las incertidumbres en las opacidades, la teoría de la convección y las tasas de producción de energía en el cálculo teórico de  $k_2$ . Dadas las incertidumbres en estos parámetros, algunos sistemas poco evolucionados podrían explicarse en función de cambios en la composición química y/o de errores en las opacidades, teoría de convección o las tasas de producción de energía.

16- Otra posible causa del problema podría estar en la física adoptada para los modelos convencionales. Así, hemos introducido el "overshooting" en el núcleo convectivo y pérdida de masa por vientos estelares. Hemos adoptado como parámetro de "overshooting",  $\alpha$  el valor 0.25. La comparación con modelos previos no convencionales ha mostrado que nuestro modelo es lo suficientemente fiable para realizar comparaciones con datos observacionales. Hemos encontrado también un buen acuerdo entre teoría y observación respecto a los parámetros superficiales e isocronas. La comparación con las tasas observadas de movimiento apsidal ha mostrado que las discrepancias disminuyen considerablemente. La corrección en  $\log k_2$  debida a la introducción del "overshooting" es una función del estado evolutivo de los sistemas y del parámetro  $\alpha$ . Un valor mayor para esta constante parece ser suficiente para acabar con las discrepancias. Sin embargo, tal valor no es corroborado por la observación y además conllevaría a un desacuerdo en las fases previas de comparación.

17- La influencia de la rotación estelar en el cálculo de las constantes de estructura interna estelar se ha evaluado utilizando la aproximación casi esférica. La corrección debida a este mecanismo es una función de  $\lambda$  que da la razón entre la fuerza centrífuga y la gravitatoria. Con la introducción de esta corrección ya no se detecta el efecto sistemático. Los pocos casos que lo siguen presentando también muestran algunos problemas en sus dimensiones absolutas y/o en la determinación empírica de las tasas de movimiento apsidal.

18- Hemos construido, con base en nuestros modelos evolutivos, una red que posibilita la comparación entre los parámetros observados (masa, radio, etc) y los respectivos valores críticos para los casos de sincronización y circular-





ización. Utilizando esta red, se ha demostrado que las estrellas de nuestra muestra se encuentran pseudo-sincronizadas en muy buen acuerdo con las observaciones de las velocidades rotacionales. Respecto a la circularización, hemos detectado un punto de corte que divide la muestra en sistemas altamente excéntricos y con baja excentricidad. Hemos encontrado también una interrelación coherente entre las teorías de evolución estelar y de marea con las observaciones a través de la edad, del tiempo crítico y de los parámetros observados respectivamente.

El segundo efecto de proximidad que hemos estudiado está conectado con la irradiación mutua en sistemas binarios de tipo Algol clásicos y sus consecuencias en la interpretación de los datos observacionales. Respecto a éste tema, los principales resultados son:

1- Se ha usado un modelo de atmósferas estelares (UMA) con condiciones de contorno modificadas para tener en cuenta el campo de radiación externo y simular sistemas de tipo Algol clásicos. Al contrario que trabajos previos se han elegido los parámetros que caracterizan la irradiación lo más próximo posible a los valores observados.

2- Hemos estudiado la influencia del ángulo de incidencia de la radiación, de la distancia de la estrella fuente, de la gravedad superficial, del parámetro de longitud de mezcla y de la metalicidad en los espectros de las estrellas irradiadas.

3- Hemos detectado que, bajo ciertas condiciones de irradiación, algunas líneas de absorción se encuentran rellenadas por emisión. Este fenómeno podría estar relacionado con las líneas de emisión observadas en determinados sistemas binarios.

4- La comparación de espectros irradiados con los convencionales de idéntica temperatura efectiva,  $\log g$  y metalicidad muestra diferencias significativas en todo el rango espectral estudiado con excepción de las longitudes de onda muy largas. Por lo tanto, no es posible asociar un modelo normal con un irradiado con las mismas características.

5- Sin embargo, la comparación entre los modelos irradiados y los convencionales con las mismas características pero con menores metalicidades ha mostrado un acuerdo bastante mejor en determinadas regiones espectrales. Las observaciones de sistemas de tipo Algol clásicos muestra que efectivamente las secundarias poseen un contenido metálico menor que las respectivas primarias. Estas observaciones podrían explicarse, por lo menos en parte,



por el uso incorrecto de modelos de atmósfera no corregidos de irradiación.

6- Hemos estudiado la influencia de la irradiación en la posición de las estrellas en el Diagrama HR. Se corrigieron las temperaturas efectivas del efecto de irradiación para las secundarias de sistemas de tipo Algol clásicos, obtenemos unas masas teóricas, a partir de la coincidencia en el diagrama HR, más compatibles con las observadas.

7- El estudio del efecto de la irradiación muestra que puede ser responsable de diversas situaciones contradictorias encontradas a menudo en sistemas de tipo Algol clásicos. De hecho tanto en el caso de las metalicidades de las secundarias como en su posicionamiento en el Diagrama HR, la irradiación parece tener una importancia capital. Se pueden cometer graves errores de interpretación de las observaciones si el efecto de la irradiación es ignorado.

8- Hemos realizado cálculos para los coeficientes de oscurecimiento hacia el borde en el caso de atmósferas irradiadas y convencionales. Hemos utilizado el método de mínimos cuadrados por nos ser a nuestro entender, el menos arbitrario y matemáticamente más fiable.

9- El ajuste cuadrático se mostró más eficaz que el lineal para reproducir las intensidades emergentes con el ángulo en el caso irradiado y convencional.

10- Sin embargo, dado su uso universal, hemos establecido una expresión analítica para los coeficientes lineales en las bandas fotométricas de los sistemas de Strömgren y de Johnson.

11- Hemos detectado cambios apreciables en los coeficientes de oscurecimiento hacia el borde en el caso de atmósferas irradiadas en relación con las convencionales de las mismas características. Este hecho pone de manifiesto, una vez más, que las atmósferas de sistemas binarios deben ser tratadas convenientemente y que un modelo convencional no es adecuado para analizar los datos observacionales.

BIBLIOGRAFIA



# GALLO J. A. BOHLEN

- Agayev, A.S., Guseinov, D.H., Novruzova, H.I.: 1982, *Astrophys. Space Sci.*, **81**, 5
- Aikawa, T.: 1971, *Sci. Reports Tohoku Univ. (I)*, **54**, 13
- Alexander, D. R.: 1989a, *Astrophys. J.*, **345**, 1014
- Alexander, D. R.: 1989b, *Astrophys. J. Sup. Ser.*, **71**, 623
- Alexander, D. R.: 1990, comunicación privada
- Al-Naimy, H.M.: 1978, *Astrophys. Space Sci*, **53**, 181
- Allen, C. W.: 1973, *Astrophysical Quantities*, 3rd. Edition, Athlone Press, London
- Andersen, J.: 1983, *Astron. Astrophys.*, **118**, 225
- Andersen, A.: 1988, Highlights of Astronomy, XXth IAU General Assembly, Baltimore
- Andersen, J., Clausen, J. V., Nordström, B., Reipurth, B.: 1983, *Astron. Astrophys.*, **121**, 271
- Andersen, J., Clausen, J. V., Nordström: 1984, *Astron. Astrophys.*, **134**, 147
- Andersen, A., Clausen, J. V., Jorgensen, H. E., Nordström, B.: 1984, *IAU Symp.* **105**, Eds. A. Maeder y A. Renzini, Dordrecht, Holland, pag. 391
- Andersen, J., Giménez, A.: 1985, *Astron. Astrophys*, **145**, 206
- Andersen, J., Clausen, J. V., Nordström, B., Popper, D.M.: 1986, *Astron. Astrophys*, **151**, 329
- Andersen, J., García, J. M., Gimnez, A., Nordström: 1987, *Astron. Astrophys*, **174**, 107
- Andersen, A., Clausen, J. V., Gustafsson, B., VandenBerg, D.: 1988, *Astron. Astrophys.*, **196**, 128
- Andersen, J., Clausen, J.V: 1989, *Astron. Astrophys.*, **213**, 183
- Andersen, J., Clausen, J.V, Nordström, Tomkin, J., Mayor, M.: 1991, *Astron. Astrophys.*, en prensa



- Baker, N. H., Kuhfuß, R.: 1987, *Astron. Astrophys.*, **185**, 120
- Baldwin, B.W.: 1973, *Pub. A.S.P.*, **85**, 714
- Batten, A.H.: 1973, *Binary and Multiple Systems of Stars*, Pergamon Press, New York
- Battistini, P. B., Bonifazi, A., Guarnieri, A.: 1974, *Astrophys. Space Science*, **30**, 165
- Bell, R.A., Eriksson, K., Gustafsson, B., Nordlund, Å.: 1976, *Astron. Astrophys. Suppl.*, **23**, 37
- Bodenheimer, P., Ostriker, J. P.: 1973, *Astrophys. J.*, **180**, 159
- Bond, H.E.: 1972, *Pub. A.S.P.*, **84**, 839
- Brown, E. W.: 1936, *Mon. Notices Roy. Astron. Soc.*, **97**, 56, 62
- Brown, E. W.: 1937, *Mon. Notices Roy. Astron. Soc.*, **97**, 116, 388
  - Budding, E.: 1974, *Astrophys. Space Sci.*, **30**, 433
- Bueger, P.: 1969, *Astrophys. J.*, **158**, 1151
- Bueger, P.: 1972, *Astrophys. J.*, **177**, 657
- Carson, T. R., Huebner, W. F., Magee, N. H., Merts, A. L.: 1984, *Astrophys. J.*, **283**, 466
- Chandrasekhar, S.: 1933, *Mon. Notices Roy. Astron. Soc.*, **93**, 449
- Chandrasekhar, S.: 1945, *Astrophys. J.*, **101**, 348
- Chandrasekhar, S.: 1947, *Astrophys. J.*, **106**, 143
- Chandrasekhar, S.: 1950, *Radiative Transfer*, Clarendon Press, Oxford
- Chandrasekhar, S.: 1967, *An Introduction to Study of Stellar Structure*, Dover Publications
- Chiosi, C.: 1991, *Confrontation Between Stellar Pulsation and Evolution*, Astron. Soc. Pac. Conference Series, eds. Carla Cacciari y Gisella Clementini, volume 11, pag 158
  - Chiosi, C., Maeder, A.: 1986, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, **24**, 329

- Cisneros-Parra, J. U.: 1970, *Astron. Astrophys.*, **8**, 141
- Claret, A.: 1985, M. Sc. Thesis, Universidade Federal de Minas Gerais, no publicada
- Claret, A., Giménez, A.: 1988, *Astrophysics - Recent Progress and Future Possibilities*, Niels Bohr Institute, Copenhagen
- Claret, A., Giménez, A.: 1989a, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **81**, 1
- Claret, A., Giménez, A.: 1989b, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **81**, 37
- Claret, A., Giménez, A.: 1990a, *Astron. Astrophys.*, **230**, 412
- Claret, A., Giménez, A.: 1990b *Astrophys. Space Sci.*, **169**, 215
- Claret, A., Giménez, A.: 1990c, *Astrophys. Space Sci.*, **169**, 223
- Claret, A., Giménez, A.: 1990d, *V Asamblea Nacional de Astronomía y Astrofísica*, Madrid, España
- Claret, A., García, J. M., Giménez, A.: 1990, *V Asamblea Nacional de Astronomía y Astrofísica*, Madrid, España
- Claret, A., Giménez, A.: 1991a, *Astron. Astrophys.*, en prensa
- Claret, A., Giménez, A.: 1991b, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **87**, 507
- Claret, A., Giménez, A.: 1991c, en preparación
- Claret, A., Giménez, A.: 1991d, en preparación
- Claret, A., Giménez, A.: 1991e, en preparación
- Claret, A., Giménez, A.: 1991f, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, enviado
- Claret, A., Rodríguez, E., García, J. M.: 1991a *Rev. Mex. Astron.* **21**, 389
- Claret, A., Rodríguez, E., Rolland, A., Lopez de Coca, P.: 1991b, *Confrontation Between Stellar Pulsation and Evolution*, Astron. Soc. Pac. Conference Series, eds. Carla Cacciari y Gisella Clementini, volume 11, pag 481
- Clausen, J. V.:1989, Comunicación privada
- Clausen, J. V.:1991, *Astron Astrophys.*, en prensa

- Clausen, J. V., Gyldenkerne, K. Grønbech, B.: 1977, *Astron. Astrophys.*, **58**, 121
- Clausen, J. V., Giménez, A., Scarfe, C.: 1986, *Astron. Astrophys.*, **167**, 287
- Clausen, J. V., Nordström, B.: 1986, *Astron. Astrophys.*, **67**, 15
- Clausen, J. V.: 1989, com. privada
- Clayton, D.: 1968, *Principles of Stellar Evolution and Nucleosynthesis*,
- Cowling, T.G.: 1938, *Mon. Notices Roy. Astron. Soc.*, **98**, 734
- Cox, A. N., Stewart, J. N.: 1969, *Nautshnij Inform.*, **15**, 1
- Crawford, J.A.: 1955, *Astrophys. J.*, **11**, 71
- Crawford, D. L., Barnes, J.V.: 1970, *Astron. J.*, **75**, 978
- De Jagger, C., Nieuwenhuijzen, H., van der Hucht, K. A.: 1986, *IAU Symp. 116*, C. W. H. de Looze, A. J. Willis, P. Laskarides, eds., pag. 543
- Díaz-Cordobés, J., Giménez, A.: 1990, en preparación
- Dugan, R.S.: 1908, *P.A.A.S.A.*, **1**, 311
- Eddington, A.S.: 1926, *Mon. Notices Roy. Astron. Soc.*, **86**, 320
- Eggen, O.J.: 1963, *Astron. J.*, **68**, 483
- Faulkner, J., Roxburgh, I. W., Strittmatter, P. A.: 1968, *Astrophys. J.*, **151**, 203
- Feautrier, P.: 1964, *C.R. Acad. Sci. Paris*, **258**, 3189
- Feautrier, P.: 1967, *Ann. d'Astrophys.*, **30**, 125
- Feautrier, P.: 1968, *Ann. d'Astrophys.*, **31**, 257
- Ferronsky, V. I., Denisik, S. A., Ferronsky, S. V.: 1987, *Jacobi Dynamics*, D. Reidel, Dordrecht
- Fowler, W. A., Caughlan, G. R., Zimmerman, B. A.: 1975, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, **13**, 69
- Giannuzzi, M. A.: 1979, *Astron. Astrophys.*, **77**, 214

- Giménez, A.: 1981a, Tesis Doctoral, Universidad de Granada, No Publicada
- Giménez, A.: 1981b, NATO Advanced Institute Series. *Photometric and Spectroscopic Binary Systems*, Ed. Z. Kopal, Reidel, Dordrecht, p. 511
- Giménez, A.: 1990, *Active Close Binaries*, Kluwer Academic Publishers, ed. C. Ibanoglu, pag. 137
- Giménez, A., Costa, V.: 1980, NATO Advanced Institute Series. *Close Binary Systems*, Ed. Z. Kopal, Maratea
- Giménez, A., Margrave, T. E.: 1982, *Astron. J.*, **87**, no. 8, 1233
- Giménez, A., García-Pelayo, J.M.: 1982, *Observational Tests of the Stellar Evolution Theory*, Reidel, Dordrecht, p. 419
- Giménez, A., García-Pelayo, J. M.: 1983, *Astrophys. Space Sci.*, **92**, 203
- Giménez, A., Margrave, T. E.: 1985, *Astron. J.*, **90**, no. 2, 358
- Giménez, A., Clausen, J. V.: 1986, *Astron. Astrophys.*, **161**, 275
- Giménez, A., Clausen, J. V., Andersen, J.: 1986, *Astron. Astrophys.*, **160**, 310
- Giménez, A., Clausen, J. V., Jensen, K. S.: 1986, *Astron. Astrophys.*, **159**, 157
- Giménez, A., Kim, C. H., Nha, I. S.: 1987, *Mon. Notices. Roy. Astron. Soc.*, **224**, 543
- Giménez, A., Claret, A.: 1988, Sci. Meeting of Comm. 42. XXth IAU General Assembly, Baltimore
- Giménez, A., Claret, A.: 1989, in *Algols*, IAU Coll. No. 107, Ed. A. H. Batten, Kluwer, Canada, p. 343
- Giménez, A., Claret, A.: 1990a, *V Asamblea Nacional de Astronomía y Astrofísica*, Madrid, España
- Giménez, A., Claret, A.: 1990b, *V Asamblea Nacional de Astronomía y Astrofísica*, Madrid, España
- Giménez, A., Clausen, J. V.: 1990, com. privada



- Giménez, A, García, J. M.: 1990, *Active Close Binaries*, Kluwer Academic Publishers, ed. C. Ibanoglu, pag. 121
- Grönbech, B.: 1976, , *Astron. Astrophys.*, **50**, 79
- Grygar, J.: 1965, *Bull. Astron. Inst. Czech.*, **16**, 195
- Gustafsson, B., Bell, R.A., Eriksson, K., Nordlund, Å.: 1975, *Astron. Astrophys.*, **42**, 407
- Hadjidemetriou, W. M.: 1967, *Adv. Astron. Astrophys.*, **5**, 131
- Hall, D.S.: 1967, *Astron. J.*, **72**, 301
- Harmanec, P.: 1988, *Bull. Astron. Inst. Czechosl.*, **39**, 329
- Harris, M.J., Fowler, W.A., Caughlan, G.R., Zimmerman, B.A.: 1983, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, **21**, 165
- Hejlesen, P.M.: 1980a, *Astron. Astrophys.*, **84**, 135
- Hejlesen, P.M.: 1980b, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **39** , 357
- Hejlesen, P.M.: 1987, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **69** , 251
- Henyey, L. G., Wilets, L., Bohm, K. H., Lelevier, R., Leveé, R.D.: 1959, *Astrophys. J.*, **129**, 628
- Hill, G., Batten, A. H.: 1984, *Astron. Astrophys.*, **141**, 39
- Hill, G., Fisher, W. A.: 1984, *Astron. Astrophys.*, **139**, 123
- Hosokawa, Y.: 1959, *Sendai Astronomiaj Raportj*, **70**
- Hosokawa, Y.: 1967, *Sendai Astron. Raport*, n. **97**, 1
- Hosokawa, Y.: 1985, *Astrophys. Space Sci.*, n. **115**, 403
- Huebner, W. F., Merts, A. L., Magee, N. H., Argo, M. F.: 1977, *Astrophysics Opacity Library* , UC-34b
- Hut, P.: 1981, *Astron. Astrophys.*, **99**, 126
- Imbert, M.: 1987, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **69**, 397
- Jeffery, C. M.: 1984, *Mon. Notices Roy. Astron. Soc.*, **207**, 323

- Kamper, B. C.: 1986, *Astrophys. Space Science*, **120**, 167
- Khaliullina, A. I., Khaliullin, Kh. F., Martynov, D. Ya.: 1985, *Mon. Notices Roy. Astron. Soc.*, **216**, 909
- Khaliullin, Kh. F.: 1985, *Astrophys. J.*, **299**, 668
- Khaliullin, Kh. F., Kozyreva, V. S.: 1985, *Astrophys. Space Science*, **120**, 9
- Khaliullin, Kh. F., Kozyreva, V. S., Leontiev, S. E.: 1987, *Astrophys. Space Science*, **138**, 361
- Kinglesmith, D.A.; Sobieski, S.: 1970, *Astron. J.*, **75**, n. 2, 175
- Kippenhahn, R., Weigert, A., Hofmeister, E.: 1967, *Methods for Calculating Stellar Evolution in Computational Physics*, Academic Press Inc. New York, Vol. 7
- Kippenhahn, R., Meyer-Hofmeister, E., Thomas, H-C.: 1970, *Astron. Astrophys.*, **5**, 155
- Kippenhahn, R., Thomas, R. C.: 1970, in A. Slettebak (ed.), *Stellar Rotation*, D. Reidel, Publ. Co., Dordrecht, Holland, p. 20
- Kirbiyik, H., Smith, R.C.: 1976, *M.N.R.A.S.*, **170**, 103
- Kirbiyik, K.: 1982, *M.N.R.A.S.*, **200**, 907
- Koch, R. H.: 1972, *Pub. A. S. P.*, **84**, 5
- Koch, R. H., Pfeiffer, R. J.: 1989, *Pub. A. S. P.*, **101**, 279
- Kondo, M., Okasaki, A.: 1980, *Close Binary Systems: Observations and Interpretation*, Ed. M.J. Plavec, D.M. Poper y R.K. Ulrich, p. 221
- Kondo, Y., Modisette, J.L.: 1982, *Binary And Multiple Stars as Tracers of Stellar Evolution*, Ed. Z. Kopal y J. Rahe, p. 317
- Kopal, Z.: 1953, *Mon. Notices Roy. Astron. Soc.*, **113**, 769
- Kopal, Z.: 1954, *Mon. Notices Roy. Astron. Soc.*, **114**, 101
- Kopal, Z.: 1965, *Advances in Astronomy and Astrophysics*, **3**, 89
- Kopal, Z.: 1959, *Close Binary Systems*, Chapman and Hall, London

- Kopal, Z.: 1967, *Icarus*, **6**, 298
- Kopal, Z.: 1978, *Dynamics of Close Binary Systems*, Reidel, Dordrecht, Holland
- Kopal, Z.: 1980, *Astrophys. Space Sci.*, **71**, 65
- Kreiner, J. M., Winiarska, M. K., Winiarski, M.: 1983, *IBVS*, no. 2312
- Kurucz, R.L.: 1970, *Smithsonian Astrophys. Obs. Special Rep.* **309**
- Kurucz, R.L.: 1979, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **40**, 1
- Lacy, C. H., Fruesh, M. L., Turner, A. E.: 1987, *Astron. J.*, **94**, no. 4, 1035
- Landolt-Börnstein: 1981, Volume 2, Sub-Volume A, eds. K. Schaifers y H. H. Voigt, Springer, Berlin-Heidelberg-New York
- Leung, K.C., Wilson, R.E.: 1977, *Astrophys. J.*, **211**, 853
- Levi-Civita, T.: 1937, *Amer. J. Math.*, **59**, 225
- Lines, H. C., Lines, R. D., Glowvnia, Z., Guinan, E. F.: 1989, *Pub. Astron. Soc. Pac.*, **101**, 925
- Lyttleton, R. A.: 1934, *Mon. Notices Roy. Astron. Soc.*, **95**, 42
- Mc Namara, D.H.: 1967, *Astrophys. J.*, **149**, 723
- Maeder, A.: 1975, *Astron. Astrophys.*, **40**, 303
- Maeder, A.: 1987, *Astron. Astrophys.*, **173**, 247
- Maeder, A., Meynet, G.: 1989a, *Astron. Astrophys.*, **210**, 155
- Maeder, A.: 1990, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **84**, 139
- Maeder, A., Meynet, G.: 1989b, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **76**, 411
- Maggee, N. H., Merts, A. L., Huebner, W. F.: 1984, *Astrophys. J.*, **283**, 264
- Maloney, F. P., Guinan, E. F.: 1989, *Astron. J.*, **98**, 1800
- Manduca, A.; Bell, R.A.; Gustafsson, B.: 1977, *Astron. Astrophys.*, **61**, 809

- Martynov, D. Ya.: 1948, *Izv. Engelhardt Obs. Kazar*, No. 25
- Mathis, J. S.: 1967 *Astrophys. J.*, **149**, 619
- Matukuma, T.: 1950, *Sendai Astronomiaj Raportj*, **2**, No. 10
- Meyer-Hofmeister, E.: 1982, *Landolt-Bronstein*, Group VI, Vol. 2, Subvolume 6
- Mihalas, D.: 1978, *Stellar Atmosphere*, W.H. Freeman and Company, San Francisco
- Milne, E.A.: 1921, *Mon. Notices Roy. Astron. Soc.*, **81**, 361
- Milne, E.A.: 1927, *Mon. Notices Roy. Astron. Soc.*, **87**, 43
- Miner, E.D.: 1966, *Astrophys. J.*, **144**, 1101
- Modisette, J.L., Kondo, Y.: 1980a, *Proc. IAU Symp. No. 88*, p. 195
- Modisette, J.L., Kondo, Y.: 1980b, *Astrophys. J.*, **240**, 180
- Moffat, J. W.: 1984, *Astrophys. J. Letters*, **287**, L77
- Monet, D. G.: 1980, *Astrophys. J.*, **237**, 513
- Motz, L.: 1952, *Astrophys. J.*, **115**, 562
- Naftilan, S.A.: 1975a, *Pub. A.S.P.*, **87**, 321
- Naftilan, S.A.: 1975b, *Bull. Amer. Astron. Soc.*, **7**, 476
- Naftilan, S.A.: 1976, *Astrophys. J.*, **206**, 785
- Napier, W.McD.: 1971, *Astrophys. Space Sci.*, **11**, 475
- Olsen, E.H.: 1982, *Astron. Astrophys.*, **110**, 215
- Olson, E.C.: 1984, *Pub. A. S. P.*, **96**, 376
- Peraiah, A.: 1982, *J. Astrophys. Astron.*, **3**, 485
- Peraiah, A.: 1983a, *J. Astrophys. Astron.*, **4**, 11
- Peraiah, A.: 1983b, *J. Astrophys. Astron.*, **4**, 151
- Peraiah, A., Rao, M.S.: 1983a, *J. Astrophys. Astron.*, **4**, 175



- Peraiah, A., Rao, M.S.: 1983b, *J. Astrophys. Astron.*, **4**, 183
- Petty, A. F.: 1973, *Astrophys. Space Science*, **21**, 189
- Plavec, M.: 1968, *Advances in Astronomy and Astrophysics*, **6**, 201 Academic Press, New York
- Plavec, M., Polidan, R.S.: 1976, *Structure and evolution of Close Binary Systems*, Ed. P. Eggleton et al., p. 289
- Poincaré, H.: 1902, *Leçons sur les Figures de Equilibre*
- Popper, D. M.: 1987, *Astron. J.*, **93**, no.3, 672
- Popper, D. M.: 1987, *Astrophys. J.*, **313**, 81
- Press, W. H., Wiita, P.J., Smarr, L. L.: 1975, *Astrophys. J.*, **202**, L135
- Rafert, J.B., Twigg, L.W.: 1980, *Mon. Notices Roy. Astron. Soc.*, **193**, 79
- Reimers, D.: 1975, *Mém. Soc. Roy. Sci. Liège*, **8**, 369
- Roxburgh, I. W.: 1978, *Astron. Astrophys.*, **65**, 281
- Ruciński, S. M.: 1990, comunicación privada
- Ruciński, S.M.: 1969a, *Acta Astron.*, **19**, 125
- Ruciński, S.M.: 1969b, *Acta Astron.*, **19**, 245
- Ruciński, S.M.: 1970, *Acta Astron.*, **20**, 327
- Ruciński, S.M.: 1973, *Acta Astron.*, **23**, 301
- Ruciński, S. M.: 1988, *Astron. J.*, **95**, 1895
- Russel, H.N.: 1928, *Mon. Notices Roy. Astron. Soc.* **88**, 642
- Russel, H.N.: 1949, *Harv. Obs. Circ.* **452**
- Sackmann, I. J.: 1970, *Astron. Astrophys.*, **8**, 76
- Saslaw, W. C., Schwarzschild, M.: 1965, *Astrophys. J.*, **142**, 1468
- Schwarzschild, M.: 1958, *Structure and Evolution of the Stars*, Dover Publ., New York

- Schröder, U., Backer, W. W., Görres J., Rolfs, C., Trautvetter, H. P., Azuma, R. E., King, J.: 1986, *Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop (5 Moriond Astrophys. Meeting) on Nucleosynthesis and its implication on nuclear and particle physics (Reidel, Dordrecht)* p. 431
- Semeniuk, I.: 1967, *Acta Astron.*, **17**, no. 3, 223
- Semeniuk, I., Paczynski, B.: 1968, *Acta Astron.*, **18**, 33
- Shaviv, G., Salpeter, E. E.: 1973, *Astrophys. J.*, **184**, 191
- Shul'berg, A.M.: 1973, *Eclipsing Variable Stars*, ed. V.P. Tsesevich, John Wiley and sons, New York
- Sisteró, R.F.: 1968, *Pub. A.S.P.*, **80**, 474
- Sisteró, R.F.: 1971, *Bull. Astr. Inst. Czechoslovakia*, **22**, 188
- Slavenas, P.: 1927, *Trans. Astr. Obs. Yale Univ.*, **6**, 35
- Smak, J.: 1967, *Acta Astron.*, **17**, no.3, 245
- Smart, W. M.: 1953, *Celestial Mechanics*, p. 232, Longmans Green, London
- Sobieski, S.: 1965a, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **12**, 263
- Sobieski, S.: 1965b, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **12**, 276
- Stebbins, J.: 1911, *Astrophys. J.*, **33**, 395
- Sterne, T. E.: 1939, *Mon. Notices Roy. Astron. Soc.*, **99**, 451
- Stoeckly, R.: 1965, *Astrophys. J.*, **142**, 208
- Stothers, R.: 1974, *Astrophys. J.*, **194**, 651
- Strömgen, B.: 1963, *Basic Astronomical Data*, Ed. K. Aa. Strand (Chicago: University of Chicago Press), p. 123
- Tassoul, J. L.: 1978, *Theory of Rotating Stars*, Princeton Series in Astrophysics, Princeton University Press, Princeton
- Tassoul, J. L.: 1988, *Astrophys. J.*, **324**, 171
- Trimble, V.: 1983, *Nature*, Vol. 303, **12**, 137

- Ureche, V.: 1972, *St. Cer. Astron.*, **17**, 213
- Ureche, V.: 1976, *Structure and Evolution of Close Binary Systems*, eds. P. Eggleton, S. Mitton, J. Whelan, Reidel, Dordrecht
- Vanden Berg, D. A., 1983, *Astrophys. J.*, **51**, 29
- Vanden Berg, D. A., 1985, *Astrophys. J.*, **58**, 711
- Vanden Berg, D. A., Poll, H. E.:1989, *Astrophys. J.*, **98**, 1451
- Vaz, L.P.R., Nordlund, Å.: 1985, *Astron. Astrophys.*, **147**, 281
- Wade, R.A.; Ruciński, S.M.: 1985, *Astron. Astrophys. Suppl. Series*, **60**, 471
- Walraven, Th.:1990, comunicación privada
- Wilson, R.E., De Lucia, M.R., Johnston, K., y Mango, S.A.: 1972, *Astrophys. J.*, **177**, 191
- Wilson, R.E., Devinney, E.J.: 1971, *Astrophys. J.*, **166**, 605
- Wilson, R.E., Devinney, E.J.: 1973, *Astrophys. J.*, **182**, 539
- Wilson, R.E., Biermann, P.: 1976, *Astron. Astrophys.*, **48**, 349
- Wilson, R.E.: 1979, *Astrophys. J.*, **234**, 1054
- Wilson, R.E., Woodward, E. J.: 1983, *Astrophys. Space Science*, **89** , 5
- Wood, D.B.: 1971a, *Astron. J.*, **76**, 701
- Wood, D.B.: 1971b, *Bellcomm B71-09018*
- Wood, D.B.: 1972, *A Computer Program for Modelling Non-Spherical Stars Systems*, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland
- Zahn, J. P.:1989, *Astron. Astrophys.*, **220**, 112
- Zahn, J. P., Bouchet, L.:1989, *Astron. Astrophys.*, **223**, 112

APENDICES

GALGO

PARABOLIMIN



THE UNIVERSITY OF CHICAGO  
PRESS



APENDICE A

Referencias más recientes para las estrellas utilizadas en la determinación de las dimensiones absolutas y otros parámetros relacionados con el movimiento apsidal.

**EM Car**

Andersen, Clausen: 1989

**CW Cep**

Giménez, Kim y Nha: 1987

Koch, Pfeiffer: 1989

Giménez, Clausen: 1990, com. privada

**AG Per**

Giménez, Kim y Nha: 1987

Giménez, Clausen: 1990, com. privada

**Y Cyg**

Giménez, Kim y Nha: 1987

**GG Lup**

Giménez, Clausen: 1990, com. privada

**OX Cas**

Khaliullin, Kozyreva y Leontiev: 1987

Giménez: 1990, com. privada

**U Oph**

Kamper: 1986

**V380 Cyg**

Battistini, Bobifazi y Guarnieri: 1974

Hill, Batten: 1984

**V451 Oph**

Clausen, Giménez y Scarfe: 1986

**V346 Cen**

Giménez, Clausen y Andersen: 1986

**RU Mon**

Khaliullina, Kaliullin y Martinov: 1985

**V477 Cyg**

Lacy, Fruesh y Turner: 1984  
Giménez: 1990, com. privada

**QX Car**

Andersen, Clausen, Nordström y Reipurth: 1983  
Giménez, Clausen y Jensen: 1986

**NO Pup**

Gronberch: 1976  
Giménez, Clausen y Jensen: 1986

**Zeta Phe**

Andersen: 1983  
Giménez, Clausen y Jensen: 1986

**GL Car**

Giménez, Clausen: 1986

**V1647 Sgr**

Clausen, Gyldenkerne y Gronbech: 1977  
Andersen, Giménez: 1985

**V760 Sco**

Andersen, Clausen, Nordström y Popper: 1985

**CO Lac**

Smak: 1967  
Semeniuk: 1967  
Kreiner, Winiarska y Winiarski: 1983  
Wilson, Woodward: 1983

**HR 7551**

Hill, Fisher: 1984

**PV Cas**

Giménez, Margrave: 1982  
Popper: 1987

**$\alpha$  Vir**

Giménez: 1990, com. privada



**V453 Cyg**

Clausen: 1989, com. privada

Giménez, Clausen: 1990, com. privada

*Estrellas con movimiento apsidal relativista*

**V1143 Cyg**

Giménez, Margrave: 1985

Andersen, García, Giménez, Nordström: 1987

**EK Cep**

Popper : 1987

Giménez, Margrave: 1985

**BW Aqr**

Khaliullin, Kozureva: 1985

Imbert: 1987

Clausen: 1991

**V541 Cyg**

Khaliullin: 1985

**VV Pyx**

Andersen, Clausen, Nordström: 1984

**RR Lyn**

Budding: 1974

Giannuzzi: 1979

**AS Cam**

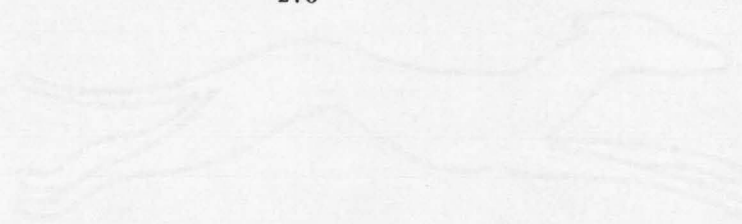
Lines, Linnes, Glowonia, Guinan: 1989

Maloney, Guinan: 1989

GALGO  
PACHEMIN

APENDICES B y C

ALGO  
RACHEMIN



W. O. G. O. P. A. R. C. H. M. I. L. L.



W. O. G. O. P. A. R. C. H. M. I. L. L.



Tabla A.1								
log m = -0.2218								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
0.000000D+00	-1.1839	4.6972	3.5877	-1.1884	-1.6110	-1.8895	1.0710	0.3779
4.000063D+08	-1.1817	4.6964	3.5880	-1.1910	-1.6141	-1.8931	1.0730	0.3775
1.200019D+09	-1.1771	4.6946	3.5887	-1.1946	-1.6175	-1.8963	1.0760	0.3766
2.800044D+09	-1.1689	4.6920	3.5901	-1.2009	-1.6233	-1.9022	1.0810	0.3753
6.000095D+09	-1.1528	4.6862	3.5927	-1.2131	-1.6340	-1.9122	1.0920	0.3726
1.240020D+10	-1.1193	4.6731	3.5978	-1.2398	-1.6581	-1.9356	1.1160	0.3669
1.557147D+10	-1.1013	4.6656	3.6004	-1.2539	-1.6707	-1.9477	1.1290	0.3638
1.868194D+10	-1.0837	4.6581	3.6030	-1.2681	-1.6833	-1.9598	1.1430	0.3608
2.172059D+10	-1.0660	4.6500	3.6053	-1.2829	-1.6965	-1.9724	1.1580	0.3576

Tabla A.2								
log m = -0.0969								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
0.000000D+00	-0.5502	4.5925	3.6887	-1.4675	-1.8971	-2.1789	1.2880	0.3238
4.000063D+08	-0.5451	4.5899	3.6893	-1.4716	-1.9004	-2.1818	1.2930	0.3229
1.200019D+09	-0.5345	4.5850	3.6907	-1.4799	-1.9074	-2.1883	1.3030	0.3212
2.684829D+09	-0.5142	4.5756	3.6935	-1.4953	-1.9204	-2.2005	1.3230	0.3179
4.078912D+09	-0.4946	4.5658	3.6959	-1.5110	-1.9336	-2.2128	1.3430	0.3146
5.413168D+09	-0.4749	4.5562	3.6984	-1.5256	-1.9456	-2.2239	1.3630	0.3115
6.652625D+09	-0.4551	4.5464	3.7009	-1.5411	-1.9594	-2.2372	1.3840	0.3082
7.816876D+09	-0.4360	4.5367	3.7033	-1.5558	-1.9721	-2.2495	1.4050	0.3051
8.911107D+09	-0.4170	4.5270	3.7056	-1.5698	-1.9842	-2.2610	1.4270	0.3022
9.934477D+09	-0.3995	4.5169	3.7075	-1.5827	-1.9946	-2.2706	1.4480	0.2993
1.087689D+10	-0.3828	4.5071	3.7092	-1.5949	-2.0047	-2.2799	1.4690	0.2967
1.170000D+10	-0.3674	4.4975	3.7106	-1.6065	-2.0142	-2.2888	1.4900	0.2942
1.229330D+10	-0.3555	4.4901	3.7118	-1.6148	-2.0209	-2.2951	1.5050	0.2923
1.347992D+10	-0.3306	4.4749	3.7142	-1.6319	-2.0351	-2.3084	1.5390	0.2885
1.466653D+10	-0.3044	4.4576	3.7164	-1.6494	-2.0490	-2.3212	1.5780	0.2844
1.703976D+10	-0.2466	4.4150	3.7202	-1.6877	-2.0795	-2.3494	1.6740	0.2755
2.057694D+10	-0.1406	4.3242	3.7240	-1.7354	-2.1133	-2.3794	1.8810	0.2622

Tabla A.3								
log m = 0.000								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
0.000000D+00	-0.0809	4.4900	3.7562	-1.7470	-2.1996	-2.4925	1.5310	0.2771
1.000000D+08	-0.0782	4.4881	3.7564	-1.7501	-2.2022	-2.4950	1.5350	0.2765
3.000000D+08	-0.0727	4.4842	3.7568	-1.7560	-2.2075	-2.5000	1.5430	0.2754
7.000000D+08	-0.0614	4.4765	3.7577	-1.7684	-2.2188	-2.5111	1.5600	0.2732
1.371568D+09	-0.0422	4.4629	3.7591	-1.7890	-2.2372	-2.5289	1.5900	0.2694
1.974958D+09	-0.0241	4.4498	3.7603	-1.8080	-2.2541	-2.5451	1.6200	0.2659
2.512371D+09	-0.0073	4.4368	3.7612	-1.8256	-2.2696	-2.5600	1.6480	0.2627
2.991999D+09	0.0081	4.4248	3.7621	-1.8406	-2.2825	-2.5723	1.6750	0.2598
3.407330D+09	0.0218	4.4135	3.7627	-1.8542	-2.2941	-2.5833	1.7000	0.2572
3.763454D+09	0.0340	4.4036	3.7633	-1.8661	-2.3047	-2.5935	1.7210	0.2551
4.072721D+09	0.0447	4.3945	3.7637	-1.8755	-2.3123	-2.6005	1.7410	0.2532
4.344254D+09	0.0544	4.3863	3.7641	-1.8843	-2.3199	-2.6077	1.7590	0.2515
4.583151D+09	0.0630	4.3787	3.7643	-1.8918	-2.3259	-2.6134	1.7760	0.2500
4.795268D+09	0.0709	4.3717	3.7645	-1.8982	-2.3311	-2.6182	1.7910	0.2487
5.219502D+09	0.0867	4.3569	3.7648	-1.9107	-2.3408	-2.6270	1.8220	0.2461
6.067969D+09	0.1199	4.3246	3.7650	-1.9347	-2.3588	-2.6430	1.8920	0.2409
7.764904D+09	0.1996	4.2409	3.7640	-1.9805	-2.3896	-2.6687	2.0850	0.2296
7.969206D+09	0.2100	4.2284	3.7635	-1.9830	-2.3897	-2.6680	2.1110	0.2285
8.173509D+09	0.2203	4.2153	3.7628	-1.9836	-2.3877	-2.6650	2.1380	0.2276
8.275660D+09	0.2278	4.2069	3.7626	-1.9863	-2.3890	-2.6658	2.1590	0.2267
8.786416D+09	0.2598	4.1654	3.7602	-1.9856	-2.3803	-2.6543	2.2520	0.2242
8.837491D+09	0.2643	4.1596	3.7599	-1.9855	-2.3792	-2.6529	2.2660	0.2239
8.939643D+09	0.2699	4.1513	3.7592	-1.9829	-2.3749	-2.6479	2.2830	0.2237
8.990718D+09	0.2732	4.1466	3.7588	-1.9816	-2.3727	-2.6454	2.2920	0.2236
9.076908D+09	0.2790	4.1384	3.7582	-1.9797	-2.3693	-2.6414	2.3120	0.2233
9.080100D+09	0.2804	4.1366	3.7581	-1.9797	-2.3690	-2.6410	2.3170	0.2232
9.086485D+09	0.2818	4.1346	3.7580	-1.9792	-2.3681	-2.6400	2.3210	0.2232
9.099254D+09	0.2830	4.1328	3.7578	-1.9786	-2.3672	-2.6390	2.3250	0.2232
9.124792D+09	0.2849	4.1300	3.7576	-1.9776	-2.3657	-2.6373	2.3310	0.2231
9.175867D+09	0.2866	4.1268	3.7572	-1.9752	-2.3625	-2.6338	2.3350	0.2233
9.278018D+09	0.2915	4.1184	3.7564	-1.9701	-2.3557	-2.6264	2.3490	0.2235
9.380169D+09	0.2998	4.1056	3.7552	-1.9644	-2.3478	-2.6177	2.3780	0.2235
9.405707D+09	0.2986	4.1060	3.7550	-1.9617	-2.3449	-2.6147	2.3710	0.2239
9.431245D+09	0.3063	4.0957	3.7544	-1.9602	-2.3418	-2.6111	2.4020	0.2235
9.456783D+09	0.3088	4.0909	3.7538	-1.9563	-2.3370	-2.6059	2.4100	0.2238
9.482321D+09	0.3089	4.0904	3.7537	-1.9556	-2.3362	-2.6051	2.4090	0.2239
9.507858D+09	0.3117	4.0858	3.7532	-1.9527	-2.3324	-2.6010	2.4200	0.2240
9.533396D+09	0.3137	4.0820	3.7528	-1.9498	-2.3288	-2.5971	2.4270	0.2241
9.584472D+09	0.3161	4.0776	3.7523	-1.9464	-2.3245	-2.5925	2.4340	0.2244
9.635547D+09	0.3195	4.0708	3.7515	-1.9413	-2.3183	-2.5859	2.4460	0.2247



Tabla A.3 (Continuación)

log m = 0.0000								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
9.648316D+09	0.3185	4.0717	3.7514	-1.9403	-2.3173	-2.5850	2.4400	0.2249
9.654701D+09	0.3215	4.0676	3.7511	-1.9394	-2.3158	-2.5833	2.4560	0.2248
9.661085D+09	0.3229	4.0642	3.7507	-1.9356	-2.3114	-2.5785	2.4620	0.2251
9.667470D+09	0.3238	4.0617	3.7503	-1.9325	-2.3077	-2.5747	2.4650	0.2255
9.680238D+09	0.3250	4.0589	3.7498	-1.9291	-2.3037	-2.5705	2.4680	0.2258
9.705776D+09	0.3242	4.0614	3.7503	-1.9329	-2.3081	-2.5751	2.4610	0.2254
9.731314D+09	0.3282	4.0526	3.7491	-1.9237	-2.2973	-2.5637	2.4810	0.2262
9.756852D+09	0.3287	4.0517	3.7490	-1.9229	-2.2964	-2.5628	2.4790	0.2263
9.782390D+09	0.3314	4.0459	3.7482	-1.9159	-2.2882	-2.5543	2.4910	0.2270
9.807927D+09	0.3326	4.0429	3.7478	-1.9110	-2.2825	-2.5482	2.4940	0.2274
9.833465D+09	0.3348	4.0376	3.7470	-1.9045	-2.2751	-2.5406	2.5020	0.2282
9.859003D+09	0.3359	4.0349	3.7466	-1.9013	-2.2716	-2.5369	2.5050	0.2285
9.884541D+09	0.3380	4.0289	3.7456	-1.8921	-2.2612	-2.5263	2.5140	0.2295
9.897310D+09	0.3389	4.0264	3.7452	-1.8886	-2.2573	-2.5223	2.5170	0.2299
9.903694D+09	0.3394	4.0251	3.7450	-1.8868	-2.2554	-2.5203	2.5190	0.2301
9.910079D+09	0.3398	4.0237	3.7448	-1.8847	-2.2531	-2.5179	2.5200	0.2304
9.916463D+09	0.3404	4.0217	3.7444	-1.8818	-2.2499	-2.5146	2.5240	0.2307
9.929232D+09	0.3412	4.0182	3.7437	-1.8757	-2.2431	-2.5077	2.5270	0.2315
9.954770D+09	0.3428	4.0135	3.7430	-1.8691	-2.2358	-2.5002	2.5320	0.2322
9.980308D+09	0.3442	4.0087	3.7421	-1.8617	-2.2276	-2.4918	2.5370	0.2332
9.993076D+09	0.3448	4.0062	3.7416	-1.8578	-2.2233	-2.4874	2.5400	0.2337
9.999461D+09	0.3451	4.0050	3.7414	-1.8557	-2.2211	-2.4851	2.5410	0.2339
1.000265D+10	0.3450	4.0045	3.7413	-1.8543	-2.2195	-2.4834	2.5410	0.2341
1.000425D+10	0.3451	4.0041	3.7412	-1.8537	-2.2189	-2.4828	2.5420	0.2342
1.000505D+10	0.3452	4.0040	3.7412	-1.8534	-2.2186	-2.4825	2.5420	0.2342
1.000525D+10	0.3452	4.0039	3.7412	-1.8534	-2.2185	-2.4824	2.5420	0.2342
1.000535D+10	0.3452	4.0039	3.7412	-1.8533	-2.2185	-2.4824	2.5420	0.2342
1.000545D+10	0.3451	4.0039	3.7411	-1.8531	-2.2183	-2.4822	2.5400	0.2343
1.000555D+10	0.3450	4.0040	3.7411	-1.8530	-2.2182	-2.4821	2.5400	0.2343
1.000565D+10	0.3450	4.0040	3.7411	-1.8530	-2.2182	-2.4820	2.5400	0.2343
1.000585D+10	0.3450	4.0040	3.7411	-1.8530	-2.2181	-2.4820	2.5400	0.2343
1.000604D+10	0.3450	4.0040	3.7411	-1.8530	-2.2181	-2.4820	2.5400	0.2343
1.000624D+10	0.3450	4.0039	3.7411	-1.8530	-2.2181	-2.4820	2.5410	0.2343
1.000644D+10	0.3451	4.0038	3.7411	-1.8530	-2.2181	-2.4820	2.5410	0.2343
1.000684D+10	0.3452	4.0037	3.7411	-1.8529	-2.2181	-2.4819	2.5420	0.2343
1.000764D+10	0.3454	4.0034	3.7411	-1.8529	-2.2180	-2.4819	2.5430	0.2343
1.000924D+10	0.3456	4.0031	3.7411	-1.8526	-2.2176	-2.4815	2.5430	0.2343
1.001243D+10	0.3457	4.0026	3.7409	-1.8517	-2.2166	-2.4805	2.5440	0.2344
1.001881D+10	0.3460	4.0014	3.7407	-1.8497	-2.2145	-2.4783	2.5450	0.2347
1.003158D+10	0.3467	3.9988	3.7403	-1.8455	-2.2099	-2.4736	2.5480	0.2352

Tabla A.3 (Continuación)

log m = 0.0000								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>eff</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
1.005712D+10	0.3481	3.9935	3.7393	-1.8367	-2.2006	-2.4642	2.5520	0.2364
1.010820D+10	0.3498	3.9814	3.7367	-1.8130	-2.1755	-2.4388	2.5590	0.2396
1.021035D+10	0.3468	3.9524	3.7287	-1.7380	-2.0968	-2.3592	2.5500	0.2513
1.031250D+10	0.3405	3.9219	3.7195	-1.6472	-2.0049	-2.2678	2.5180	0.2668
1.038998D+10	0.3317	3.8945	3.7104	-1.5650	-1.9230	-2.1867	2.4820	0.2827
1.044700D+10	0.3277	3.8718	3.7038	-1.5032	-1.8632	-2.1282	2.4590	0.2952
1.049634D+10	0.3261	3.8482	3.6975	-1.4487	-1.8107	-2.0770	2.4480	0.3070
1.053784D+10	0.3292	3.8257	3.6926	-1.4071	-1.7716	-2.0393	2.4530	0.3163
1.057339D+10	0.3357	3.8042	3.6888	-1.3744	-1.7410	-2.0100	2.4710	0.3235
1.060590D+10	0.3446	3.7828	3.6857	-1.3480	-1.7166	-1.9867	2.4990	0.3296
1.063543D+10	0.3558	3.7624	3.6834	-1.3270	-1.6976	-1.9687	2.5350	0.3345
1.066205D+10	0.3677	3.7428	3.6815	-1.3107	-1.6829	-1.9549	2.5780	0.3384
1.068758D+10	0.3809	3.7229	3.6798	-1.2969	-1.6706	-1.9433	2.6270	0.3418
1.071080D+10	0.3942	3.7042	3.6785	-1.2854	-1.6605	-1.9339	2.6790	0.3446
1.073138D+10	0.4072	3.6869	3.6774	-1.2768	-1.6528	-1.9267	2.7310	0.3467
1.075082D+10	0.4206	3.6703	3.6766	-1.2699	-1.6468	-1.9213	2.7860	0.3484
1.076968D+10	0.4340	3.6538	3.6758	-1.2636	-1.6414	-1.9163	2.8450	0.3499
1.078651D+10	0.4465	3.6388	3.6752	-1.2586	-1.6371	-1.9124	2.9000	0.3512
1.080332D+10	0.4601	3.6232	3.6747	-1.2549	-1.6341	-1.9098	2.9620	0.3523
1.081911D+10	0.4728	3.6082	3.6741	-1.2510	-1.6307	-1.9067	3.0230	0.3533
1.083362D+10	0.4854	3.5941	3.6738	-1.2484	-1.6286	-1.9049	3.0830	0.3540
1.084748D+10	0.4977	3.5808	3.6735	-1.2458	-1.6267	-1.9033	3.1430	0.3547
1.086094D+10	0.5098	3.5670	3.6731	-1.2436	-1.6250	-1.9020	3.2060	0.3553
1.087335D+10	0.5215	3.5555	3.6731	-1.2404	-1.6225	-1.9001	3.2630	0.3558
1.088525D+10	0.5329	3.5431	3.6729	-1.2384	-1.6209	-1.8987	3.3250	0.3563
1.089681D+10	0.5445	3.5305	3.6726	-1.2374	-1.6203	-1.8984	3.3880	0.3567
1.090739D+10	0.5552	3.5191	3.6724	-1.2359	-1.6193	-1.8977	3.4480	0.3570
1.091798D+10	0.5661	3.5073	3.6722	-1.2350	-1.6187	-1.8973	3.5120	0.3573
1.092819D+10	0.5769	3.4958	3.6721	-1.2340	-1.6180	-1.8970	3.5760	0.3576
1.093793D+10	0.5875	3.4845	3.6719	-1.2332	-1.6176	-1.8967	3.6400	0.3578
1.094740D+10	0.5981	3.4734	3.6717	-1.2324	-1.6171	-1.8965	3.7040	0.3581
1.095654D+10	0.6084	3.4626	3.6716	-1.2316	-1.6166	-1.8963	3.7690	0.3583
1.096544D+10	0.6188	3.4517	3.6715	-1.2312	-1.6165	-1.8964	3.8360	0.3584
1.097349D+10	0.6282	3.4417	3.6714	-1.2305	-1.6161	-1.8962	3.8980	0.3586
1.098113D+10	0.6375	3.4318	3.6712	-1.2302	-1.6161	-1.8965	3.9600	0.3587
1.098876D+10	0.6469	3.4219	3.6711	-1.2300	-1.6161	-1.8967	4.0250	0.3588
1.099639D+10	0.6564	3.4118	3.6709	-1.2298	-1.6163	-1.8970	4.0930	0.3588
1.100363D+10	0.6656	3.4019	3.6708	-1.2298	-1.6164	-1.8973	4.1590	0.3589
1.101038D+10	0.6745	3.3924	3.6706	-1.2297	-1.6165	-1.8976	4.2240	0.3590
1.101712D+10	0.6834	3.3829	3.6705	-1.2296	-1.6166	-1.8979	4.2910	0.3590



Tabla A.3 (Continuación)

log m = 0.0000								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>eff</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
1.102351D+10	0.6921	3.3737	3.6703	-1.2297	-1.6169	-1.8983	4.3560	0.3590
1.102990D+10	0.7009	3.3644	3.6702	-1.2297	-1.6171	-1.8987	4.4240	0.3591
1.103629D+10	0.7098	3.3546	3.6700	-1.2296	-1.6172	-1.8988	4.4960	0.3591
1.104221D+10	0.7182	3.3457	3.6699	-1.2299	-1.6177	-1.8996	4.5630	0.3591
1.104804D+10	0.7267	3.3363	3.6696	-1.2299	-1.6179	-1.8999	4.6340	0.3591
1.105380D+10	0.7352	3.3272	3.6695	-1.2302	-1.6184	-1.9006	4.7050	0.3590
1.105946D+10	0.7438	3.3182	3.6694	-1.2305	-1.6189	-1.9013	4.7780	0.3590
1.106477D+10	0.7520	3.3094	3.6692	-1.2306	-1.6192	-1.9018	4.8480	0.3590
1.107008D+10	0.7602	3.3006	3.6691	-1.2309	-1.6197	-1.9024	4.9210	0.3589
1.107497D+10	0.7680	3.2917	3.6688	-1.2314	-1.6203	-1.9031	4.9930	0.3589
1.107982D+10	0.7759	3.2836	3.6687	-1.2315	-1.6206	-1.9036	5.0630	0.3589
1.108461D+10	0.7839	3.2754	3.6687	-1.2319	-1.6212	-1.9044	5.1350	0.3588
1.108933D+10	0.7918	3.2672	3.6686	-1.2323	-1.6218	-1.9053	5.2070	0.3587
1.109375D+10	0.7994	3.2590	3.6685	-1.2328	-1.6225	-1.9061	5.2790	0.3586
1.109799D+10	0.8068	3.2510	3.6683	-1.2330	-1.6228	-1.9066	5.3510	0.3586
1.110213D+10	0.8140	3.2428	3.6681	-1.2339	-1.6238	-1.9076	5.4240	0.3585
1.110626D+10	0.8211	3.2347	3.6678	-1.2345	-1.6245	-1.9083	5.4990	0.3584
1.111019D+10	0.8284	3.2267	3.6677	-1.2350	-1.6251	-1.9090	5.5730	0.3583
1.111412D+10	0.8354	3.2196	3.6676	-1.2351	-1.6254	-1.9096	5.6440	0.3582
1.111796D+10	0.8426	3.2118	3.6675	-1.2356	-1.6260	-1.9104	5.7190	0.3581
1.112177D+10	0.8497	3.2041	3.6674	-1.2361	-1.6267	-1.9113	5.7960	0.3580
1.112552D+10	0.8570	3.1963	3.6672	-1.2367	-1.6274	-1.9121	5.8740	0.3579
1.112903D+10	0.8640	3.1889	3.6671	-1.2371	-1.6280	-1.9129	5.9480	0.3578
1.113238D+10	0.8707	3.1816	3.6670	-1.2375	-1.6286	-1.9136	6.0220	0.3577
1.113573D+10	0.8772	3.1738	3.6666	-1.2386	-1.6296	-1.9145	6.1010	0.3576
1.113908D+10	0.8839	3.1666	3.6665	-1.2391	-1.6302	-1.9153	6.1790	0.3575
1.114243D+10	0.8909	3.1595	3.6665	-1.2392	-1.6306	-1.9160	6.2560	0.3574
1.114569D+10	0.8977	3.1520	3.6663	-1.2398	-1.6314	-1.9169	6.3370	0.3573
1.114895D+10	0.9045	3.1445	3.6661	-1.2405	-1.6322	-1.9179	6.4200	0.3571
1.115221D+10	0.9115	3.1367	3.6660	-1.2409	-1.6328	-1.9186	6.5060	0.3570
1.115543D+10	0.9185	3.1291	3.6658	-1.2416	-1.6336	-1.9196	6.5920	0.3569

Tabla A.4								
log m = 0.0492								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
0.000000D+00	0.1512	4.4178	3.7838	-1.9576	-2.4481	-2.7634	1.7120	0.2485
1.000000D+08	0.1551	4.4147	3.7840	-1.9624	-2.4526	-2.7678	1.7190	0.2477
3.000000D+08	0.1631	4.4086	3.7845	-1.9717	-2.4611	-2.7761	1.7340	0.2461
7.000000D+08	0.1792	4.3955	3.7852	-1.9912	-2.4794	-2.7945	1.7630	0.2430
1.113258D+09	0.1963	4.3814	3.7860	-2.0113	-2.4982	-2.8133	1.7960	0.2398
1.481030D+09	0.2119	4.3679	3.7865	-2.0289	-2.5143	-2.8293	1.8270	0.2369
1.806841D+09	0.2258	4.3552	3.7868	-2.0441	-2.5278	-2.8425	1.8550	0.2344
2.098246D+09	0.2385	4.3432	3.7870	-2.0568	-2.5387	-2.8530	1.8810	0.2322
2.362632D+09	0.2502	4.3319	3.7871	-2.0677	-2.5477	-2.8615	1.9050	0.2302
2.601355D+09	0.2604	4.3210	3.7869	-2.0764	-2.5542	-2.8671	1.9270	0.2286
2.816233D+09	0.2698	4.3108	3.7867	-2.0836	-2.5591	-2.8712	1.9470	0.2271
3.007065D+09	0.2782	4.3015	3.7865	-2.0897	-2.5633	-2.8746	1.9660	0.2259
3.179438D+09	0.2861	4.2926	3.7862	-2.0946	-2.5662	-2.8767	1.9830	0.2248
3.334708D+09	0.2930	4.2843	3.7859	-2.0983	-2.5678	-2.8774	1.9980	0.2238
3.478200D+09	0.2992	4.2764	3.7855	-2.1012	-2.5685	-2.8771	2.0120	0.2230
3.605746D+09	0.3047	4.2691	3.7850	-2.1030	-2.5681	-2.8758	2.0250	0.2224
3.723636D+09	0.3099	4.2622	3.7846	-2.1043	-2.5675	-2.8742	2.0370	0.2218
3.827327D+09	0.3144	4.2560	3.7842	-2.1053	-2.5666	-2.8725	2.0470	0.2213
3.923193D+09	0.3187	4.2501	3.7838	-2.1060	-2.5655	-2.8706	2.0570	0.2209
4.009288D+09	0.3226	4.2447	3.7834	-2.1065	-2.5644	-2.8687	2.0660	0.2205
4.084159D+09	0.3262	4.2397	3.7831	-2.1071	-2.5635	-2.8671	2.0750	0.2201
4.153746D+09	0.3298	4.2350	3.7828	-2.1082	-2.5633	-2.8663	2.0840	0.2197
4.214051D+09	0.3335	4.2307	3.7826	-2.1101	-2.5643	-2.8669	2.0930	0.2192
4.268660D+09	0.3373	4.2267	3.7826	-2.1130	-2.5665	-2.8690	2.1030	0.2186
4.318680D+09	0.3414	4.2227	3.7826	-2.1168	-2.5698	-2.8721	2.1140	0.2179
4.363091D+09	0.3462	4.2188	3.7828	-2.1224	-2.5753	-2.8778	2.1280	0.2170
4.400210D+09	0.3513	4.2151	3.7832	-2.1294	-2.5826	-2.8855	2.1420	0.2160
4.430742D+09	0.3561	4.2116	3.7835	-2.1366	-2.5903	-2.8937	2.1560	0.2150
4.455565D+09	0.3596	4.2090	3.7837	-2.1416	-2.5957	-2.8994	2.1670	0.2143
4.505212D+09	0.3650	4.2043	3.7839	-2.1475	-2.6014	-2.9053	2.1820	0.2133
4.604505D+09	0.3736	4.1951	3.7838	-2.1539	-2.6063	-2.9097	2.2070	0.2120
4.803092D+09	0.3893	4.1767	3.7831	-2.1618	-2.6104	-2.9122	2.2520	0.2100
5.200265D+09	0.4212	4.1356	3.7808	-2.1705	-2.6097	-2.9073	2.3510	0.2064
5.513082D+09	0.4479	4.0974	3.7779	-2.1674	-2.5963	-2.8890	2.4410	0.2043
5.825899D+09	0.4769	4.0506	3.7735	-2.1499	-2.5656	-2.8519	2.5460	0.2033
6.047487D+09	0.4973	4.0111	3.7687	-2.1184	-2.5216	-2.8019	2.6270	0.2044
6.234333D+09	0.5131	3.9706	3.7625	-2.0670	-2.4572	-2.7315	2.6950	0.2081
6.376377D+09	0.5211	3.9344	3.7554	-1.9976	-2.3761	-2.6454	2.7340	0.2149
6.485940D+09	0.5202	3.9019	3.7471	-1.9078	-2.2766	-2.5422	2.7350	0.2257
6.569802D+09	0.5096	3.8743	3.7375	-1.8017	-2.1640	-2.4276	2.6940	0.2410



Tabla A.4 (Continuación)

log m = 0.0492								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
6.636644D+09	0.4907	3.8511	3.7270	-1.6844	-2.0436	-2.3068	2.6170	0.2607
6.686579D+09	0.4728	3.8321	3.7178	-1.5850	-1.9441	-2.2080	2.5410	0.2794
6.725706D+09	0.4602	3.8140	3.7101	-1.5076	-1.8687	-2.1340	2.4880	0.2950
6.758672D+09	0.4535	3.7956	3.7038	-1.4463	-1.8097	-2.0766	2.4570	0.3080
6.787432D+09	0.4519	3.7771	3.6988	-1.3982	-1.7640	-2.0320	2.4440	0.3188
6.812806D+09	0.4551	3.7586	3.6950	-1.3614	-1.7297	-1.9992	2.4490	0.3272
6.835075D+09	0.4611	3.7403	3.6919	-1.3336	-1.7039	-1.9745	2.4680	0.3335
6.856572D+09	0.4700	3.7212	3.6894	-1.3110	-1.6835	-1.9552	2.4970	0.3388
6.875441D+09	0.4796	3.7036	3.6874	-1.2939	-1.6679	-1.9405	2.5300	0.3430
6.893435D+09	0.4906	3.6863	3.6858	-1.2794	-1.6549	-1.9281	2.5700	0.3464
6.909408D+09	0.5013	3.6706	3.6846	-1.2680	-1.6448	-1.9188	2.6090	0.3492
6.925381D+09	0.5138	3.6539	3.6835	-1.2591	-1.6371	-1.9117	2.6570	0.3514
6.939761D+09	0.5253	3.6387	3.6826	-1.2511	-1.6300	-1.9051	2.7030	0.3533
6.953444D+09	0.5370	3.6238	3.6818	-1.2447	-1.6245	-1.9000	2.7520	0.3549
6.965966D+09	0.5480	3.6099	3.6811	-1.2392	-1.6199	-1.8959	2.7990	0.3563
6.977983D+09	0.5592	3.5964	3.6805	-1.2346	-1.6160	-1.8924	2.8480	0.3575
6.989705D+09	0.5708	3.5825	3.6799	-1.2311	-1.6132	-1.8899	2.9000	0.3584
7.000464D+09	0.5814	3.5700	3.6794	-1.2273	-1.6099	-1.8870	2.9490	0.3593
7.011223D+09	0.5927	3.5571	3.6790	-1.2244	-1.6076	-1.8851	3.0020	0.3601
7.021790D+09	0.6043	3.5439	3.6786	-1.2220	-1.6057	-1.8835	3.0580	0.3607
7.031890D+09	0.6155	3.5314	3.6783	-1.2194	-1.6037	-1.8818	3.1130	0.3613
7.040981D+09	0.6259	3.5200	3.6780	-1.2175	-1.6022	-1.8805	3.1640	0.3618
7.049590D+09	0.6358	3.5090	3.6778	-1.2156	-1.6007	-1.8793	3.2160	0.3623
7.057920D+09	0.6458	3.4980	3.6775	-1.2144	-1.5999	-1.8787	3.2680	0.3627
7.066030D+09	0.6557	3.4869	3.6772	-1.2133	-1.5991	-1.8783	3.3220	0.3630
7.074011D+09	0.6656	3.4761	3.6770	-1.2121	-1.5982	-1.8776	3.3770	0.3633
7.081194D+09	0.6747	3.4661	3.6768	-1.2110	-1.5975	-1.8771	3.4280	0.3636
7.088377D+09	0.6839	3.4557	3.6765	-1.2098	-1.5965	-1.8762	3.4820	0.3639
7.095367D+09	0.6931	3.4456	3.6762	-1.2088	-1.5958	-1.8756	3.5360	0.3641
7.101962D+09	0.7023	3.4358	3.6761	-1.2085	-1.5959	-1.8761	3.5900	0.3643
7.108557D+09	0.7114	3.4261	3.6760	-1.2077	-1.5955	-1.8759	3.6450	0.3645
7.114963D+09	0.7203	3.4161	3.6757	-1.2069	-1.5948	-1.8754	3.7010	0.3647
7.120865D+09	0.7289	3.4069	3.6755	-1.2062	-1.5944	-1.8751	3.7540	0.3649
7.126767D+09	0.7375	3.3975	3.6753	-1.2061	-1.5945	-1.8754	3.8100	0.3649
7.132641D+09	0.7464	3.3881	3.6752	-1.2057	-1.5944	-1.8754	3.8680	0.3650
7.138463D+09	0.7551	3.3782	3.6749	-1.2062	-1.5951	-1.8763	3.9280	0.3652
7.143894D+09	0.7635	3.3687	3.6746	-1.2060	-1.5950	-1.8763	3.9860	0.3653
7.149150D+09	0.7718	3.3603	3.6746	-1.2052	-1.5946	-1.8763	4.0410	0.3653
7.154252D+09	0.7801	3.3514	3.6745	-1.2052	-1.5949	-1.8767	4.0990	0.3653
7.158982D+09	0.7880	3.3432	3.6744	-1.2052	-1.5951	-1.8771	4.1540	0.3654

Tabla A.4 (Continuación)

log m = 0.0492  
X = 0.700 Z = 0.02

Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
7.163713D+09	0.7957	3.3345	3.6741	-1.2050	-1.5950	-1.8771	4.2120	0.3654
7.168251D+09	0.8033	3.3262	3.6739	-1.2051	-1.5952	-1.8774	4.2680	0.3655
7.172789D+09	0.8113	3.3177	3.6738	-1.2054	-1.5958	-1.8783	4.3270	0.3655
7.177205D+09	0.8189	3.3096	3.6737	-1.2051	-1.5957	-1.8784	4.3860	0.3655
7.181441D+09	0.8266	3.3015	3.6736	-1.2055	-1.5964	-1.8793	4.4440	0.3654
7.185577D+09	0.8341	3.2934	3.6734	-1.2057	-1.5968	-1.8799	4.5030	0.3654
7.189623D+09	0.8415	3.2854	3.6733	-1.2059	-1.5971	-1.8804	4.5620	0.3654
7.193584D+09	0.8489	3.2775	3.6732	-1.2056	-1.5969	-1.8801	4.6220	0.3654
7.197544D+09	0.8562	3.2689	3.6728	-1.2056	-1.5968	-1.8800	4.6860	0.3654
7.201484D+09	0.8636	3.2606	3.6726	-1.2060	-1.5973	-1.8806	4.7500	0.3653
7.205424D+09	0.8715	3.2522	3.6725	-1.2063	-1.5979	-1.8814	4.8160	0.3653
7.209256D+09	0.8790	3.2441	3.6724	-1.2070	-1.5990	-1.8828	4.8810	0.3652
7.213088D+09	0.8869	3.2356	3.6722	-1.2074	-1.5995	-1.8836	4.9500	0.3652
7.216827D+09	0.8945	3.2274	3.6720	-1.2078	-1.6001	-1.8843	5.0180	0.3651
7.220193D+09	0.9018	3.2194	3.6719	-1.2082	-1.6006	-1.8849	5.0830	0.3650
7.223359D+09	0.9085	3.2118	3.6716	-1.2082	-1.6007	-1.8851	5.1460	0.3650
7.226524D+09	0.9153	3.2044	3.6715	-1.2087	-1.6013	-1.8859	5.2100	0.3649
7.229641D+09	0.9219	3.1971	3.6713	-1.2090	-1.6018	-1.8865	5.2740	0.3649
7.232617D+09	0.9286	3.1898	3.6712	-1.2094	-1.6024	-1.8872	5.3380	0.3648
7.235522D+09	0.9351	3.1827	3.6710	-1.2097	-1.6028	-1.8878	5.4010	0.3647
7.238361D+09	0.9415	3.1756	3.6709	-1.2101	-1.6034	-1.8886	5.4660	0.3646
7.241158D+09	0.9480	3.1685	3.6707	-1.2105	-1.6039	-1.8892	5.5310	0.3645
7.243907D+09	0.9544	3.1615	3.6705	-1.2111	-1.6046	-1.8900	5.5960	0.3645
7.246627D+09	0.9609	3.1543	3.6704	-1.2118	-1.6054	-1.8910	5.6630	0.3644
7.249310D+09	0.9672	3.1474	3.6702	-1.2122	-1.6060	-1.8917	5.7300	0.3643
7.251962D+09	0.9736	3.1404	3.6701	-1.2126	-1.6065	-1.8923	5.7980	0.3642
7.254393D+09	0.9795	3.1338	3.6699	-1.2131	-1.6071	-1.8930	5.8620	0.3641
7.256825D+09	0.9856	3.1268	3.6697	-1.2135	-1.6075	-1.8935	5.9300	0.3640
7.259188D+09	0.9916	3.1201	3.6695	-1.2139	-1.6080	-1.8941	5.9960	0.3639
7.261442D+09	0.9975	3.1135	3.6693	-1.2144	-1.6086	-1.8948	6.0620	0.3638
7.263695D+09	1.0032	3.1072	3.6692	-1.2150	-1.6093	-1.8956	6.1280	0.3637
7.265949D+09	1.0091	3.1005	3.6690	-1.2155	-1.6099	-1.8963	6.1960	0.3636
7.268202D+09	1.0150	3.0940	3.6688	-1.2159	-1.6105	-1.8970	6.2650	0.3635
7.270456D+09	1.0210	3.0872	3.6686	-1.2164	-1.6111	-1.8978	6.3370	0.3634
7.272590D+09	1.0269	3.0804	3.6684	-1.2172	-1.6120	-1.8988	6.4080	0.3634
7.274652D+09	1.0328	3.0736	3.6682	-1.2186	-1.6133	-1.9000	6.4800	0.3632
7.276679D+09	1.0385	3.0676	3.6681	-1.2186	-1.6136	-1.9006	6.5470	0.3631
7.278664D+09	1.0441	3.0614	3.6680	-1.2192	-1.6143	-1.9014	6.6160	0.3630
7.280623D+09	1.0496	3.0558	3.6679	-1.2190	-1.6144	-1.9018	6.6820	0.3629
7.282552D+09	1.0553	3.0492	3.6677	-1.2195	-1.6149	-1.9024	6.7560	0.3628



Tabla A.4 (Continuación)

log m = 0.0492								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>eff</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
7.284464D+09	1.0609	3.0429	3.6675	-1.2200	-1.6155	-1.9030	6.8280	0.3626
7.286350D+09	1.0666	3.0364	3.6673	-1.2207	-1.6162	-1.9039	6.9020	0.3625
7.288216D+09	1.0721	3.0303	3.6672	-1.2213	-1.6169	-1.9047	6.9750	0.3624
7.289980D+09	1.0776	3.0240	3.6670	-1.2217	-1.6175	-1.9054	7.0470	0.3623
7.291744D+09	1.0830	3.0180	3.6668	-1.2224	-1.6183	-1.9062	7.1190	0.3622
7.293464D+09	1.0884	3.0121	3.6667	-1.2230	-1.6190	-1.9071	7.1920	0.3621
7.295132D+09	1.0937	3.0061	3.6665	-1.2234	-1.6195	-1.9077	7.2650	0.3620
7.296770D+09	1.0990	3.0000	3.6663	-1.2241	-1.6203	-1.9086	7.3380	0.3619
7.298408D+09	1.1042	2.9942	3.6662	-1.2246	-1.6209	-1.9093	7.4110	0.3618
7.300045D+09	1.1094	2.9883	3.6660	-1.2252	-1.6215	-1.9101	7.4870	0.3616
7.301570D+09	1.1146	2.9825	3.6658	-1.2256	-1.6221	-1.9108	7.5600	0.3615
7.303095D+09	1.1196	2.9768	3.6657	-1.2261	-1.6227	-1.9115	7.6340	0.3614
7.304620D+09	1.1245	2.9713	3.6655	-1.2267	-1.6234	-1.9123	7.7070	0.3613
7.306067D+09	1.1296	2.9654	3.6653	-1.2273	-1.6240	-1.9131	7.7820	0.3612
7.307513D+09	1.1344	2.9601	3.6652	-1.2278	-1.6247	-1.9138	7.8550	0.3611
7.308959D+09	1.1393	2.9545	3.6650	-1.2281	-1.6251	-1.9144	7.9300	0.3610
7.310374D+09	1.1444	2.9486	3.6648	-1.2290	-1.6260	-1.9153	8.0080	0.3608
7.311789D+09	1.1493	2.9431	3.6647	-1.2296	-1.6267	-1.9161	8.0850	0.3607
7.313153D+09	1.1543	2.9373	3.6645	-1.2302	-1.6274	-1.9168	8.1630	0.3606
7.314481D+09	1.1591	2.9318	3.6643	-1.2307	-1.6280	-1.9176	8.2400	0.3605
7.315809D+09	1.1639	2.9264	3.6642	-1.2313	-1.6287	-1.9184	8.3170	0.3603
7.317132D+09	1.1687	2.9212	3.6640	-1.2317	-1.6293	-1.9192	8.3920	0.3603
7.318455D+09	1.1736	2.9156	3.6639	-1.2325	-1.6301	-1.9201	8.4730	0.3601
7.319756D+09	1.1783	2.9103	3.6637	-1.2331	-1.6308	-1.9209	8.5510	0.3600
7.321016D+09	1.1832	2.9047	3.6636	-1.2335	-1.6314	-1.9216	8.6320	0.3599
7.322253D+09	1.1880	2.8993	3.6634	-1.2341	-1.6320	-1.9224	8.7120	0.3597
7.323469D+09	1.1927	2.8940	3.6632	-1.2347	-1.6327	-1.9232	8.7920	0.3596
7.324611D+09	1.1973	2.8887	3.6631	-1.2352	-1.6333	-1.9239	8.8700	0.3595
7.325754D+09	1.2018	2.8835	3.6629	-1.2357	-1.6339	-1.9246	8.9480	0.3594
7.326897D+09	1.2063	2.8783	3.6627	-1.2364	-1.6346	-1.9254	9.0280	0.3592
7.328039D+09	1.2108	2.8731	3.6625	-1.2370	-1.6353	-1.9262	9.1100	0.3591
7.329151D+09	1.2154	2.8678	3.6624	-1.2377	-1.6361	-1.9270	9.1920	0.3590
7.330262D+09	1.2200	2.8625	3.6622	-1.2382	-1.6367	-1.9278	9.2750	0.3589
7.331373D+09	1.2244	2.8574	3.6620	-1.2389	-1.6375	-1.9286	9.3570	0.3588
7.332438D+09	1.2290	2.8520	3.6618	-1.2395	-1.6382	-1.9294	9.4420	0.3586
7.333503D+09	1.2333	2.8471	3.6617	-1.2400	-1.6388	-1.9301	9.5230	0.3585
7.334540D+09	1.2380	2.8418	3.6615	-1.2407	-1.6396	-1.9310	9.6080	0.3584
7.335546D+09	1.2423	2.8368	3.6614	-1.2413	-1.6402	-1.9317	9.6900	0.3583
7.336552D+09	1.2466	2.8320	3.6612	-1.2419	-1.6409	-1.9325	9.7720	0.3582
7.337558D+09	1.2509	2.8270	3.6611	-1.2425	-1.6416	-1.9333	9.8560	0.3580

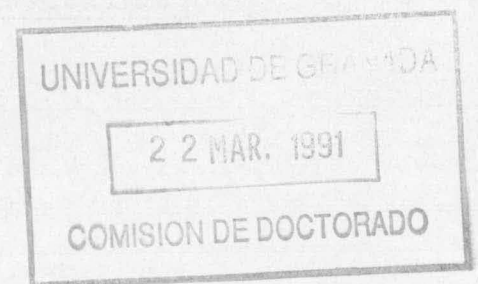


Tabla A.5								
log m = 0.0969								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
0.000000D+00	0.3713	4.3540	3.8110	-2.1768	-2.7395	-3.1102	1.8900	0.2243
1.000000D+08	0.3768	4.3490	3.8111	-2.1839	-2.7465	-3.1176	1.9020	0.2233
3.000000D+08	0.3874	4.3395	3.8114	-2.1970	-2.7590	-3.1306	1.9230	0.2214
5.000000D+08	0.3983	4.3295	3.8116	-2.2100	-2.7713	-3.1433	1.9460	0.2195
7.862388D+08	0.4138	4.3145	3.8117	-2.2270	-2.7863	-3.1581	1.9790	0.2169
1.039335D+09	0.4278	4.3000	3.8116	-2.2416	-2.7989	-3.1705	2.0090	0.2146
1.271666D+09	0.4404	4.2858	3.8112	-2.2534	-2.8079	-3.1784	2.0380	0.2127
1.484717D+09	0.4518	4.2720	3.8106	-2.2626	-2.8137	-3.1827	2.0640	0.2110
1.680127D+09	0.4622	4.2585	3.8098	-2.2700	-2.8175	-3.1846	2.0880	0.2095
1.856545D+09	0.4715	4.2456	3.8089	-2.2751	-2.8187	-3.1836	2.1100	0.2083
2.018336D+09	0.4795	4.2331	3.8078	-2.2778	-2.8169	-3.1790	2.1300	0.2073
2.166834D+09	0.4867	4.2210	3.8066	-2.2786	-2.8128	-3.1719	2.1480	0.2066
2.301846D+09	0.4932	4.2094	3.8053	-2.2782	-2.8075	-3.1634	2.1640	0.2059
2.424570D+09	0.4989	4.1985	3.8040	-2.2769	-2.8017	-3.1547	2.1780	0.2055
2.537258D+09	0.5036	4.1881	3.8026	-2.2731	-2.7927	-3.1422	2.1900	0.2052
2.639670D+09	0.5075	4.1785	3.8012	-2.2679	-2.7821	-3.1279	2.2000	0.2052
2.732693D+09	0.5110	4.1692	3.7997	-2.2626	-2.7718	-3.1143	2.2090	0.2052
2.818137D+09	0.5140	4.1605	3.7983	-2.2562	-2.7602	-3.0992	2.2170	0.2054
2.894552D+09	0.5163	4.1526	3.7969	-2.2488	-2.7478	-3.0834	2.2230	0.2056
2.964691D+09	0.5187	4.1450	3.7956	-2.2425	-2.7371	-3.0699	2.2290	0.2058
3.027141D+09	0.5208	4.1382	3.7944	-2.2359	-2.7263	-3.0562	2.2340	0.2060
3.082596D+09	0.5228	4.1321	3.7934	-2.2306	-2.7175	-3.0451	2.2390	0.2062
3.133264D+09	0.5250	4.1265	3.7925	-2.2265	-2.7105	-3.0363	2.2440	0.2063
3.177955D+09	0.5273	4.1214	3.7918	-2.2231	-2.7042	-3.0282	2.2510	0.2063
3.217206D+09	0.5303	4.1169	3.7915	-2.2229	-2.7026	-3.0257	2.2600	0.2061
3.249651D+09	0.5341	4.1130	3.7914	-2.2263	-2.7055	-3.0286	2.2710	0.2055
3.277137D+09	0.5386	4.1096	3.7917	-2.2325	-2.7121	-3.0357	2.2850	0.2046
3.297210D+09	0.5437	4.1067	3.7923	-2.2429	-2.7246	-3.0499	2.3020	0.2035
3.313594D+09	0.5494	4.1043	3.7931	-2.2547	-2.7388	-3.0660	2.3210	0.2021
3.325647D+09	0.5552	4.1024	3.7941	-2.2670	-2.7536	-3.0830	2.3400	0.2007
3.335714D+09	0.5616	4.1007	3.7952	-2.2820	-2.7724	-3.1047	2.3610	0.1992
3.343226D+09	0.5684	4.0988	3.7964	-2.2978	-2.7921	-3.1276	2.3830	0.1975
3.349153D+09	0.5752	4.0969	3.7977	-2.3132	-2.8113	-3.1499	2.4060	0.1959
3.353911D+09	0.5821	4.0949	3.7989	-2.3286	-2.8304	-3.1722	2.4300	0.1943
3.357967D+09	0.5888	4.0927	3.8000	-2.3431	-2.8485	-3.1932	2.4530	0.1928
3.361284D+09	0.5951	4.0902	3.8010	-2.3561	-2.8643	-3.2117	2.4760	0.1914
3.364107D+09	0.6008	4.0874	3.8017	-2.3672	-2.8779	-3.2275	2.4960	0.1902
3.366501D+09	0.6051	4.0847	3.8021	-2.3739	-2.8857	-3.2363	2.5130	0.1894
3.368787D+09	0.6078	4.0823	3.8022	-2.3771	-2.8890	-3.2400	2.5240	0.1889
3.371073D+09	0.6097	4.0803	3.8021	-2.3787	-2.8903	-3.2413	2.5320	0.1887



Tabla A.5 (Continuación)

log m = 0.0969								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
3.373359D+09	0.6109	4.0788	3.8021	-2.3794	-2.8907	-3.2414	2.5360	0.1885
3.375645D+09	0.6117	4.0776	3.8020	-2.3797	-2.8907	-3.2413	2.5390	0.1884
3.380217D+09	0.6128	4.0758	3.8018	-2.3796	-2.8900	-3.2402	2.5440	0.1883
3.389361D+09	0.6144	4.0731	3.8015	-2.3797	-2.8891	-3.2386	2.5500	0.1882
3.407649D+09	0.6169	4.0687	3.8011	-2.3787	-2.8865	-3.2349	2.5600	0.1880
3.444225D+09	0.6212	4.0611	3.8002	-2.3775	-2.8824	-3.2288	2.5760	0.1877
3.517378D+09	0.6290	4.0465	3.7985	-2.3736	-2.8727	-3.2152	2.6070	0.1872
3.663682D+09	0.6443	4.0172	3.7950	-2.3624	-2.8490	-3.1832	2.6690	0.1865
3.845949D+09	0.6649	3.9754	3.7897	-2.3405	-2.8096	-3.1321	2.7610	0.1860
3.991640D+09	0.6818	3.9343	3.7837	-2.3015	-2.7501	-3.0594	2.8450	0.1871
4.116056D+09	0.6935	3.8908	3.7757	-2.2351	-2.6600	-2.9547	2.9160	0.1912
4.207565D+09	0.6953	3.8520	3.7665	-2.1392	-2.5406	-2.8220	2.9470	0.1991
4.279247D+09	0.6831	3.8176	3.7548	-1.9980	-2.3776	-2.6482	2.9150	0.2143
4.333142D+09	0.6545	3.7932	3.7416	-1.8288	-2.1942	-2.4590	2.8060	0.2375
4.370499D+09	0.6232	3.7791	3.7302	-1.6881	-2.0489	-2.3126	2.6790	0.2610
4.399876D+09	0.5966	3.7681	3.7208	-1.5742	-1.9349	-2.1992	2.5700	0.2823
4.424574D+09	0.5784	3.7563	3.7133	-1.4877	-1.8510	-2.1172	2.4930	0.3000
4.446115D+09	0.5673	3.7413	3.7068	-1.4212	-1.7869	-2.0545	2.4500	0.3146
4.465125D+09	0.5639	3.7254	3.7020	-1.3715	-1.7399	-2.0088	2.4330	0.3255
4.481699D+09	0.5657	3.7097	3.6985	-1.3359	-1.7069	-1.9773	2.4350	0.3336
4.497602D+09	0.5709	3.6928	3.6956	-1.3075	-1.6806	-1.9520	2.4500	0.3404
4.511554D+09	0.5780	3.6769	3.6934	-1.2867	-1.6616	-1.9340	2.4730	0.3454
4.524903D+09	0.5869	3.6611	3.6916	-1.2696	-1.6464	-1.9198	2.5030	0.3494
4.537135D+09	0.5964	3.6458	3.6902	-1.2564	-1.6346	-1.9088	2.5370	0.3525
4.548663D+09	0.6060	3.6313	3.6890	-1.2444	-1.6237	-1.8984	2.5740	0.3553
4.559883D+09	0.6169	3.6165	3.6880	-1.2356	-1.6161	-1.8915	2.6150	0.3574
4.570211D+09	0.6275	3.6027	3.6872	-1.2288	-1.6104	-1.8863	2.6560	0.3592
4.580189D+09	0.6379	3.5887	3.6863	-1.2223	-1.6046	-1.8808	2.6990	0.3607
4.589998D+09	0.6488	3.5753	3.6857	-1.2168	-1.6000	-1.8767	2.7440	0.3621
4.598938D+09	0.6586	3.5626	3.6850	-1.2118	-1.5956	-1.8725	2.7880	0.3633
4.607525D+09	0.6691	3.5500	3.6844	-1.2088	-1.5933	-1.8708	2.8340	0.3642
4.615906D+09	0.6793	3.5379	3.6839	-1.2050	-1.5902	-1.8680	2.8800	0.3651
4.624169D+09	0.6897	3.5255	3.6835	-1.2019	-1.5876	-1.8657	2.9280	0.3659
4.631598D+09	0.6994	3.5143	3.6831	-1.1993	-1.5855	-1.8639	2.9730	0.3665
4.638638D+09	0.7087	3.5034	3.6827	-1.1971	-1.5837	-1.8624	3.0180	0.3671
4.645460D+09	0.7179	3.4928	3.6823	-1.1951	-1.5822	-1.8610	3.0630	0.3676
4.652132D+09	0.7271	3.4821	3.6819	-1.1933	-1.5806	-1.8597	3.1090	0.3681
4.658725D+09	0.7364	3.4713	3.6816	-1.1921	-1.5798	-1.8590	3.1580	0.3684
4.664856D+09	0.7455	3.4610	3.6813	-1.1912	-1.5792	-1.8586	3.2050	0.3688
4.670778D+09	0.7540	3.4511	3.6809	-1.1897	-1.5780	-1.8575	3.2510	0.3692

Tabla A.5 (Continuación)

log m = 0.0969								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
4.676568D+09	0.7626	3.4412	3.6806	-1.1887	-1.5773	-1.8569	3.2980	0.3695
4.682251D+09	0.7714	3.4315	3.6804	-1.1880	-1.5770	-1.8570	3.3460	0.3697
4.687526D+09	0.7798	3.4227	3.6803	-1.1871	-1.5765	-1.8569	3.3910	0.3699
4.692585D+09	0.7878	3.4136	3.6800	-1.1864	-1.5760	-1.8565	3.4370	0.3701
4.697645D+09	0.7959	3.4045	3.6797	-1.1858	-1.5756	-1.8562	3.4850	0.3703
4.702410D+09	0.8037	3.3959	3.6796	-1.1850	-1.5750	-1.8558	3.5300	0.3704
4.707143D+09	0.8118	3.3877	3.6795	-1.1837	-1.5742	-1.8554	3.5760	0.3706
4.711822D+09	0.8199	3.3788	3.6793	-1.1835	-1.5742	-1.8556	3.6250	0.3707
4.716449D+09	0.8281	3.3698	3.6791	-1.1833	-1.5742	-1.8557	3.6740	0.3708
4.720716D+09	0.8355	3.3617	3.6790	-1.1827	-1.5739	-1.8555	3.7200	0.3710
4.724982D+09	0.8433	3.3532	3.6788	-1.1827	-1.5741	-1.8559	3.7700	0.3710
4.729142D+09	0.8509	3.3448	3.6786	-1.1825	-1.5741	-1.8561	3.8190	0.3711
4.733111D+09	0.8582	3.3367	3.6784	-1.1823	-1.5741	-1.8562	3.8680	0.3712
4.736989D+09	0.8654	3.3288	3.6782	-1.1821	-1.5741	-1.8564	3.9160	0.3712
4.740766D+09	0.8727	3.3209	3.6780	-1.1820	-1.5742	-1.8567	3.9640	0.3713
4.744494D+09	0.8799	3.3130	3.6779	-1.1819	-1.5743	-1.8569	4.0140	0.3713
4.748167D+09	0.8871	3.3051	3.6777	-1.1818	-1.5744	-1.8572	4.0640	0.3714
4.751798D+09	0.8944	3.2971	3.6775	-1.1819	-1.5746	-1.8575	4.1160	0.3714
4.755380D+09	0.9016	3.2892	3.6773	-1.1817	-1.5746	-1.8577	4.1680	0.3714
4.758916D+09	0.9089	3.2812	3.6772	-1.1818	-1.5749	-1.8582	4.2220	0.3714
4.762178D+09	0.9159	3.2736	3.6770	-1.1818	-1.5751	-1.8585	4.2720	0.3714
4.765439D+09	0.9227	3.2661	3.6768	-1.1820	-1.5754	-1.8589	4.3240	0.3714
4.768701D+09	0.9296	3.2583	3.6766	-1.1822	-1.5758	-1.8594	4.3780	0.3714
4.771627D+09	0.9361	3.2511	3.6765	-1.1823	-1.5760	-1.8597	4.4280	0.3714
4.774507D+09	0.9426	3.2438	3.6763	-1.1825	-1.5763	-1.8601	4.4790	0.3714
4.777387D+09	0.9492	3.2365	3.6761	-1.1828	-1.5768	-1.8608	4.5310	0.3713
4.780147D+09	0.9555	3.2295	3.6759	-1.1829	-1.5770	-1.8611	4.5820	0.3713
4.782891D+09	0.9617	3.2225	3.6757	-1.1833	-1.5775	-1.8616	4.6340	0.3712
4.785489D+09	0.9679	3.2156	3.6755	-1.1834	-1.5777	-1.8620	4.6850	0.3712
4.788087D+09	0.9742	3.2086	3.6754	-1.1836	-1.5781	-1.8625	4.7370	0.3712
4.790613D+09	0.9802	3.2020	3.6752	-1.1839	-1.5785	-1.8631	4.7890	0.3711
4.793140D+09	0.9861	3.1953	3.6750	-1.1840	-1.5787	-1.8633	4.8410	0.3711
4.795666D+09	0.9925	3.1882	3.6748	-1.1844	-1.5792	-1.8640	4.8970	0.3710
4.798138D+09	0.9986	3.1814	3.6747	-1.1847	-1.5796	-1.8645	4.9510	0.3710
4.800516D+09	1.0049	3.1745	3.6745	-1.1849	-1.5800	-1.8650	5.0060	0.3709
4.802738D+09	1.0107	3.1680	3.6743	-1.1851	-1.5803	-1.8655	5.0580	0.3709
4.804961D+09	1.0163	3.1615	3.6741	-1.1854	-1.5806	-1.8659	5.1120	0.3709
4.807183D+09	1.0222	3.1549	3.6739	-1.1859	-1.5812	-1.8665	5.1670	0.3708
4.809293D+09	1.0280	3.1486	3.6738	-1.1863	-1.5818	-1.8673	5.2200	0.3707
4.811402D+09	1.0337	3.1424	3.6737	-1.1868	-1.5825	-1.8681	5.2740	0.3706



Tabla A.5 (Continuación)

log m = 0.0969								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>eff</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
4.813452D+09	1.0393	3.1361	3.6735	-1.1872	-1.5830	-1.8687	5.3280	0.3705
4.815501D+09	1.0450	3.1298	3.6733	-1.1876	-1.5835	-1.8693	5.3840	0.3705
4.817511D+09	1.0506	3.1234	3.6732	-1.1881	-1.5841	-1.8700	5.4400	0.3704
4.819457D+09	1.0562	3.1171	3.6730	-1.1884	-1.5845	-1.8706	5.4950	0.3703
4.821403D+09	1.0618	3.1108	3.6728	-1.1890	-1.5851	-1.8712	5.5520	0.3702
4.823256D+09	1.0670	3.1048	3.6726	-1.1893	-1.5856	-1.8718	5.6070	0.3702
4.825099D+09	1.0726	3.0987	3.6725	-1.1895	-1.5859	-1.8723	5.6630	0.3701
4.826922D+09	1.0780	3.0927	3.6723	-1.1900	-1.5865	-1.8730	5.7200	0.3700
4.828722D+09	1.0835	3.0866	3.6722	-1.1904	-1.5871	-1.8737	5.7780	0.3699
4.830511D+09	1.0889	3.0804	3.6720	-1.1908	-1.5875	-1.8742	5.8360	0.3698
4.832276D+09	1.0944	3.0744	3.6718	-1.1912	-1.5880	-1.8748	5.8950	0.3697
4.833931D+09	1.0996	3.0685	3.6717	-1.1916	-1.5885	-1.8754	5.9520	0.3696
4.835587D+09	1.1047	3.0628	3.6715	-1.1919	-1.5889	-1.8759	6.0080	0.3695
4.837242D+09	1.1100	3.0569	3.6714	-1.1922	-1.5893	-1.8765	6.0680	0.3695
4.838822D+09	1.1153	3.0509	3.6712	-1.1928	-1.5900	-1.8772	6.1270	0.3694
4.840403D+09	1.1203	3.0451	3.6710	-1.1933	-1.5905	-1.8779	6.1860	0.3693
4.841983D+09	1.1255	3.0392	3.6708	-1.1939	-1.5912	-1.8786	6.2470	0.3692
4.843561D+09	1.1307	3.0332	3.6706	-1.1944	-1.5919	-1.8794	6.3090	0.3691
4.845119D+09	1.1359	3.0272	3.6704	-1.1949	-1.5924	-1.8800	6.3710	0.3690
4.846586D+09	1.1412	3.0212	3.6703	-1.1953	-1.5929	-1.8806	6.4330	0.3689
4.848052D+09	1.1461	3.0156	3.6701	-1.1957	-1.5934	-1.8812	6.4940	0.3688
4.849481D+09	1.1512	3.0098	3.6699	-1.1962	-1.5940	-1.8819	6.5560	0.3687
4.850910D+09	1.1563	3.0044	3.6698	-1.1964	-1.5945	-1.8826	6.6160	0.3687
4.852309D+09	1.1612	2.9987	3.6696	-1.1972	-1.5953	-1.8834	6.6790	0.3685
4.853665D+09	1.1661	2.9932	3.6695	-1.1976	-1.5957	-1.8840	6.7400	0.3684
4.854985D+09	1.1709	2.9877	3.6693	-1.1980	-1.5962	-1.8846	6.8010	0.3683
4.856288D+09	1.1757	2.9823	3.6691	-1.1985	-1.5968	-1.8853	6.8630	0.3682
4.857572D+09	1.1804	2.9768	3.6690	-1.1991	-1.5974	-1.8860	6.9250	0.3681
4.858841D+09	1.1851	2.9714	3.6688	-1.1996	-1.5980	-1.8867	6.9880	0.3680
4.860098D+09	1.1898	2.9661	3.6686	-1.2001	-1.5986	-1.8874	7.0500	0.3679
4.861338D+09	1.1946	2.9606	3.6685	-1.2007	-1.5992	-1.8881	7.1150	0.3678
4.862572D+09	1.1994	2.9552	3.6683	-1.2012	-1.5999	-1.8888	7.1790	0.3677
4.863791D+09	1.2042	2.9496	3.6681	-1.2016	-1.6003	-1.8893	7.2460	0.3676
4.864933D+09	1.2088	2.9444	3.6679	-1.2021	-1.6008	-1.8899	7.3090	0.3675
4.866074D+09	1.2134	2.9391	3.6678	-1.2026	-1.6014	-1.8906	7.3720	0.3674
4.867186D+09	1.2178	2.9343	3.6677	-1.2029	-1.6020	-1.8914	7.4330	0.3673
4.868298D+09	1.2224	2.9290	3.6675	-1.2036	-1.6027	-1.8922	7.4980	0.3672
4.869388D+09	1.2269	2.9238	3.6673	-1.2041	-1.6033	-1.8928	7.5630	0.3671
4.870478D+09	1.2312	2.9189	3.6672	-1.2046	-1.6039	-1.8935	7.6270	0.3670
4.871548D+09	1.2357	2.9138	3.6670	-1.2051	-1.6045	-1.8942	7.6930	0.3669

Tabla A.6								
log m = 0.1492								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
0.000000D+00	0.6013	4.3124	3.8450	-2.3455	-2.9880	-3.4330	2.0200	0.2087
1.000000D+08	0.6083	4.3049	3.8449	-2.3532	-2.9945	-3.4392	2.0350	0.2076
3.000000D+08	0.6220	4.2896	3.8445	-2.3675	-3.0059	-3.4498	2.0650	0.2055
5.000000D+08	0.6359	4.2728	3.8438	-2.3823	-3.0180	-3.4609	2.0960	0.2033
6.917691D+08	0.6492	4.2552	3.8427	-2.3951	-3.0269	-3.4682	2.1280	0.2013
8.676060D+08	0.6608	4.2374	3.8411	-2.4061	-3.0339	-3.4731	2.1590	0.1995
1.028002D+09	0.6715	4.2194	3.8393	-2.4152	-3.0386	-3.4754	2.1880	0.1978
1.174313D+09	0.6812	4.2019	3.8374	-2.4224	-3.0412	-3.4753	2.2160	0.1964
1.308450D+09	0.6899	4.1845	3.8352	-2.4277	-3.0414	-3.4721	2.2420	0.1951
1.431559D+09	0.6976	4.1675	3.8328	-2.4312	-3.0396	-3.4668	2.2670	0.1941
1.544182D+09	0.7040	4.1512	3.8304	-2.4315	-3.0335	-3.4562	2.2880	0.1933
1.647403D+09	0.7094	4.1352	3.8277	-2.4308	-3.0265	-3.4445	2.3080	0.1927
1.742076D+09	0.7148	4.1197	3.8252	-2.4288	-3.0184	-3.4318	2.3270	0.1921
1.828608D+09	0.7189	4.1048	3.8225	-2.4247	-3.0075	-3.4158	2.3430	0.1918
1.907806D+09	0.7222	4.0905	3.8198	-2.4196	-2.9958	-3.3988	2.3570	0.1917
1.980182D+09	0.7250	4.0772	3.8171	-2.4121	-2.9809	-3.3782	2.3690	0.1917
2.046279D+09	0.7273	4.0648	3.8146	-2.4037	-2.9656	-3.3571	2.3790	0.1919
2.106580D+09	0.7288	4.0533	3.8121	-2.3939	-2.9483	-3.3338	2.3860	0.1923
2.160570D+09	0.7302	4.0427	3.8098	-2.3840	-2.9314	-3.3113	2.3930	0.1926
2.209564D+09	0.7312	4.0330	3.8076	-2.3735	-2.9141	-3.2885	2.3980	0.1931
2.253066D+09	0.7322	4.0243	3.8057	-2.3639	-2.8984	-3.2680	2.4030	0.1936
2.293064D+09	0.7335	4.0163	3.8040	-2.3553	-2.8844	-3.2497	2.4070	0.1939
2.328207D+09	0.7349	4.0093	3.8026	-2.3483	-2.8728	-3.2345	2.4130	0.1942
2.358868D+09	0.7367	4.0034	3.8016	-2.3433	-2.8642	-3.2233	2.4190	0.1943
2.386636D+09	0.7391	3.9981	3.8009	-2.3414	-2.8600	-3.2174	2.4280	0.1942
2.409920D+09	0.7424	3.9939	3.8007	-2.3434	-2.8612	-3.2182	2.4400	0.1938
2.426716D+09	0.7465	3.9909	3.8009	-2.3491	-2.8677	-3.2255	2.4530	0.1931
2.440183D+09	0.7510	3.9887	3.8015	-2.3577	-2.8782	-3.2378	2.4690	0.1921
2.450363D+09	0.7562	3.9873	3.8024	-2.3690	-2.8925	-3.2549	2.4860	0.1910
2.458044D+09	0.7618	3.9864	3.8036	-2.3821	-2.9094	-3.2752	2.5050	0.1897
2.464249D+09	0.7678	3.9859	3.8050	-2.3966	-2.9283	-3.2979	2.5250	0.1884
2.468938D+09	0.7694	3.9860	3.8054	-2.4006	-2.9336	-3.3044	2.5310	0.1880
2.472694D+09	0.7816	3.9842	3.8080	-2.4274	-2.9683	-3.3465	2.5700	0.1854
2.475306D+09	0.7910	3.9844	3.8104	-2.4500	-2.9982	-3.3832	2.6010	0.1834
2.478052D+09	0.7987	3.9861	3.8128	-2.4694	-3.0244	-3.4156	2.6250	0.1817
2.479676D+09	0.8056	3.9863	3.8146	-2.4845	-3.0442	-3.4400	2.6480	0.1803
2.481053D+09	0.8127	3.9865	3.8164	-2.4992	-3.0635	-3.4637	2.6700	0.1790
2.482110D+09	0.8193	3.9865	3.8180	-2.5126	-3.0810	-3.4852	2.6920	0.1778
2.482928D+09	0.8259	3.9861	3.8196	-2.5238	-3.0952	-3.5023	2.7130	0.1767
2.483599D+09	0.8322	3.9858	3.8211	-2.5351	-3.1099	-3.5205	2.7320	0.1756



Tabla A.6 (Continuación)

log m = 0.1492								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
2.484160D+09	0.8372	3.9854	3.8222	-2.5436	-3.1209	-3.5339	2.7490	0.1748
2.484657D+09	0.8412	3.9850	3.8231	-2.5507	-3.1297	-3.5445	2.7640	0.1741
2.485079D+09	0.8439	3.9846	3.8237	-2.5554	-3.1356	-3.5517	2.7760	0.1737
2.485442D+09	0.8455	3.9842	3.8240	-2.5579	-3.1387	-3.5554	2.7840	0.1734
2.485756D+09	0.8462	3.9838	3.8241	-2.5589	-3.1399	-3.5568	2.7900	0.1733
2.486043D+09	0.8462	3.9834	3.8240	-2.5587	-3.1394	-3.5561	2.7930	0.1733
2.486303D+09	0.8459	3.9829	3.8238	-2.5579	-3.1381	-3.5545	2.7950	0.1733
2.486824D+09	0.8455	3.9809	3.8232	-2.5556	-3.1346	-3.5498	2.7990	0.1734
2.487865D+09	0.8469	3.9746	3.8220	-2.5532	-3.1295	-3.5426	2.8120	0.1733
2.489946D+09	0.8510	3.9649	3.8205	-2.5521	-3.1250	-3.5354	2.8330	0.1730
2.494110D+09	0.8550	3.9556	3.8192	-2.5516	-3.1217	-3.5299	2.8540	0.1726
2.498274D+09	0.8571	3.9506	3.8185	-2.5521	-3.1212	-3.5286	2.8650	0.1724
2.506601D+09	0.8594	3.9437	3.8174	-2.5502	-3.1165	-3.5216	2.8810	0.1722
2.523256D+09	0.8634	3.9328	3.8156	-2.5468	-3.1088	-3.5104	2.9060	0.1719
2.556565D+09	0.8701	3.9124	3.8122	-2.5390	-3.0924	-3.4868	2.9520	0.1716
2.623184D+09	0.8811	3.8703	3.8044	-2.5086	-3.0398	-3.4158	3.0400	0.1721
2.689803D+09	0.8872	3.8262	3.7949	-2.4516	-2.9526	-3.3037	3.1140	0.1747
2.746661D+09	0.8848	3.7835	3.7836	-2.3533	-2.8156	-3.1371	3.1550	0.1810
2.800676D+09	0.8607	3.7360	3.7657	-2.1426	-2.5506	-2.8366	3.1090	0.1995
2.835081D+09	0.8161	3.7128	3.7488	-1.9081	-2.2842	-2.5536	2.9490	0.2276
2.856888D+09	0.7722	3.7073	3.7365	-1.7337	-2.0990	-2.3641	2.7770	0.2546
2.874669D+09	0.7361	3.7048	3.7268	-1.6009	-1.9647	-2.2300	2.6320	0.2785
2.889886D+09	0.7092	3.7004	3.7190	-1.4997	-1.8646	-2.1308	2.5260	0.2989
2.903469D+09	0.6928	3.6912	3.7126	-1.4259	-1.7932	-2.0610	2.4660	0.3145
2.916020D+09	0.6845	3.6798	3.7077	-1.3698	-1.7397	-2.0090	2.4330	0.3269
2.927693D+09	0.6826	3.6664	3.7038	-1.3279	-1.7005	-1.9710	2.4240	0.3365
2.938432D+09	0.6846	3.6523	3.7008	-1.2964	-1.6713	-1.9432	2.4300	0.3438
2.948145D+09	0.6896	3.6381	3.6985	-1.2726	-1.6494	-1.9222	2.4470	0.3491
2.957570D+09	0.6967	3.6243	3.6968	-1.2541	-1.6328	-1.9065	2.4700	0.3536
2.966995D+09	0.7049	3.6091	3.6951	-1.2384	-1.6186	-1.8932	2.5010	0.3574
2.975122D+09	0.7135	3.5956	3.6938	-1.2268	-1.6082	-1.8834	2.5330	0.3600
2.983250D+09	0.7228	3.5825	3.6929	-1.2172	-1.6000	-1.8759	2.5670	0.3624
2.990918D+09	0.7319	3.5695	3.6919	-1.2090	-1.5928	-1.8691	2.6040	0.3644
2.997977D+09	0.7411	3.5574	3.6912	-1.2029	-1.5876	-1.8644	2.6400	0.3659
3.004778D+09	0.7501	3.5455	3.6905	-1.1971	-1.5826	-1.8598	2.6770	0.3673
3.011454D+09	0.7592	3.5337	3.6898	-1.1921	-1.5783	-1.8558	2.7160	0.3685
3.017614D+09	0.7679	3.5226	3.6892	-1.1878	-1.5747	-1.8526	2.7530	0.3696
3.023553D+09	0.7764	3.5118	3.6886	-1.1840	-1.5714	-1.8496	2.7900	0.3706
3.029365D+09	0.7853	3.5012	3.6882	-1.1811	-1.5691	-1.8476	2.8290	0.3713
3.035115D+09	0.7939	3.4907	3.6877	-1.1780	-1.5665	-1.8454	2.8690	0.3721

Tabla A.6 (Continuación)

log m = 0.1492								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
3.040621D+09	0.8028	3.4804	3.6874	-1.1760	-1.5650	-1.8442	2.9090	0.3726
3.046018D+09	0.8111	3.4700	3.6869	-1.1735	-1.5629	-1.8422	2.9500	0.3732
3.050965D+09	0.8194	3.4603	3.6865	-1.1718	-1.5615	-1.8411	2.9890	0.3736
3.055718D+09	0.8274	3.4514	3.6863	-1.1702	-1.5604	-1.8402	3.0260	0.3741
3.060334D+09	0.8352	3.4426	3.6860	-1.1691	-1.5597	-1.8398	3.0650	0.3744
3.064870D+09	0.8430	3.4334	3.6857	-1.1677	-1.5585	-1.8387	3.1040	0.3748
3.069345D+09	0.8506	3.4241	3.6853	-1.1664	-1.5574	-1.8376	3.1450	0.3751
3.073780D+09	0.8586	3.4157	3.6852	-1.1652	-1.5567	-1.8372	3.1840	0.3754
3.077848D+09	0.8659	3.4074	3.6849	-1.1642	-1.5559	-1.8367	3.2220	0.3756
3.081916D+09	0.8734	3.3990	3.6847	-1.1630	-1.5550	-1.8360	3.2620	0.3759
3.085880D+09	0.8808	3.3907	3.6845	-1.1623	-1.5546	-1.8358	3.3020	0.3760
3.089656D+09	0.8879	3.3826	3.6842	-1.1616	-1.5542	-1.8355	3.3410	0.3762
3.093328D+09	0.8950	3.3746	3.6840	-1.1613	-1.5541	-1.8356	3.3810	0.3764
3.096934D+09	0.9020	3.3667	3.6838	-1.1606	-1.5536	-1.8352	3.4200	0.3766
3.100482D+09	0.9091	3.3588	3.6835	-1.1603	-1.5535	-1.8353	3.4610	0.3767
3.103989D+09	0.9161	3.3510	3.6833	-1.1599	-1.5534	-1.8353	3.5010	0.3768
3.107163D+09	0.9227	3.3436	3.6832	-1.1594	-1.5530	-1.8351	3.5390	0.3769
3.110337D+09	0.9291	3.3364	3.6830	-1.1591	-1.5529	-1.8351	3.5780	0.3770
3.113511D+09	0.9358	3.3291	3.6828	-1.1589	-1.5529	-1.8353	3.6180	0.3771
3.116534D+09	0.9422	3.3220	3.6826	-1.1585	-1.5527	-1.8352	3.6570	0.3772
3.119551D+09	0.9486	3.3145	3.6824	-1.1581	-1.5524	-1.8349	3.6980	0.3773
3.122545D+09	0.9551	3.3073	3.6822	-1.1579	-1.5523	-1.8350	3.7390	0.3773
3.125374D+09	0.9615	3.3003	3.6820	-1.1577	-1.5523	-1.8352	3.7780	0.3774
3.128203D+09	0.9677	3.2933	3.6818	-1.1577	-1.5525	-1.8355	3.8190	0.3774
3.130960D+09	0.9739	3.2862	3.6816	-1.1581	-1.5531	-1.8362	3.8600	0.3775
3.133637D+09	0.9799	3.2793	3.6814	-1.1576	-1.5527	-1.8359	3.9010	0.3775
3.136251D+09	0.9859	3.2725	3.6812	-1.1575	-1.5527	-1.8360	3.9420	0.3775
3.138821D+09	0.9920	3.2658	3.6810	-1.1573	-1.5526	-1.8361	3.9830	0.3776
3.141360D+09	0.9982	3.2589	3.6808	-1.1575	-1.5530	-1.8366	4.0250	0.3775
3.143861D+09	1.0041	3.2519	3.6806	-1.1580	-1.5536	-1.8371	4.0680	0.3776
3.146212D+09	1.0100	3.2453	3.6804	-1.1583	-1.5540	-1.8377	4.1090	0.3776
3.148564D+09	1.0158	3.2391	3.6803	-1.1582	-1.5541	-1.8379	4.1500	0.3776
3.150851D+09	1.0216	3.2330	3.6802	-1.1580	-1.5541	-1.8381	4.1900	0.3775
3.153138D+09	1.0273	3.2265	3.6800	-1.1582	-1.5544	-1.8385	4.2330	0.3775
3.155374D+09	1.0331	3.2200	3.6799	-1.1581	-1.5544	-1.8387	4.2760	0.3775
3.157542D+09	1.0389	3.2135	3.6797	-1.1584	-1.5548	-1.8392	4.3190	0.3775
3.159655D+09	1.0444	3.2074	3.6795	-1.1585	-1.5551	-1.8395	4.3600	0.3775
3.161734D+09	1.0500	3.2012	3.6794	-1.1587	-1.5554	-1.8400	4.4030	0.3774
3.163783D+09	1.0554	3.1950	3.6792	-1.1588	-1.5556	-1.8403	4.4460	0.3774
3.165806D+09	1.0611	3.1887	3.6790	-1.1591	-1.5560	-1.8408	4.4900	0.3774



Tabla A.6 (Continuación)

log m = 0.1492								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
3.167810D+09	1.0664	3.1826	3.6788	-1.1590	-1.5560	-1.8410	4.5330	0.3774
3.169790D+09	1.0722	3.1762	3.6787	-1.1594	-1.5566	-1.8416	4.5790	0.3773
3.171754D+09	1.0776	3.1701	3.6785	-1.1595	-1.5568	-1.8420	4.6230	0.3773
3.173694D+09	1.0834	3.1636	3.6783	-1.1599	-1.5572	-1.8425	4.6700	0.3772
3.175514D+09	1.0887	3.1576	3.6781	-1.1601	-1.5576	-1.8430	4.7140	0.3772
3.177334D+09	1.0940	3.1515	3.6780	-1.1604	-1.5580	-1.8434	4.7590	0.3771
3.178995D+09	1.0992	3.1456	3.6778	-1.1607	-1.5584	-1.8439	4.8020	0.3771
3.180640D+09	1.1042	3.1400	3.6776	-1.1610	-1.5588	-1.8444	4.8450	0.3770
3.182275D+09	1.1090	3.1345	3.6775	-1.1613	-1.5592	-1.8449	4.8870	0.3770
3.183886D+09	1.1141	3.1288	3.6773	-1.1617	-1.5596	-1.8453	4.9310	0.3769
3.185487D+09	1.1190	3.1233	3.6771	-1.1620	-1.5600	-1.8458	4.9750	0.3768
3.187065D+09	1.1239	3.1178	3.6770	-1.1623	-1.5604	-1.8463	5.0190	0.3768
3.188635D+09	1.1288	3.1123	3.6768	-1.1626	-1.5608	-1.8468	5.0640	0.3767
3.190184D+09	1.1338	3.1066	3.6767	-1.1628	-1.5611	-1.8472	5.1090	0.3767
3.191724D+09	1.1387	3.1011	3.6765	-1.1630	-1.5613	-1.8475	5.1550	0.3766
3.193243D+09	1.1437	3.0952	3.6763	-1.1633	-1.5617	-1.8480	5.2030	0.3765
3.194753D+09	1.1485	3.0897	3.6761	-1.1637	-1.5622	-1.8485	5.2490	0.3765
3.196244D+09	1.1535	3.0841	3.6760	-1.1641	-1.5627	-1.8491	5.2970	0.3764
3.197726D+09	1.1586	3.0783	3.6758	-1.1645	-1.5632	-1.8498	5.3450	0.3763
3.199188D+09	1.1634	3.0728	3.6756	-1.1652	-1.5639	-1.8506	5.3940	0.3762
3.200642D+09	1.1684	3.0674	3.6755	-1.1654	-1.5644	-1.8513	5.4410	0.3762
3.201979D+09	1.1734	3.0616	3.6753	-1.1658	-1.5648	-1.8518	5.4900	0.3761
3.203316D+09	1.1779	3.0563	3.6751	-1.1661	-1.5652	-1.8522	5.5370	0.3760
3.204630D+09	1.1824	3.0511	3.6750	-1.1665	-1.5656	-1.8527	5.5840	0.3760
3.205888D+09	1.1872	3.0456	3.6748	-1.1668	-1.5660	-1.8532	5.6320	0.3759
3.207115D+09	1.1917	3.0405	3.6746	-1.1672	-1.5664	-1.8537	5.6780	0.3758
3.208341D+09	1.1962	3.0353	3.6745	-1.1675	-1.5669	-1.8542	5.7250	0.3758
3.209519D+09	1.2007	3.0302	3.6743	-1.1678	-1.5673	-1.8547	5.7720	0.3757
3.210688D+09	1.2051	3.0253	3.6742	-1.1681	-1.5677	-1.8551	5.8180	0.3756
3.211851D+09	1.2092	3.0205	3.6740	-1.1685	-1.5681	-1.8556	5.8640	0.3755
3.213015D+09	1.2139	3.0153	3.6739	-1.1688	-1.5685	-1.8562	5.9140	0.3755
3.214178D+09	1.2182	3.0104	3.6737	-1.1691	-1.5689	-1.8567	5.9610	0.3754
3.215285D+09	1.2226	3.0054	3.6736	-1.1695	-1.5694	-1.8573	6.0090	0.3753
3.216391D+09	1.2270	3.0004	3.6734	-1.1698	-1.5698	-1.8577	6.0580	0.3752
3.217498D+09	1.2312	2.9955	3.6733	-1.1701	-1.5701	-1.8582	6.1060	0.3752
3.218598D+09	1.2355	2.9906	3.6731	-1.1706	-1.5707	-1.8588	6.1560	0.3751
3.219615D+09	1.2398	2.9856	3.6729	-1.1710	-1.5712	-1.8594	6.2040	0.3750
3.220633D+09	1.2439	2.9808	3.6727	-1.1714	-1.5716	-1.8599	6.2520	0.3749
3.221651D+09	1.2480	2.9759	3.6726	-1.1719	-1.5721	-1.8604	6.3010	0.3748
3.222660D+09	1.2522	2.9711	3.6724	-1.1723	-1.5726	-1.8610	6.3510	0.3748

Tabla A.7								
log m = 0.1987								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>eff</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
0.000000D+00	0.8072	4.3220	3.8865	-2.3546	-3.0167	-3.4796	2.0060	0.2090
1.000000D+08	0.8162	4.3098	3.8857	-2.3644	-3.0240	-3.4859	2.0260	0.2076
2.699322D+08	0.8317	4.2880	3.8841	-2.3818	-3.0378	-3.4986	2.0620	0.2050
4.207908D+08	0.8453	4.2659	3.8820	-2.3984	-3.0511	-3.5107	2.0980	0.2026
5.593636D+08	0.8578	4.2433	3.8795	-2.4134	-3.0624	-3.5206	2.1340	0.2003
6.846446D+08	0.8687	4.2203	3.8765	-2.4280	-3.0736	-3.5308	2.1690	0.1981
7.992527D+08	0.8787	4.1973	3.8732	-2.4414	-3.0838	-3.5399	2.2050	0.1961
9.041823D+08	0.8877	4.1740	3.8697	-2.4540	-3.0932	-3.5483	2.2400	0.1941
9.993891D+08	0.8953	4.1508	3.8657	-2.4656	-3.1014	-3.5553	2.2750	0.1923
1.085883D+09	0.9026	4.1281	3.8619	-2.4758	-3.1089	-3.5617	2.3080	0.1906
1.165275D+09	0.9089	4.1056	3.8578	-2.4849	-3.1149	-3.5665	2.3410	0.1890
1.238229D+09	0.9139	4.0833	3.8535	-2.4922	-3.1189	-3.5688	2.3720	0.1877
1.304160D+09	0.9182	4.0621	3.8493	-2.4976	-3.1208	-3.5689	2.4010	0.1865
1.364542D+09	0.9216	4.0417	3.8450	-2.5005	-3.1193	-3.5646	2.4270	0.1856
1.419856D+09	0.9246	4.0223	3.8409	-2.5024	-3.1171	-3.5598	2.4520	0.1848
1.469503D+09	0.9268	4.0043	3.8370	-2.5017	-3.1117	-3.5508	2.4730	0.1842
1.514791D+09	0.9286	3.9877	3.8333	-2.4991	-3.1041	-3.5395	2.4910	0.1839
1.556018D+09	0.9297	3.9724	3.8297	-2.4941	-3.0933	-3.5240	2.5060	0.1838
1.593472D+09	0.9305	3.9584	3.8264	-2.4882	-3.0817	-3.5077	2.5180	0.1838
1.626243D+09	0.9313	3.9463	3.8236	-2.4818	-3.0700	-3.4916	2.5280	0.1840
1.656533D+09	0.9323	3.9351	3.8211	-2.4740	-3.0563	-3.4729	2.5380	0.1841
1.683395D+09	0.9332	3.9253	3.8188	-2.4683	-3.0458	-3.4583	2.5470	0.1843
1.706159D+09	0.9345	3.9168	3.8170	-2.4645	-3.0385	-3.4482	2.5570	0.1842
1.726869D+09	0.9363	3.9097	3.8157	-2.4616	-3.0325	-3.4395	2.5670	0.1842
1.744042D+09	0.9388	3.9044	3.8150	-2.4616	-3.0308	-3.4365	2.5780	0.1839
1.758222D+09	0.9421	3.9005	3.8149	-2.4643	-3.0331	-3.4388	2.5900	0.1835
1.769590D+09	0.9460	3.8981	3.8152	-2.4696	-3.0392	-3.4458	2.6040	0.1829
1.777895D+09	0.9505	3.8969	3.8161	-2.4774	-3.0490	-3.4576	2.6180	0.1821
1.784552D+09	0.9556	3.8970	3.8174	-2.4857	-3.0595	-3.4704	2.6330	0.1813
1.789594D+09	0.9613	3.8978	3.8190	-2.4963	-3.0735	-3.4879	2.6490	0.1803
1.793644D+09	0.9672	3.8993	3.8208	-2.5078	-3.0887	-3.5065	2.6660	0.1793
1.796710D+09	0.9735	3.9008	3.8228	-2.5209	-3.1062	-3.5283	2.6840	0.1781
1.799185D+09	0.9805	3.9031	3.8251	-2.5337	-3.1234	-3.5497	2.7020	0.1770
1.801061D+09	0.9872	3.9059	3.8275	-2.5449	-3.1381	-3.5679	2.7180	0.1760
1.802486D+09	0.9945	3.9088	3.8301	-2.5566	-3.1535	-3.5868	2.7350	0.1750
1.803653D+09	1.0020	3.9123	3.8328	-2.5672	-3.1674	-3.6041	2.7510	0.1741
1.804531D+09	1.0090	3.9157	3.8354	-2.5757	-3.1783	-3.6173	2.7660	0.1733
1.805263D+09	1.0162	3.9191	3.8381	-2.5841	-3.1890	-3.6302	2.7800	0.1726
1.805821D+09	1.0231	3.9221	3.8405	-2.5912	-3.1978	-3.6407	2.7940	0.1719
1.806299D+09	1.0300	3.9251	3.8430	-2.5977	-3.2056	-3.6500	2.8070	0.1712



Tabla A.7 (Continuación)								
log m = 0.1987								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>☉</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
1.806671D+09	1.0360	3.9278	3.8452	-2.6028	-3.2118	-3.6571	2.8190	0.1707
1.806964D+09	1.0415	3.9299	3.8471	-2.6070	-3.2166	-3.6626	2.8300	0.1703
1.807209D+09	1.0457	3.9318	3.8486	-2.6102	-3.2203	-3.6669	2.8400	0.1700
1.807418D+09	1.0491	3.9333	3.8498	-2.6125	-3.2229	-3.6698	2.8480	0.1697
1.807593D+09	1.0515	3.9345	3.8507	-2.6139	-3.2243	-3.6713	2.8540	0.1695
1.807742D+09	1.0527	3.9355	3.8513	-2.6146	-3.2252	-3.6722	2.8580	0.1694
1.807869D+09	1.0530	3.9362	3.8515	-2.6148	-3.2253	-3.6724	2.8610	0.1694
1.807976D+09	1.0528	3.9367	3.8516	-2.6146	-3.2251	-3.6722	2.8620	0.1694
1.808070D+09	1.0521	3.9370	3.8515	-2.6141	-3.2247	-3.6718	2.8620	0.1695
1.808154D+09	1.0512	3.9371	3.8513	-2.6135	-3.2241	-3.6711	2.8620	0.1696
1.808323D+09	1.0488	3.9368	3.8506	-2.6120	-3.2224	-3.6693	2.8620	0.1697
1.808660D+09	1.0454	3.9330	3.8488	-2.6103	-3.2201	-3.6667	2.8680	0.1698
1.809335D+09	1.0465	3.9211	3.8461	-2.6120	-3.2204	-3.6661	2.8930	0.1693
1.810685D+09	1.0527	3.9043	3.8435	-2.6175	-3.2239	-3.6685	2.9320	0.1683
1.813384D+09	1.0583	3.8897	3.8412	-2.6221	-3.2266	-3.6701	2.9680	0.1674
1.818782D+09	1.0628	3.8765	3.8390	-2.6251	-3.2279	-3.6703	3.0010	0.1667
1.829579D+09	1.0677	3.8568	3.8353	-2.6276	-3.2268	-3.6666	3.0520	0.1658
1.851172D+09	1.0756	3.8172	3.8274	-2.6266	-3.2174	-3.6506	3.1510	0.1646
1.872765D+09	1.0802	3.7763	3.8183	-2.6105	-3.1873	-3.6082	3.2440	0.1644
1.894359D+09	1.0783	3.7277	3.8057	-2.5602	-3.1094	-3.5050	3.3320	0.1666
1.915952D+09	1.0616	3.6705	3.7872	-2.4224	-2.9138	-3.2592	3.3760	0.1757
1.937545D+09	1.0028	3.6233	3.7607	-2.0879	-2.4931	-2.7780	3.2190	0.2065
1.943106D+09	0.9790	3.6192	3.7538	-1.9830	-2.3729	-2.6493	3.1300	0.2191
1.954228D+09	0.9130	3.6200	3.7375	-1.7335	-2.1022	-2.3687	2.8730	0.2558
1.963790D+09	0.8608	3.6243	3.7255	-1.5540	-1.9199	-2.1861	2.6600	0.2888
1.971814D+09	0.8311	3.6206	3.7172	-1.4397	-1.8081	-2.0760	2.5410	0.3124
1.979642D+09	0.8170	3.6084	3.7106	-1.3578	-1.7297	-1.9996	2.4840	0.3303
1.986067D+09	0.8145	3.5936	3.7062	-1.3074	-1.6824	-1.9540	2.4710	0.3417
1.992124D+09	0.8179	3.5771	3.7030	-1.2713	-1.6491	-1.9220	2.4810	0.3502
1.998182D+09	0.8258	3.5591	3.7005	-1.2429	-1.6232	-1.8975	2.5060	0.3567
2.003917D+09	0.8361	3.5413	3.6986	-1.2221	-1.6049	-1.8805	2.5410	0.3616
2.009305D+09	0.8468	3.5234	3.6968	-1.2064	-1.5907	-1.8670	2.5820	0.3653
2.014311D+09	0.8586	3.5073	3.6957	-1.1947	-1.5805	-1.8575	2.6250	0.3681
2.019220D+09	0.8702	3.4916	3.6947	-1.1855	-1.5727	-1.8505	2.6710	0.3704
2.023758D+09	0.8812	3.4770	3.6938	-1.1782	-1.5664	-1.8447	2.7170	0.3721
2.028161D+09	0.8920	3.4629	3.6930	-1.1724	-1.5615	-1.8402	2.7650	0.3736
2.032525D+09	0.9030	3.4490	3.6922	-1.1679	-1.5577	-1.8369	2.8150	0.3747
2.036538D+09	0.9133	3.4359	3.6915	-1.1639	-1.5545	-1.8340	2.8620	0.3757
2.040441D+09	0.9233	3.4234	3.6909	-1.1602	-1.5514	-1.8312	2.9090	0.3767
2.044299D+09	0.9335	3.4112	3.6904	-1.1570	-1.5488	-1.8289	2.9570	0.3774

Tabla A.7 (Continuación)

log m = 0.1987								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
2.048154D+09	0.9438	3.3988	3.6899	-1.1545	-1.5467	-1.8272	3.0080	0.3781
2.051814D+09	0.9533	3.3872	3.6893	-1.1517	-1.5445	-1.8253	3.0560	0.3787
2.055044D+09	0.9624	3.3766	3.6890	-1.1501	-1.5433	-1.8243	3.1000	0.3791
2.058275D+09	0.9710	3.3661	3.6885	-1.1490	-1.5425	-1.8236	3.1470	0.3795
2.061243D+09	0.9792	3.3566	3.6882	-1.1480	-1.5418	-1.8231	3.1900	0.3798
2.064131D+09	0.9869	3.3477	3.6879	-1.1466	-1.5408	-1.8223	3.2310	0.3802
2.066951D+09	0.9946	3.3385	3.6875	-1.1461	-1.5405	-1.8221	3.2750	0.3804
2.069576D+09	1.0020	3.3298	3.6872	-1.1455	-1.5402	-1.8220	3.3160	0.3806
2.072201D+09	1.0092	3.3220	3.6870	-1.1442	-1.5392	-1.8213	3.3560	0.3808
2.074716D+09	1.0164	3.3139	3.6868	-1.1436	-1.5388	-1.8211	3.3960	0.3810
2.077211D+09	1.0233	3.3060	3.6865	-1.1430	-1.5385	-1.8209	3.4370	0.3811
2.079680D+09	1.0303	3.2979	3.6863	-1.1425	-1.5382	-1.8208	3.4790	0.3812
2.082141D+09	1.0373	3.2901	3.6860	-1.1418	-1.5377	-1.8205	3.5210	0.3814
2.084444D+09	1.0439	3.2826	3.6858	-1.1414	-1.5375	-1.8204	3.5610	0.3815
2.086676D+09	1.0504	3.2752	3.6856	-1.1410	-1.5374	-1.8205	3.6010	0.3816
2.088861D+09	1.0567	3.2681	3.6854	-1.1408	-1.5373	-1.8205	3.6410	0.3817
2.091013D+09	1.0631	3.2609	3.6852	-1.1408	-1.5375	-1.8208	3.6810	0.3817
2.093145D+09	1.0692	3.2540	3.6850	-1.1408	-1.5376	-1.8211	3.7220	0.3818
2.095253D+09	1.0755	3.2467	3.6848	-1.1407	-1.5378	-1.8214	3.7630	0.3818
2.097224D+09	1.0815	3.2399	3.6846	-1.1405	-1.5377	-1.8214	3.8030	0.3819
2.099195D+09	1.0874	3.2332	3.6844	-1.1404	-1.5378	-1.8217	3.8430	0.3819
2.101016D+09	1.0930	3.2268	3.6842	-1.1403	-1.5379	-1.8218	3.8800	0.3820
2.102824D+09	1.0987	3.2203	3.6840	-1.1402	-1.5379	-1.8219	3.9190	0.3820
2.104622D+09	1.1042	3.2140	3.6838	-1.1402	-1.5380	-1.8221	3.9580	0.3820
2.106401D+09	1.1098	3.2076	3.6836	-1.1403	-1.5381	-1.8224	3.9980	0.3820
2.108170D+09	1.1152	3.2016	3.6834	-1.1402	-1.5383	-1.8227	4.0360	0.3820
2.109921D+09	1.1210	3.1950	3.6832	-1.1404	-1.5385	-1.8230	4.0780	0.3820
2.111665D+09	1.1266	3.1887	3.6830	-1.1404	-1.5387	-1.8233	4.1180	0.3820
2.113275D+09	1.1320	3.1825	3.6828	-1.1404	-1.5388	-1.8235	4.1570	0.3820
2.114885D+09	1.1374	3.1762	3.6826	-1.1404	-1.5388	-1.8236	4.1980	0.3820
2.116471D+09	1.1427	3.1702	3.6824	-1.1404	-1.5390	-1.8239	4.2370	0.3820
2.118058D+09	1.1482	3.1641	3.6823	-1.1406	-1.5393	-1.8243	4.2780	0.3820
2.119615D+09	1.1535	3.1580	3.6821	-1.1408	-1.5397	-1.8248	4.3180	0.3820
2.121109D+09	1.1590	3.1519	3.6819	-1.1410	-1.5400	-1.8252	4.3590	0.3820
2.122570D+09	1.1641	3.1459	3.6817	-1.1411	-1.5402	-1.8255	4.3990	0.3819
2.124004D+09	1.1692	3.1399	3.6815	-1.1413	-1.5405	-1.8259	4.4400	0.3819
2.125423D+09	1.1744	3.1340	3.6813	-1.1414	-1.5407	-1.8263	4.4810	0.3819
2.126822D+09	1.1795	3.1282	3.6811	-1.1415	-1.5409	-1.8265	4.5210	0.3819
2.128212D+09	1.1846	3.1223	3.6810	-1.1416	-1.5411	-1.8268	4.5620	0.3818
2.129590D+09	1.1899	3.1164	3.6808	-1.1418	-1.5414	-1.8273	4.6050	0.3818



Tabla A.7 (Continuación)

log m = 0.1987								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
2.130956D+09	1.1952	3.1103	3.6806	-1.1420	-1.5418	-1.8277	4.6480	0.3818
2.132211D+09	1.2001	3.1046	3.6804	-1.1422	-1.5420	-1.8281	4.6880	0.3817
2.133466D+09	1.2049	3.0989	3.6802	-1.1424	-1.5424	-1.8284	4.7290	0.3817
2.134721D+09	1.2099	3.0932	3.6800	-1.1428	-1.5428	-1.8290	4.7710	0.3816
2.135968D+09	1.2149	3.0876	3.6798	-1.1431	-1.5432	-1.8295	4.8130	0.3816
2.137190D+09	1.2197	3.0820	3.6796	-1.1433	-1.5435	-1.8299	4.8550	0.3815
2.138394D+09	1.2244	3.0766	3.6795	-1.1436	-1.5439	-1.8303	4.8960	0.3815
2.139538D+09	1.2293	3.0710	3.6793	-1.1439	-1.5443	-1.8308	4.9380	0.3815
2.140681D+09	1.2340	3.0656	3.6791	-1.1441	-1.5446	-1.8312	4.9800	0.3814
2.141792D+09	1.2387	3.0603	3.6790	-1.1444	-1.5450	-1.8317	5.0210	0.3814
2.142874D+09	1.2431	3.0552	3.6788	-1.1446	-1.5452	-1.8320	5.0610	0.3813
2.143896D+09	1.2477	3.0500	3.6786	-1.1448	-1.5455	-1.8324	5.1010	0.3813
2.144919D+09	1.2519	3.0450	3.6785	-1.1449	-1.5457	-1.8327	5.1410	0.3812
2.145941D+09	1.2562	3.0400	3.6783	-1.1453	-1.5461	-1.8331	5.1820	0.3812
2.146963D+09	1.2607	3.0349	3.6781	-1.1456	-1.5466	-1.8337	5.2230	0.3811
2.147977D+09	1.2650	3.0298	3.6779	-1.1459	-1.5469	-1.8341	5.2650	0.3810
2.148992D+09	1.2695	3.0246	3.6777	-1.1463	-1.5474	-1.8346	5.3080	0.3810
2.149982D+09	1.2739	3.0195	3.6776	-1.1466	-1.5477	-1.8350	5.3510	0.3809
2.150969D+09	1.2782	3.0144	3.6774	-1.1469	-1.5482	-1.8356	5.3930	0.3809
2.151950D+09	1.2826	3.0093	3.6772	-1.1473	-1.5486	-1.8361	5.4370	0.3808
2.152919D+09	1.2872	3.0041	3.6770	-1.1476	-1.5490	-1.8366	5.4810	0.3807
2.153881D+09	1.2915	2.9991	3.6769	-1.1480	-1.5495	-1.8372	5.5250	0.3807
2.154794D+09	1.2959	2.9941	3.6767	-1.1483	-1.5499	-1.8376	5.5680	0.3806
2.155706D+09	1.3001	2.9892	3.6765	-1.1486	-1.5502	-1.8381	5.6110	0.3806
2.156600D+09	1.3044	2.9842	3.6764	-1.1489	-1.5506	-1.8386	5.6550	0.3805
2.157470D+09	1.3085	2.9795	3.6762	-1.1492	-1.5510	-1.8390	5.6980	0.3804
2.158324D+09	1.3126	2.9747	3.6760	-1.1495	-1.5514	-1.8395	5.7410	0.3804
2.159179D+09	1.3168	2.9699	3.6759	-1.1498	-1.5518	-1.8399	5.7840	0.3803
2.160033D+09	1.3208	2.9652	3.6757	-1.1501	-1.5521	-1.8404	5.8280	0.3802
2.160838D+09	1.3250	2.9604	3.6756	-1.1504	-1.5525	-1.8409	5.8710	0.3802
2.161642D+09	1.3290	2.9558	3.6754	-1.1507	-1.5529	-1.8413	5.9140	0.3801
2.162446D+09	1.3329	2.9512	3.6752	-1.1511	-1.5533	-1.8418	5.9580	0.3800
2.163246D+09	1.3369	2.9466	3.6751	-1.1515	-1.5537	-1.8423	6.0020	0.3800
2.164039D+09	1.3409	2.9419	3.6749	-1.1519	-1.5542	-1.8428	6.0460	0.3799
2.164827D+09	1.3448	2.9374	3.6748	-1.1522	-1.5546	-1.8433	6.0900	0.3798
2.165608D+09	1.3488	2.9327	3.6746	-1.1525	-1.5550	-1.8438	6.1360	0.3797
2.166383D+09	1.3529	2.9279	3.6744	-1.1528	-1.5553	-1.8441	6.1820	0.3797
2.167116D+09	1.3568	2.9234	3.6743	-1.1530	-1.5556	-1.8445	6.2270	0.3796
2.167849D+09	1.3607	2.9187	3.6741	-1.1534	-1.5560	-1.8450	6.2720	0.3796
2.168582D+09	1.3646	2.9143	3.6739	-1.1537	-1.5565	-1.8455	6.3170	0.3795

Tabla A.8								
log m = 0.2989								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>eff</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
0.000000D+00	1.2047	4.3458	3.9668	-2.2866	-2.9526	-3.4177	1.9070	0.2179
1.000000D+05	1.2047	4.3458	3.9668	-2.2866	-2.9526	-3.4177	1.9070	0.2179
3.000000D+05	1.2047	4.3458	3.9668	-2.2866	-2.9526	-3.4177	1.9070	0.2179
7.000000D+05	1.2047	4.3458	3.9668	-2.2866	-2.9526	-3.4177	1.9070	0.2179
1.500000D+06	1.2047	4.3456	3.9667	-2.2867	-2.9527	-3.4178	1.9070	0.2179
3.100000D+06	1.2050	4.3451	3.9667	-2.2870	-2.9530	-3.4180	1.9080	0.2178
6.300000D+06	1.2055	4.3443	3.9666	-2.2872	-2.9527	-3.4176	1.9090	0.2178
1.270000D+07	1.2066	4.3425	3.9664	-2.2885	-2.9538	-3.4185	1.9110	0.2176
2.550000D+07	1.2087	4.3391	3.9661	-2.2913	-2.9561	-3.4208	1.9160	0.2172
5.110000D+07	1.2129	4.3319	3.9654	-2.2966	-2.9603	-3.4245	1.9260	0.2164
1.023000D+08	1.2214	4.3169	3.9637	-2.3074	-2.9686	-3.4317	1.9460	0.2148
1.889168D+08	1.2364	4.2898	3.9607	-2.3266	-2.9841	-3.4460	1.9830	0.2120
2.668785D+08	1.2497	4.2627	3.9573	-2.3443	-2.9978	-3.4584	2.0190	0.2093
3.371991D+08	1.2617	4.2355	3.9535	-2.3610	-3.0107	-3.4700	2.0560	0.2068
4.006732D+08	1.2728	4.2086	3.9495	-2.3765	-3.0226	-3.4806	2.0920	0.2044
4.579523D+08	1.2828	4.1818	3.9453	-2.3913	-3.0342	-3.4914	2.1280	0.2022
5.096443D+08	1.2917	4.1552	3.9409	-2.4049	-3.0447	-3.5010	2.1640	0.2000
5.560341D+08	1.2993	4.1289	3.9362	-2.4174	-3.0540	-3.5094	2.1990	0.1981
5.976301D+08	1.3049	4.1026	3.9311	-2.4292	-3.0628	-3.5172	2.2340	0.1963
6.366704D+08	1.3122	4.0777	3.9266	-2.4398	-3.0713	-3.5252	2.2670	0.1945
6.712939D+08	1.3168	4.0526	3.9215	-2.4498	-3.0789	-3.5322	2.3000	0.1929
7.029001D+08	1.3214	4.0284	3.9166	-2.4590	-3.0859	-3.5386	2.3320	0.1914
7.316680D+08	1.3247	4.0046	3.9115	-2.4675	-3.0926	-3.5449	2.3630	0.1900
7.578499D+08	1.3276	3.9815	3.9064	-2.4751	-3.0980	-3.5498	2.3940	0.1887
7.816154D+08	1.3300	3.9594	3.9015	-2.4822	-3.1037	-3.5551	2.4230	0.1875
8.029943D+08	1.3321	3.9385	3.8968	-2.4882	-3.1080	-3.5590	2.4500	0.1864
8.221446D+08	1.3335	3.9186	3.8922	-2.4940	-3.1123	-3.5629	2.4770	0.1854
8.392313D+08	1.3347	3.9004	3.8880	-2.4991	-3.1164	-3.5668	2.5010	0.1845
8.543949D+08	1.3359	3.8840	3.8841	-2.5036	-3.1198	-3.5699	2.5240	0.1837
8.684117D+08	1.3373	3.8691	3.8808	-2.5078	-3.1230	-3.5729	2.5450	0.1830
8.807876D+08	1.3388	3.8562	3.8779	-2.5110	-3.1251	-3.5748	2.5640	0.1824
8.916327D+08	1.3403	3.8455	3.8756	-2.5146	-3.1281	-3.5774	2.5820	0.1818
9.014805D+08	1.3427	3.8370	3.8741	-2.5178	-3.1308	-3.5802	2.5980	0.1813
9.096445D+08	1.3456	3.8315	3.8734	-2.5210	-3.1336	-3.5828	2.6120	0.1808
9.159107D+08	1.3491	3.8290	3.8737	-2.5234	-3.1357	-3.5850	2.6230	0.1804
9.209464D+08	1.3531	3.8289	3.8747	-2.5258	-3.1378	-3.5870	2.6320	0.1800
9.246446D+08	1.3577	3.8309	3.8763	-2.5284	-3.1406	-3.5898	2.6390	0.1797
9.276114D+08	1.3624	3.8343	3.8783	-2.5306	-3.1428	-3.5922	2.6450	0.1795
9.299944D+08	1.3677	3.8390	3.8808	-2.5321	-3.1442	-3.5935	2.6500	0.1793
9.319105D+08	1.3733	3.8447	3.8837	-2.5345	-3.1469	-3.5964	2.6540	0.1790



Tabla A.8 (Continuación)

log m = 0.2989								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
9.333069D+08	1.3797	3.8511	3.8869	-2.5371	-3.1499	-3.5996	2.6590	0.1788
9.344326D+08	1.3855	3.8579	3.8900	-2.5387	-3.1514	-3.6012	2.6630	0.1786
9.353432D+08	1.3920	3.8651	3.8934	-2.5414	-3.1546	-3.6045	2.6660	0.1783
9.360139D+08	1.3986	3.8719	3.8968	-2.5439	-3.1572	-3.6071	2.6710	0.1781
9.365614D+08	1.4054	3.8788	3.9002	-2.5458	-3.1591	-3.6092	2.6760	0.1778
9.370102D+08	1.4122	3.8857	3.9036	-2.5488	-3.1625	-3.6126	2.6810	0.1775
9.373435D+08	1.4189	3.8915	3.9068	-2.5515	-3.1653	-3.6154	2.6880	0.1772
9.376216D+08	1.4260	3.8972	3.9100	-2.5544	-3.1682	-3.6184	2.6950	0.1769
9.378341D+08	1.4328	3.9020	3.9129	-2.5573	-3.1712	-3.6215	2.7030	0.1766
9.379975D+08	1.4388	3.9060	3.9154	-2.5593	-3.1730	-3.6232	2.7110	0.1763
9.381392D+08	1.4444	3.9097	3.9177	-2.5619	-3.1756	-3.6259	2.7190	0.1760
9.382533D+08	1.4493	3.9127	3.9197	-2.5647	-3.1785	-3.6288	2.7270	0.1757
9.383463D+08	1.4535	3.9151	3.9213	-2.5666	-3.1805	-3.6309	2.7350	0.1754
9.384168D+08	1.4564	3.9169	3.9225	-2.5678	-3.1817	-3.6320	2.7400	0.1753
9.384784D+08	1.4580	3.9186	3.9233	-2.5684	-3.1824	-3.6327	2.7440	0.1752
9.385303D+08	1.4587	3.9199	3.9238	-2.5685	-3.1823	-3.6325	2.7460	0.1752
9.385723D+08	1.4589	3.9209	3.9241	-2.5684	-3.1822	-3.6324	2.7470	0.1752
9.386083D+08	1.4586	3.9216	3.9242	-2.5680	-3.1819	-3.6321	2.7480	0.1752
9.386395D+08	1.4579	3.9222	3.9242	-2.5675	-3.1814	-3.6317	2.7480	0.1753
9.386670D+08	1.4570	3.9227	3.9241	-2.5669	-3.1809	-3.6311	2.7470	0.1754
9.387222D+08	1.4542	3.9234	3.9236	-2.5651	-3.1792	-3.6294	2.7450	0.1756
9.388325D+08	1.4464	3.9225	3.9214	-2.5612	-3.1753	-3.6257	2.7410	0.1760
9.390531D+08	1.4408	3.9124	3.9175	-2.5598	-3.1732	-3.6235	2.7560	0.1760
9.394943D+08	1.4463	3.8890	3.9130	-2.5688	-3.1808	-3.6307	2.8050	0.1746
9.403766D+08	1.4565	3.8628	3.9090	-2.5806	-3.1912	-3.6408	2.8650	0.1728
9.412590D+08	1.4612	3.8486	3.9066	-2.5862	-3.1959	-3.6454	2.8970	0.1719
9.430237D+08	1.4651	3.8333	3.9038	-2.5919	-3.2008	-3.6501	2.9320	0.1710
9.465531D+08	1.4690	3.8119	3.8994	-2.5988	-3.2068	-3.6560	2.9840	0.1699
9.536120D+08	1.4746	3.7669	3.8895	-2.6110	-3.2169	-3.6655	3.0930	0.1677
9.645749D+08	1.4723	3.6535	3.8606	-2.6307	-3.2321	-3.6793	3.3570	0.1639
9.690776D+08	1.4643	3.5919	3.8432	-2.6357	-3.2345	-3.6801	3.4990	0.1626
9.735802D+08	1.4451	3.5067	3.8171	-2.6193	-3.2069	-3.6425	3.6820	0.1627
9.758315D+08	1.4281	3.4654	3.8025	-2.5726	-3.1403	-3.5564	3.7410	0.1658
9.803341D+08	1.3500	3.3979	3.7661	-2.2340	-2.6870	-3.0035	3.5970	0.1939
9.823510D+08	1.2888	3.3966	3.7505	-1.9792	-2.3819	-2.6658	3.3420	0.2223
9.843678D+08	1.2067	3.4121	3.7339	-1.6849	-2.0589	-2.3281	2.9760	0.2663
9.863846D+08	1.1481	3.4162	3.7202	-1.4560	-1.8269	-2.0959	2.6860	0.3098
9.884014D+08	1.1358	3.3885	3.7103	-1.3135	-1.6898	-1.9621	2.5690	0.3408
9.904183D+08	1.1581	3.3394	3.7035	-1.2334	-1.6163	-1.8923	2.5850	0.3592
9.924351D+08	1.1962	3.2822	3.6988	-1.1893	-1.5774	-1.8561	2.6800	0.3697

Tabla A.8 (Continuación)

log m = 0.2989 X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
9.944399D+08	1.2401	3.2241	3.6952	-1.1651	-1.5569	-1.8375	2.8200	0.3757
9.961225D+08	1.2783	3.1764	3.6928	-1.1525	-1.5468	-1.8286	2.9610	0.3788
9.976284D+08	1.3125	3.1346	3.6909	-1.1451	-1.5411	-1.8240	3.1020	0.3807
9.989791D+08	1.3431	3.0976	3.6893	-1.1405	-1.5379	-1.8216	3.2420	0.3819
1.000183D+09	1.3700	3.0654	3.6880	-1.1377	-1.5361	-1.8206	3.3740	0.3827
1.001328D+09	1.3954	3.0349	3.6867	-1.1360	-1.5353	-1.8203	3.5090	0.3833
1.002357D+09	1.4175	3.0083	3.6856	-1.1344	-1.5344	-1.8200	3.6350	0.3837
1.003337D+09	1.4387	2.9828	3.6845	-1.1339	-1.5347	-1.8207	3.7630	0.3839
1.004200D+09	1.4570	2.9608	3.6836	-1.1333	-1.5346	-1.8210	3.8790	0.3841
1.005014D+09	1.4737	2.9409	3.6828	-1.1329	-1.5347	-1.8215	3.9920	0.3842
1.005795D+09	1.4898	2.9217	3.6820	-1.1326	-1.5349	-1.8221	4.1050	0.3843
1.006560D+09	1.5053	2.9029	3.6812	-1.1332	-1.5358	-1.8233	4.2200	0.3843
1.007270D+09	1.5195	2.8857	3.6805	-1.1329	-1.5360	-1.8238	4.3300	0.3844
1.007955D+09	1.5331	2.8694	3.6798	-1.1333	-1.5367	-1.8248	4.4390	0.3844
1.008584D+09	1.5450	2.8550	3.6792	-1.1334	-1.5371	-1.8255	4.5400	0.3844
1.009183D+09	1.5563	2.8414	3.6786	-1.1340	-1.5379	-1.8265	4.6400	0.3843
1.009766D+09	1.5671	2.8284	3.6780	-1.1343	-1.5385	-1.8273	4.7380	0.3843
1.010335D+09	1.5777	2.8158	3.6775	-1.1347	-1.5392	-1.8282	4.8370	0.3842
1.010901D+09	1.5885	2.8028	3.6770	-1.1351	-1.5398	-1.8291	4.9390	0.3842
1.011427D+09	1.5988	2.7905	3.6765	-1.1355	-1.5405	-1.8300	5.0370	0.3841
1.011939D+09	1.6088	2.7784	3.6760	-1.1358	-1.5410	-1.8307	5.1360	0.3841
1.012440D+09	1.6185	2.7666	3.6755	-1.1360	-1.5415	-1.8314	5.2340	0.3840
1.012938D+09	1.6286	2.7544	3.6749	-1.1362	-1.5419	-1.8320	5.3370	0.3839
1.013432D+09	1.6387	2.7421	3.6744	-1.1369	-1.5428	-1.8332	5.4410	0.3839
1.013890D+09	1.6480	2.7309	3.6739	-1.1374	-1.5436	-1.8341	5.5400	0.3838
1.014332D+09	1.6569	2.7200	3.6734	-1.1378	-1.5442	-1.8349	5.6370	0.3837
1.014763D+09	1.6658	2.7093	3.6729	-1.1384	-1.5450	-1.8359	5.7340	0.3837
1.015187D+09	1.6744	2.6988	3.6725	-1.1388	-1.5456	-1.8367	5.8320	0.3836
1.015605D+09	1.6828	2.6889	3.6721	-1.1391	-1.5461	-1.8375	5.9280	0.3835
1.015987D+09	1.6907	2.6794	3.6717	-1.1396	-1.5469	-1.8385	6.0200	0.3834
1.016369D+09	1.6982	2.6702	3.6713	-1.1402	-1.5476	-1.8392	6.1130	0.3833
1.016742D+09	1.7057	2.6612	3.6709	-1.1405	-1.5481	-1.8400	6.2050	0.3833
1.017096D+09	1.7128	2.6524	3.6705	-1.1410	-1.5487	-1.8407	6.2960	0.3832
1.017442D+09	1.7200	2.6438	3.6701	-1.1415	-1.5493	-1.8415	6.3860	0.3831
1.017782D+09	1.7266	2.6357	3.6697	-1.1418	-1.5499	-1.8422	6.4740	0.3831
1.018115D+09	1.7334	2.6274	3.6694	-1.1423	-1.5506	-1.8431	6.5650	0.3830
1.018444D+09	1.7400	2.6192	3.6690	-1.1427	-1.5511	-1.8438	6.6560	0.3829
1.018771D+09	1.7466	2.6112	3.6686	-1.1432	-1.5517	-1.8446	6.7460	0.3828
1.019095D+09	1.7530	2.6034	3.6683	-1.1435	-1.5523	-1.8453	6.8380	0.3827
1.019415D+09	1.7595	2.5955	3.6679	-1.1441	-1.5529	-1.8461	6.9300	0.3826



Tabla A.8 (Continuación)

log m = 0.2989								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
1.019705D+09	1.7657	2.5880	3.6676	-1.1446	-1.5536	-1.8469	7.0180	0.3825
1.019982D+09	1.7711	2.5812	3.6672	-1.1452	-1.5543	-1.8476	7.1000	0.3824
1.020259D+09	1.7767	2.5744	3.6669	-1.1455	-1.5547	-1.8482	7.1840	0.3824
1.020536D+09	1.7822	2.5676	3.6666	-1.1458	-1.5552	-1.8488	7.2690	0.3823
1.020807D+09	1.7877	2.5611	3.6664	-1.1465	-1.5561	-1.8499	7.3520	0.3822
1.021078D+09	1.7931	2.5548	3.6661	-1.1469	-1.5567	-1.8507	7.4360	0.3821
1.021340D+09	1.7986	2.5479	3.6658	-1.1474	-1.5572	-1.8513	7.5230	0.3820
1.021603D+09	1.8037	2.5419	3.6656	-1.1476	-1.5574	-1.8515	7.6050	0.3819
1.021850D+09	1.8090	2.5357	3.6653	-1.1480	-1.5581	-1.8525	7.6880	0.3818
1.022097D+09	1.8137	2.5299	3.6651	-1.1484	-1.5586	-1.8530	7.7690	0.3818
1.022341D+09	1.8188	2.5236	3.6648	-1.1489	-1.5591	-1.8537	7.8540	0.3817
1.022584D+09	1.8238	2.5174	3.6645	-1.1494	-1.5597	-1.8543	7.9390	0.3816
1.022814D+09	1.8284	2.5118	3.6642	-1.1499	-1.5603	-1.8550	8.0200	0.3815
1.023044D+09	1.8331	2.5062	3.6640	-1.1505	-1.5610	-1.8558	8.1000	0.3814
1.023268D+09	1.8375	2.5007	3.6637	-1.1508	-1.5615	-1.8564	8.1810	0.3813
1.023493D+09	1.8420	2.4951	3.6635	-1.1513	-1.5621	-1.8571	8.2630	0.3812
1.023715D+09	1.8467	2.4894	3.6632	-1.1518	-1.5627	-1.8578	8.3470	0.3811
1.023937D+09	1.8510	2.4841	3.6630	-1.1521	-1.5631	-1.8584	8.4280	0.3811
1.024145D+09	1.8552	2.4790	3.6627	-1.1525	-1.5636	-1.8590	8.5070	0.3810
1.024353D+09	1.8593	2.4739	3.6625	-1.1530	-1.5641	-1.8596	8.5860	0.3809
1.024561D+09	1.8634	2.4688	3.6622	-1.1533	-1.5646	-1.8602	8.6660	0.3808
1.024765D+09	1.8676	2.4637	3.6620	-1.1539	-1.5653	-1.8610	8.7470	0.3807
1.024968D+09	1.8716	2.4586	3.6617	-1.1544	-1.5659	-1.8616	8.8270	0.3806
1.025172D+09	1.8758	2.4534	3.6615	-1.1548	-1.5663	-1.8622	8.9110	0.3805
1.025372D+09	1.8796	2.4487	3.6612	-1.1551	-1.5667	-1.8627	8.9900	0.3805
1.025567D+09	1.8837	2.4437	3.6610	-1.1556	-1.5673	-1.8634	9.0720	0.3804
1.025760D+09	1.8877	2.4389	3.6608	-1.1560	-1.5678	-1.8640	9.1520	0.3803
1.025952D+09	1.8915	2.4342	3.6606	-1.1568	-1.5689	-1.8654	9.2320	0.3802
1.026142D+09	1.8953	2.4294	3.6603	-1.1572	-1.5694	-1.8659	9.3140	0.3801
1.026322D+09	1.8991	2.4246	3.6601	-1.1577	-1.5699	-1.8665	9.3930	0.3800
1.026502D+09	1.9027	2.4203	3.6599	-1.1581	-1.5704	-1.8671	9.4700	0.3799
1.026679D+09	1.9065	2.4157	3.6597	-1.1586	-1.5710	-1.8678	9.5490	0.3798
1.026856D+09	1.9098	2.4116	3.6595	-1.1590	-1.5715	-1.8685	9.6250	0.3798
1.027031D+09	1.9134	2.4069	3.6593	-1.1593	-1.5718	-1.8687	9.7070	0.3797
1.027202D+09	1.9167	2.4027	3.6590	-1.1595	-1.5720	-1.8689	9.7840	0.3796
1.027369D+09	1.9203	2.3980	3.6587	-1.1598	-1.5723	-1.8692	9.8650	0.3796
1.027534D+09	1.9234	2.3943	3.6586	-1.1602	-1.5729	-1.8699	9.9370	0.3795
1.027699D+09	1.9270	2.3903	3.6585	-1.1602	-1.5728	-1.8698	0.0000	0.3794
1.027861D+09	1.9301	2.3866	3.6583	-1.1607	-1.5734	-1.8706	0.0000	0.3793
1.028023D+09	1.9336	2.3823	3.6581	-1.1612	-1.5740	-1.8713	0.0000	0.3792

Tabla A.9								
log m = 0.3997								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>eff</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
0.000000D+00	1.5923	4.3505	4.0396	-2.2159	-2.8831	-3.3487	1.8160	0.2271
1.000000D+05	1.5923	4.3505	4.0397	-2.2159	-2.8831	-3.3487	1.8160	0.2271
3.000000D+05	1.5922	4.3504	4.0396	-2.2159	-2.8831	-3.3487	1.8160	0.2271
7.000000D+05	1.5923	4.3503	4.0396	-2.2160	-2.8831	-3.3488	1.8160	0.2271
1.500000D+06	1.5925	4.3499	4.0396	-2.2163	-2.8834	-3.3490	1.8170	0.2270
3.100000D+06	1.5930	4.3490	4.0395	-2.2170	-2.8839	-3.3495	1.8180	0.2269
6.300000D+06	1.5941	4.3472	4.0393	-2.2189	-2.8860	-3.3517	1.8200	0.2267
1.270000D+07	1.5962	4.3437	4.0389	-2.2215	-2.8881	-3.3536	1.8240	0.2263
2.550000D+07	1.6004	4.3366	4.0382	-2.2268	-2.8923	-3.3574	1.8330	0.2255
5.110000D+07	1.6090	4.3220	4.0367	-2.2375	-2.9009	-3.3651	1.8510	0.2240
9.791797D+07	1.6251	4.2931	4.0335	-2.2576	-2.9169	-3.3797	1.8860	0.2209
1.391814D+08	1.6395	4.2646	4.0300	-2.2758	-2.9308	-3.3920	1.9210	0.2182
1.775318D+08	1.6531	4.2358	4.0262	-2.2947	-2.9463	-3.4064	1.9570	0.2154
2.113374D+08	1.6653	4.2075	4.0222	-2.3117	-2.9597	-3.4186	1.9920	0.2128
2.410667D+08	1.6761	4.1800	4.0180	-2.3271	-2.9719	-3.4298	2.0260	0.2105
2.679983D+08	1.6862	4.1529	4.0137	-2.3416	-2.9834	-3.4404	2.0600	0.2082
2.923698D+08	1.6950	4.1259	4.0092	-2.3551	-2.9937	-3.4498	2.0930	0.2061
3.144269D+08	1.7028	4.0993	4.0045	-2.3680	-3.0041	-3.4595	2.1260	0.2041
3.342610D+08	1.7100	4.0734	3.9998	-2.3798	-3.0134	-3.4682	2.1580	0.2022
3.520479D+08	1.7160	4.0481	3.9950	-2.3901	-3.0211	-3.4752	2.1900	0.2005
3.678711D+08	1.7215	4.0237	3.9903	-2.4005	-3.0297	-3.4834	2.2200	0.1989
3.827030D+08	1.7259	3.9995	3.9853	-2.4096	-3.0366	-3.4899	2.2500	0.1974
3.958402D+08	1.7300	3.9767	3.9806	-2.4180	-3.0433	-3.4962	2.2780	0.1961
4.077725D+08	1.7334	3.9549	3.9761	-2.4258	-3.0496	-3.5021	2.3050	0.1948
4.185837D+08	1.7364	3.9339	3.9715	-2.4330	-3.0553	-3.5076	2.3320	0.1936
4.282833D+08	1.7390	3.9139	3.9672	-2.4393	-3.0601	-3.5122	2.3570	0.1925
4.369473D+08	1.7411	3.8957	3.9632	-2.4453	-3.0649	-3.5166	2.3810	0.1915
4.449853D+08	1.7433	3.8787	3.9595	-2.4506	-3.0692	-3.5208	2.4030	0.1906
4.520986D+08	1.7456	3.8637	3.9563	-2.4555	-3.0731	-3.5245	2.4240	0.1898
4.583462D+08	1.7475	3.8507	3.9535	-2.4597	-3.0765	-3.5278	2.4420	0.1891
4.640577D+08	1.7502	3.8397	3.9514	-2.4637	-3.0799	-3.5311	2.4600	0.1884
4.688219D+08	1.7527	3.8314	3.9500	-2.4674	-3.0830	-3.5340	2.4760	0.1879
4.729640D+08	1.7558	3.8258	3.9494	-2.4705	-3.0856	-3.5366	2.4890	0.1874
4.761467D+08	1.7595	3.8236	3.9497	-2.4734	-3.0882	-3.5391	2.4990	0.1870
4.787012D+08	1.7637	3.8240	3.9509	-2.4755	-3.0904	-3.5414	2.5070	0.1866
4.806579D+08	1.7680	3.8263	3.9525	-2.4776	-3.0924	-3.5434	2.5130	0.1864
4.822287D+08	1.7724	3.8300	3.9546	-2.4795	-3.0944	-3.5454	2.5180	0.1861
4.834914D+08	1.7771	3.8348	3.9569	-2.4810	-3.0960	-3.5470	2.5230	0.1859
4.844200D+08	1.7824	3.8410	3.9598	-2.4824	-3.0974	-3.5486	2.5260	0.1858
4.851669D+08	1.7877	3.8477	3.9628	-2.4845	-3.0997	-3.5509	2.5290	0.1856



Tabla A.9 (Continuación)								
log m = 0.3997								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
4.857688D+08	1.7930	3.8549	3.9659	-2.4864	-3.1017	-3.5528	2.5320	0.1854
4.862094D+08	1.7990	3.8620	3.9692	-2.4877	-3.1031	-3.5544	2.5350	0.1852
4.865670D+08	1.8051	3.8695	3.9726	-2.4901	-3.1057	-3.5570	2.5390	0.1850
4.868582D+08	1.8111	3.8770	3.9760	-2.4922	-3.1079	-3.5591	2.5420	0.1848
4.870750D+08	1.8177	3.8838	3.9793	-2.4944	-3.1104	-3.5616	2.5470	0.1845
4.872540D+08	1.8243	3.8905	3.9827	-2.4968	-3.1129	-3.5642	2.5520	0.1842
4.873881D+08	1.8302	3.8962	3.9856	-2.4984	-3.1145	-3.5659	2.5580	0.1840
4.875010D+08	1.8361	3.9014	3.9883	-2.5015	-3.1176	-3.5689	2.5640	0.1837
4.875885D+08	1.8425	3.9058	3.9910	-2.5041	-3.1204	-3.5717	2.5720	0.1834
4.876568D+08	1.8470	3.9095	3.9931	-2.5060	-3.1222	-3.5735	2.5780	0.1831
4.877117D+08	1.8512	3.9125	3.9949	-2.5080	-3.1241	-3.5754	2.5850	0.1829
4.877565D+08	1.8547	3.9149	3.9964	-2.5096	-3.1256	-3.5769	2.5910	0.1827
4.877941D+08	1.8573	3.9169	3.9975	-2.5107	-3.1267	-3.5780	2.5960	0.1825
4.878238D+08	1.8590	3.9184	3.9983	-2.5108	-3.1267	-3.5781	2.6000	0.1825
4.878485D+08	1.8599	3.9197	3.9988	-2.5110	-3.1270	-3.5783	2.6020	0.1824
4.878698D+08	1.8601	3.9206	3.9992	-2.5110	-3.1269	-3.5783	2.6040	0.1824
4.878880D+08	1.8599	3.9214	3.9993	-2.5107	-3.1266	-3.5780	2.6040	0.1825
4.879034D+08	1.8593	3.9220	3.9993	-2.5102	-3.1262	-3.5776	2.6040	0.1825
4.879168D+08	1.8585	3.9225	3.9992	-2.5096	-3.1257	-3.5770	2.6040	0.1826
4.879434D+08	1.8557	3.9232	3.9987	-2.5079	-3.1239	-3.5753	2.6020	0.1828
4.879967D+08	1.8482	3.9226	3.9967	-2.5043	-3.1206	-3.5719	2.5980	0.1833
4.880500D+08	1.8422	3.9195	3.9944	-2.5017	-3.1178	-3.5691	2.5990	0.1835
4.881566D+08	1.8407	3.9071	3.9909	-2.5038	-3.1193	-3.5705	2.6200	0.1831
4.883698D+08	1.8488	3.8832	3.9870	-2.5143	-3.1283	-3.5793	2.6690	0.1814
4.887961D+08	1.8604	3.8567	3.9832	-2.5264	-3.1389	-3.5899	2.7260	0.1796
4.896488D+08	1.8680	3.8320	3.9790	-2.5370	-3.1484	-3.5990	2.7790	0.1780
4.913542D+08	1.8738	3.8031	3.9732	-2.5468	-3.1568	-3.6073	2.8420	0.1764
4.947649D+08	1.8801	3.7470	3.9607	-2.5629	-3.1705	-3.6207	2.9670	0.1738
5.013295D+08	1.8566	3.4902	3.8907	-2.5980	-3.1994	-3.6485	3.5140	0.1670
5.026668D+08	1.8351	3.4082	3.8648	-2.5991	-3.1988	-3.6469	3.6930	0.1662
5.033354D+08	1.8196	3.3577	3.8483	-2.5975	-3.1961	-3.6431	3.8040	0.1660
5.046727D+08	1.7603	3.2135	3.7974	-2.5475	-3.1267	-3.5539	4.0900	0.1695
5.053414D+08	1.7100	3.1673	3.7733	-2.3892	-2.9112	-3.2831	4.0390	0.1826
5.056757D+08	1.6764	3.1567	3.7622	-2.2597	-2.7408	-3.0780	3.9300	0.1947
5.063443D+08	1.5807	3.1614	3.7395	-1.8731	-2.2754	-2.5590	3.5000	0.2398
5.066787D+08	1.5321	3.1709	3.7297	-1.6825	-2.0657	-2.3395	3.2560	0.2691
5.073473D+08	1.4817	3.1566	3.7135	-1.3925	-1.7682	-2.0399	2.9390	0.3241
5.080159D+08	1.5107	3.0872	3.7034	-1.2594	-1.6421	-1.9185	2.9420	0.3533
5.086846D+08	1.5650	3.0068	3.6969	-1.1997	-1.5886	-1.8684	3.0930	0.3673
5.093532D+08	1.6221	2.9307	3.6922	-1.1724	-1.5657	-1.8480	3.3100	0.3741

Tabla A.9 (Continuación)

$\log m = 0.3997$

$X = 0.700 \quad Z = 0.02$

Edad	$\log L/L_{\odot}$	$\log g$	$\log T_{ef}$	$\log k_2$	$\log k_3$	$\log k_4$	$\alpha$	$\beta$
5.100219D+08	1.6778	2.8595	3.6883	-1.1584	-1.5550	-1.8390	3.5700	0.3777
5.106403D+08	1.7281	2.7968	3.6852	-1.1517	-1.5505	-1.8359	3.8430	0.3796
5.111780D+08	1.7704	2.7439	3.6826	-1.1476	-1.5479	-1.8343	4.1090	0.3806
5.116161D+08	1.8043	2.7022	3.6806	-1.1465	-1.5481	-1.8355	4.3430	0.3811
5.120182D+08	1.8346	2.6645	3.6787	-1.1456	-1.5480	-1.8360	4.5760	0.3814
5.123701D+08	1.8608	2.6322	3.6772	-1.1459	-1.5494	-1.8383	4.7910	0.3816
5.127007D+08	1.8852	2.6013	3.6756	-1.1456	-1.5497	-1.8391	5.0100	0.3817
5.130215D+08	1.9090	2.5717	3.6741	-1.1454	-1.5501	-1.8399	5.2320	0.3818
5.133086D+08	1.9303	2.5453	3.6729	-1.1456	-1.5513	-1.8419	5.4400	0.3820
5.135833D+08	1.9507	2.5199	3.6716	-1.1455	-1.5516	-1.8425	5.6520	0.3820
5.138510D+08	1.9708	2.4954	3.6705	-1.1454	-1.5522	-1.8436	5.8650	0.3821
5.141008D+08	1.9891	2.4727	3.6694	-1.1451	-1.5526	-1.8445	6.0720	0.3822
5.143427D+08	2.0066	2.4507	3.6683	-1.1449	-1.5531	-1.8455	6.2800	0.3824
5.145646D+08	2.0231	2.4301	3.6672	-1.1455	-1.5541	-1.8470	6.4840	0.3824
5.147775D+08	2.0384	2.4108	3.6663	-1.1454	-1.5545	-1.8478	6.6830	0.3824
5.149699D+08	2.0522	2.3936	3.6654	-1.1456	-1.5552	-1.8489	6.8680	0.3824
5.151624D+08	2.0660	2.3764	3.6645	-1.1458	-1.5559	-1.8499	7.0610	0.3825
5.153464D+08	2.0793	2.3596	3.6637	-1.1462	-1.5566	-1.8509	7.2530	0.3824
5.155220D+08	2.0919	2.3440	3.6629	-1.1466	-1.5576	-1.8523	7.4400	0.3823
5.156803D+08	2.1031	2.3299	3.6622	-1.1470	-1.5582	-1.8532	7.6140	0.3823
5.158385D+08	2.1143	2.3157	3.6615	-1.1475	-1.5591	-1.8544	7.7940	0.3822
5.159894D+08	2.1249	2.3021	3.6607	-1.1479	-1.5599	-1.8554	7.9700	0.3822
5.161331D+08	2.1353	2.2891	3.6601	-1.1485	-1.5608	-1.8567	8.1440	0.3821
5.162725D+08	2.1449	2.2769	3.6594	-1.1491	-1.5617	-1.8577	8.3140	0.3820
5.164091D+08	2.1546	2.2646	3.6588	-1.1497	-1.5626	-1.8589	8.4880	0.3819
5.165453D+08	2.1644	2.2521	3.6581	-1.1504	-1.5635	-1.8600	8.6670	0.3818
5.166700D+08	2.1732	2.2411	3.6575	-1.1509	-1.5642	-1.8610	8.8310	0.3817
5.167895D+08	2.1817	2.2303	3.6570	-1.1514	-1.5650	-1.8621	8.9940	0.3817
5.169059D+08	2.1897	2.2205	3.6565	-1.1519	-1.5659	-1.8633	9.1510	0.3816
5.170223D+08	2.1980	2.2100	3.6560	-1.1525	-1.5668	-1.8643	9.3170	0.3815
5.171328D+08	2.2059	2.2001	3.6555	-1.1532	-1.5677	-1.8655	9.4770	0.3814
5.172430D+08	2.2136	2.1903	3.6549	-1.1534	-1.5679	-1.8657	9.6400	0.3813
5.173430D+08	2.2209	2.1809	3.6544	-1.1539	-1.5685	-1.8664	9.7950	0.3812
5.174430D+08	2.2280	2.1722	3.6540	-1.1545	-1.5694	-1.8675	9.9470	0.3811
5.175430D+08	2.2349	2.1633	3.6535	-1.1551	-1.5702	-1.8686	0.0000	0.3810
5.176388D+08	2.2418	2.1547	3.6531	-1.1557	-1.5712	-1.8698	0.0000	0.3809
5.177346D+08	2.2486	2.1459	3.6526	-1.1563	-1.5719	-1.8708	0.0000	0.3808
5.178298D+08	2.2550	2.1377	3.6522	-1.1568	-1.5726	-1.8716	0.0000	0.3807
5.179157D+08	2.2614	2.1296	3.6517	-1.1573	-1.5733	-1.8724	0.0000	0.3806
5.180017D+08	2.2675	2.1218	3.6513	-1.1579	-1.5741	-1.8734	0.0000	0.3805



Tabla A.9 (Continuación)

log m = 0.3997								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
5.180877D+08	2.2735	2.1141	3.6509	-1.1585	-1.5749	-1.8743	0.0000	0.3804
5.181736D+08	2.2796	2.1063	3.6504	-1.1592	-1.5757	-1.8754	0.0000	0.3802
5.182589D+08	2.2858	2.0983	3.6500	-1.1597	-1.5764	-1.8762	0.0000	0.3801
5.183386D+08	2.2914	2.0912	3.6496	-1.1602	-1.5770	-1.8769	0.0000	0.3800
5.184182D+08	2.2971	2.0839	3.6492	-1.1608	-1.5778	-1.8779	0.0000	0.3799
5.184979D+08	2.3025	2.0770	3.6488	-1.1613	-1.5784	-1.8786	0.0000	0.3798
5.185775D+08	2.3082	2.0695	3.6484	-1.1619	-1.5791	-1.8794	0.0000	0.3797
5.186508D+08	2.3134	2.0629	3.6480	-1.1624	-1.5798	-1.8803	0.0000	0.3796
5.187232D+08	2.3185	2.0563	3.6477	-1.1633	-1.5810	-1.8817	0.0000	0.3795
5.187956D+08	2.3237	2.0497	3.6473	-1.1638	-1.5816	-1.8825	0.0000	0.3794
5.188659D+08	2.3284	2.0435	3.6469	-1.1642	-1.5821	-1.8830	0.0000	0.3793
5.189359D+08	2.3333	2.0372	3.6466	-1.1645	-1.5824	-1.8834	0.0000	0.3792
5.190055D+08	2.3378	2.0315	3.6463	-1.1650	-1.5830	-1.8841	0.0000	0.3791
5.190748D+08	2.3425	2.0254	3.6459	-1.1655	-1.5836	-1.8847	0.0000	0.3790
5.191437D+08	2.3466	2.0201	3.6456	-1.1660	-1.5842	-1.8854	0.0000	0.3789
5.191782D+08	2.3493	2.0167	3.6455	-1.1662	-1.5845	-1.8858	0.0000	0.3788
5.192126D+08	2.3511	2.0143	3.6453	-1.1664	-1.5847	-1.8860	0.0000	0.3788
5.192470D+08	2.3521	2.0130	3.6452	-1.1666	-1.5849	-1.8862	0.0000	0.3788
5.192795D+08	2.3520	2.0132	3.6453	-1.1667	-1.5849	-1.8862	0.0000	0.3787
5.193119D+08	2.3493	2.0168	3.6455	-1.1666	-1.5848	-1.8860	0.0000	0.3788
5.193281D+08	2.3468	2.0200	3.6457	-1.1664	-1.5845	-1.8857	0.0000	0.3788
5.193444D+08	2.3423	2.0258	3.6460	-1.1661	-1.5841	-1.8852	0.0000	0.3788
5.193606D+08	2.3347	2.0357	3.6465	-1.1657	-1.5835	-1.8844	0.0000	0.3789
5.193931D+08	2.3075	2.0707	3.6485	-1.1637	-1.5805	-1.8806	0.0000	0.3792
5.194255D+08	2.2773	2.1098	3.6507	-1.1618	-1.5778	-1.8771	0.0000	0.3795
5.194580D+08	2.2492	2.1459	3.6528	-1.1600	-1.5750	-1.8736	0.0000	0.3799
5.195229D+08	2.2074	2.1992	3.6556	-1.1577	-1.5715	-1.8691	9.6540	0.3802
5.195878D+08	2.1761	2.2387	3.6576	-1.1557	-1.5684	-1.8649	9.1240	0.3805
5.196527D+08	2.1520	2.2693	3.6593	-1.1543	-1.5663	-1.8622	8.7470	0.3807
5.197825D+08	2.1174	2.3133	3.6616	-1.1525	-1.5635	-1.8585	8.2610	0.3810
5.199123D+08	2.0911	2.3468	3.6634	-1.1512	-1.5613	-1.8557	7.9220	0.3812
5.200422D+08	2.0697	2.3737	3.6648	-1.1505	-1.5599	-1.8537	7.6720	0.3813
5.201720D+08	2.0515	2.3965	3.6660	-1.1497	-1.5586	-1.8519	7.4770	0.3814
5.204122D+08	2.0249	2.4301	3.6677	-1.1489	-1.5571	-1.8498	7.2250	0.3814
5.206524D+08	2.0060	2.4538	3.6689	-1.1483	-1.5558	-1.8480	7.0650	0.3815
5.208926D+08	1.9924	2.4711	3.6698	-1.1481	-1.5553	-1.8471	6.9640	0.3815
5.211327D+08	1.9829	2.4831	3.6704	-1.1478	-1.5546	-1.8462	6.9060	0.3815
5.213729D+08	1.9764	2.4913	3.6709	-1.1478	-1.5544	-1.8458	6.8770	0.3815
5.216131D+08	1.9719	2.4970	3.6712	-1.1480	-1.5544	-1.8456	6.8650	0.3814
5.218533D+08	1.9681	2.5018	3.6714	-1.1480	-1.5542	-1.8453	6.8560	0.3814

Tabla A.10								
log m = 0.4997								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>eff</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
0.000000D+00	1.9722	4.3460	4.1085	-2.1483	-2.8155	-3.2812	1.7360	0.2360
1.000000D+05	1.9722	4.3460	4.1085	-2.1483	-2.8155	-3.2812	1.7360	0.2360
3.000000D+05	1.9722	4.3458	4.1085	-2.1483	-2.8156	-3.2812	1.7360	0.2360
7.000000D+05	1.9724	4.3455	4.1084	-2.1486	-2.8158	-3.2814	1.7360	0.2360
1.500000D+06	1.9730	4.3446	4.1084	-2.1492	-2.8163	-3.2819	1.7370	0.2359
3.100000D+06	1.9740	4.3430	4.1082	-2.1505	-2.8173	-3.2828	1.7390	0.2357
6.300000D+06	1.9761	4.3397	4.1079	-2.1530	-2.8194	-3.2847	1.7430	0.2353
1.270000D+07	1.9804	4.3331	4.1073	-2.1582	-2.8236	-3.2885	1.7500	0.2345
2.550000D+07	1.9888	4.3194	4.1060	-2.1683	-2.8318	-3.2960	1.7660	0.2330
5.110000D+07	2.0063	4.2905	4.1032	-2.1895	-2.8495	-3.3126	1.7990	0.2299
7.444449D+07	2.0227	4.2612	4.0999	-2.2099	-2.8661	-3.3277	1.8330	0.2268
9.507405D+07	2.0374	4.2322	4.0964	-2.2293	-2.8819	-3.3421	1.8670	0.2240
1.132942D+08	2.0508	4.2039	4.0926	-2.2464	-2.8950	-3.3537	1.9000	0.2213
1.293591D+08	2.0631	4.1764	4.0888	-2.2633	-2.9093	-3.3674	1.9320	0.2188
1.439195D+08	2.0741	4.1488	4.0847	-2.2787	-2.9215	-3.3786	1.9640	0.2164
1.571252D+08	2.0845	4.1218	4.0805	-2.2936	-2.9337	-3.3899	1.9960	0.2142
1.686909D+08	2.0935	4.0957	4.0762	-2.3063	-2.9433	-3.3986	2.0270	0.2121
1.791550D+08	2.1018	4.0701	4.0719	-2.3195	-2.9545	-3.4094	2.0570	0.2101
1.885495D+08	2.1091	4.0451	4.0675	-2.3304	-2.9627	-3.4169	2.0860	0.2083
1.969695D+08	2.1153	4.0207	4.0630	-2.3420	-2.9726	-3.4264	2.1150	0.2066
2.044490D+08	2.1211	3.9977	4.0587	-2.3511	-2.9797	-3.4331	2.1420	0.2051
2.114510D+08	2.1263	3.9749	4.0542	-2.3604	-2.9873	-3.4403	2.1690	0.2036
2.176334D+08	2.1304	3.9533	4.0499	-2.3689	-2.9941	-3.4469	2.1950	0.2022
2.232392D+08	2.1343	3.9328	4.0458	-2.3766	-3.0005	-3.4530	2.2200	0.2010
2.283023D+08	2.1382	3.9138	4.0419	-2.3842	-3.0071	-3.4595	2.2430	0.1998
2.328249D+08	2.1414	3.8958	4.0383	-2.3908	-3.0125	-3.4647	2.2650	0.1987
2.368468D+08	2.1443	3.8796	4.0349	-2.3962	-3.0167	-3.4688	2.2860	0.1978
2.405587D+08	2.1472	3.8652	4.0321	-2.4016	-3.0212	-3.4732	2.3050	0.1970
2.438246D+08	2.1502	3.8528	4.0297	-2.4065	-3.0253	-3.4772	2.3230	0.1962
2.466745D+08	2.1533	3.8426	4.0279	-2.4108	-3.0291	-3.4809	2.3390	0.1955
2.492573D+08	2.1566	3.8345	4.0267	-2.4148	-3.0325	-3.4842	2.3540	0.1948
2.514325D+08	2.1601	3.8292	4.0263	-2.4183	-3.0356	-3.4873	2.3670	0.1943
2.531041D+08	2.1637	3.8268	4.0266	-2.4211	-3.0381	-3.4897	2.3770	0.1939
2.544442D+08	2.1675	3.8266	4.0275	-2.4234	-3.0403	-3.4919	2.3850	0.1935
2.555198D+08	2.1714	3.8283	4.0289	-2.4255	-3.0422	-3.4938	2.3910	0.1933
2.563464D+08	2.1756	3.8319	4.0308	-2.4272	-3.0439	-3.4954	2.3960	0.1930
2.569803D+08	2.1801	3.8370	4.0332	-2.4288	-3.0455	-3.4971	2.4000	0.1928
2.574898D+08	2.1846	3.8432	4.0359	-2.4301	-3.0469	-3.4985	2.4030	0.1927
2.579000D+08	2.1893	3.8501	4.0388	-2.4313	-3.0482	-3.4998	2.4050	0.1926
2.582027D+08	2.1944	3.8573	4.0419	-2.4327	-3.0497	-3.5013	2.4080	0.1924



Tabla A.10 (Continuación)

log m = 0.4997								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
2.584476D+08	2.1999	3.8651	4.0452	-2.4346	-3.0519	-3.5032	2.4100	0.1922
2.586463D+08	2.2049	3.8728	4.0484	-2.4352	-3.0525	-3.5039	2.4120	0.1921
2.587933D+08	2.2103	3.8799	4.0515	-2.4370	-3.0543	-3.5057	2.4150	0.1919
2.589140D+08	2.2157	3.8868	4.0546	-2.4393	-3.0568	-3.5080	2.4190	0.1917
2.590137D+08	2.2213	3.8936	4.0577	-2.4411	-3.0586	-3.5099	2.4230	0.1915
2.590893D+08	2.2269	3.8994	4.0605	-2.4424	-3.0597	-3.5109	2.4280	0.1913
2.591468D+08	2.2323	3.9044	4.0631	-2.4453	-3.0628	-3.5140	2.4340	0.1910
2.591958D+08	2.2375	3.9089	4.0656	-2.4474	-3.0649	-3.5160	2.4410	0.1907
2.592344D+08	2.2420	3.9127	4.0676	-2.4492	-3.0667	-3.5178	2.4470	0.1904
2.592652D+08	2.2458	3.9158	4.0693	-2.4509	-3.0683	-3.5194	2.4530	0.1902
2.592904D+08	2.2485	3.9183	4.0707	-2.4515	-3.0688	-3.5200	2.4580	0.1901
2.593114D+08	2.2508	3.9202	4.0717	-2.4531	-3.0705	-3.5215	2.4620	0.1899
2.593278D+08	2.2522	3.9216	4.0724	-2.4536	-3.0710	-3.5220	2.4650	0.1898
2.593413D+08	2.2531	3.9227	4.0729	-2.4538	-3.0712	-3.5223	2.4680	0.1898
2.593528D+08	2.2530	3.9236	4.0731	-2.4536	-3.0709	-3.5220	2.4690	0.1898
2.593628D+08	2.2525	3.9243	4.0732	-2.4531	-3.0705	-3.5216	2.4700	0.1899
2.593713D+08	2.2516	3.9248	4.0731	-2.4525	-3.0699	-3.5210	2.4690	0.1900
2.593788D+08	2.2507	3.9252	4.0729	-2.4519	-3.0693	-3.5204	2.4690	0.1900
2.593936D+08	2.2476	3.9255	4.0722	-2.4501	-3.0676	-3.5187	2.4680	0.1902
2.594232D+08	2.2403	3.9238	4.0700	-2.4463	-3.0637	-3.5148	2.4660	0.1907
2.594528D+08	2.2350	3.9195	4.0676	-2.4443	-3.0615	-3.5126	2.4690	0.1909
2.595120D+08	2.2344	3.9053	4.0639	-2.4477	-3.0640	-3.5151	2.4930	0.1902
2.596305D+08	2.2452	3.8791	4.0600	-2.4605	-3.0753	-3.5261	2.5450	0.1883
2.598674D+08	2.2581	3.8499	4.0560	-2.4749	-3.0883	-3.5390	2.6040	0.1861
2.603412D+08	2.2669	3.8217	4.0511	-2.4868	-3.0989	-3.5495	2.6600	0.1843
2.608151D+08	2.2713	3.8032	4.0476	-2.4937	-3.1050	-3.5556	2.6980	0.1832
2.617627D+08	2.2769	3.7729	4.0414	-2.5033	-3.1135	-3.5643	2.7610	0.1816
2.636581D+08	2.2840	3.6898	4.0224	-2.5264	-3.1342	-3.5852	2.9340	0.1779
2.655534D+08	2.2736	3.5173	3.9767	-2.5556	-3.1602	-3.6118	3.2930	0.1729
2.662691D+08	2.2558	3.4155	3.9468	-2.5637	-3.1672	-3.6188	3.5130	0.1712
2.666270D+08	2.2405	3.3501	3.9266	-2.5659	-3.1688	-3.6202	3.6580	0.1705
2.669848D+08	2.2161	3.2638	3.8989	-2.5662	-3.1683	-3.6191	3.8540	0.1701
2.673427D+08	2.1753	3.1466	3.8594	-2.5601	-3.1605	-3.6091	4.1250	0.1703
2.675216D+08	2.1465	3.0783	3.8352	-2.5515	-3.1504	-3.5966	4.2830	0.1711
2.677005D+08	2.1072	2.9969	3.8050	-2.5333	-3.1277	-3.5683	4.4690	0.1728
2.678795D+08	2.0544	2.9239	3.7735	-2.4388	-2.9999	-3.4061	4.5570	0.1811
2.680584D+08	1.9824	2.8930	3.7478	-2.1680	-2.6419	-2.9717	4.3480	0.2070
2.681478D+08	1.9419	2.8915	3.7373	-1.9915	-2.4247	-2.7259	4.1610	0.2271
2.683268D+08	1.8633	2.8943	3.7183	-1.6109	-1.9965	-2.2716	3.7230	0.2834
2.685057D+08	1.8597	2.8431	3.7047	-1.3781	-1.7581	-2.0324	3.5980	0.3279

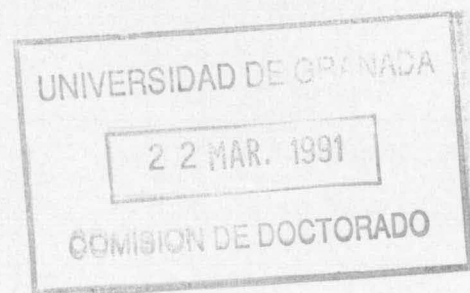


Tabla A.10 (Continuación)

log m = 0.4997								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
2.686846D+08	1.9105	2.7549	3.6953	-1.2673	-1.6523	-1.9306	3.7490	0.3519
2.688636D+08	1.9699	2.6694	3.6888	-1.2174	-1.6075	-1.8889	4.0090	0.3636
2.690425D+08	2.0226	2.5981	3.6841	-1.1926	-1.5865	-1.8702	4.2960	0.3695
2.692214D+08	2.0692	2.5368	3.6805	-1.1797	-1.5766	-1.8621	4.6010	0.3729
2.694793D+08	2.1310	2.4565	3.6758	-1.1697	-1.5696	-1.8568	5.0840	0.3756
2.697036D+08	2.1825	2.3903	3.6722	-1.1657	-1.5676	-1.8563	5.5560	0.3768
2.698933D+08	2.2249	2.3366	3.6693	-1.1644	-1.5681	-1.8581	5.9940	0.3773
2.700584D+08	2.2610	2.2901	3.6667	-1.1636	-1.5683	-1.8590	6.4140	0.3776
2.702151D+08	2.2954	2.2460	3.6643	-1.1635	-1.5693	-1.8608	6.8470	0.3778
2.703559D+08	2.3255	2.2073	3.6622	-1.1628	-1.5698	-1.8623	7.2590	0.3782
2.704845D+08	2.3525	2.1725	3.6602	-1.1620	-1.5701	-1.8633	7.6570	0.3785
2.706083D+08	2.3782	2.1398	3.6584	-1.1605	-1.5697	-1.8636	8.0570	0.3790
2.707170D+08	2.4005	2.1110	3.6568	-1.1605	-1.5705	-1.8651	8.4250	0.3791
2.707685D+08	2.4105	2.0980	3.6561	-1.1604	-1.5709	-1.8659	8.5960	0.3792
2.708200D+08	2.4196	2.0862	3.6554	-1.1599	-1.5707	-1.8658	8.7580	0.3794
2.708715D+08	2.4279	2.0760	3.6549	-1.1596	-1.5708	-1.8661	8.9020	0.3795
2.709176D+08	2.4338	2.0684	3.6545	-1.1598	-1.5712	-1.8667	9.0020	0.3794
2.709636D+08	2.4371	2.0642	3.6543	-1.1598	-1.5712	-1.8668	9.0500	0.3795
2.710097D+08	2.4374	2.0638	3.6543	-1.1597	-1.5713	-1.8669	9.0340	0.3795
2.711019D+08	2.4295	2.0741	3.6549	-1.1599	-1.5711	-1.8665	8.8630	0.3794
2.711941D+08	2.4194	2.0871	3.6556	-1.1598	-1.5708	-1.8660	8.6750	0.3794
2.712862D+08	2.4094	2.0999	3.6563	-1.1596	-1.5701	-1.8650	8.5110	0.3793
2.713784D+08	2.3999	2.1121	3.6570	-1.1597	-1.5699	-1.8646	8.3740	0.3793
2.714706D+08	2.3914	2.1233	3.6576	-1.1596	-1.5694	-1.8637	8.2610	0.3792
2.715627D+08	2.3837	2.1335	3.6583	-1.1598	-1.5695	-1.8638	8.1680	0.3792
2.716549D+08	2.3767	2.1425	3.6588	-1.1597	-1.5690	-1.8630	8.0940	0.3792
2.717470D+08	2.3704	2.1507	3.6592	-1.1598	-1.5688	-1.8626	8.0330	0.3791
2.718392D+08	2.3648	2.1579	3.6596	-1.1599	-1.5687	-1.8623	7.9850	0.3790
2.719314D+08	2.3599	2.1643	3.6600	-1.1599	-1.5686	-1.8621	7.9460	0.3790
2.720806D+08	2.3534	2.1727	3.6605	-1.1602	-1.5685	-1.8619	7.9080	0.3789
2.722299D+08	2.3483	2.1793	3.6609	-1.1606	-1.5688	-1.8620	7.8810	0.3788
2.723791D+08	2.3437	2.1852	3.6612	-1.1610	-1.5690	-1.8621	7.8590	0.3787
2.725284D+08	2.3397	2.1904	3.6615	-1.1613	-1.5692	-1.8621	7.8420	0.3786
2.726776D+08	2.3359	2.1956	3.6618	-1.1618	-1.5695	-1.8624	7.8240	0.3785
2.728268D+08	2.3322	2.2005	3.6621	-1.1621	-1.5696	-1.8624	7.8070	0.3784
2.729761D+08	2.3285	2.2052	3.6624	-1.1623	-1.5697	-1.8623	7.7900	0.3783
2.731253D+08	2.3249	2.2099	3.6627	-1.1626	-1.5698	-1.8623	7.7720	0.3782
2.732746D+08	2.3213	2.2146	3.6629	-1.1628	-1.5698	-1.8623	7.7540	0.3781
2.734238D+08	2.3179	2.2190	3.6632	-1.1630	-1.5698	-1.8621	7.7380	0.3780
2.735731D+08	2.3145	2.2234	3.6634	-1.1634	-1.5699	-1.8621	7.7210	0.3779



Tabla A.10 (Continuación)

$\log m = 0.4997$ $X = 0.700 \quad Z = 0.02$								
Edad	$\log L/L_{\odot}$	$\log g$	$\log T_{eff}$	$\log k_2$	$\log k_3$	$\log k_4$	$\alpha$	$\beta$
2.737223D+08	2.3111	2.2278	3.6637	-1.1637	-1.5701	-1.8621	7.7050	0.3778
2.738716D+08	2.3078	2.2321	3.6639	-1.1640	-1.5702	-1.8621	7.6890	0.3777
2.740208D+08	2.3046	2.2363	3.6642	-1.1643	-1.5704	-1.8622	7.6730	0.3776
2.741701D+08	2.3015	2.2405	3.6645	-1.1645	-1.5704	-1.8621	7.6580	0.3775
2.743193D+08	2.2985	2.2446	3.6647	-1.1648	-1.5706	-1.8623	7.6430	0.3775
2.744685D+08	2.2953	2.2486	3.6649	-1.1651	-1.5708	-1.8623	7.6280	0.3774
2.746178D+08	2.2923	2.2525	3.6652	-1.1654	-1.5709	-1.8623	7.6140	0.3773
2.748304D+08	2.2879	2.2582	3.6655	-1.1659	-1.5712	-1.8625	7.5950	0.3771
2.750431D+08	2.2836	2.2637	3.6658	-1.1661	-1.5710	-1.8620	7.5740	0.3770
2.752557D+08	2.2796	2.2691	3.6661	-1.1665	-1.5712	-1.8621	7.5540	0.3769
2.754684D+08	2.2757	2.2743	3.6665	-1.1669	-1.5715	-1.8623	7.5360	0.3767
2.756810D+08	2.2718	2.2794	3.6668	-1.1673	-1.5716	-1.8623	7.5160	0.3766
2.758936D+08	2.2679	2.2845	3.6671	-1.1679	-1.5722	-1.8629	7.4970	0.3765
2.761063D+08	2.2639	2.2898	3.6674	-1.1683	-1.5724	-1.8630	7.4770	0.3763
2.763189D+08	2.2602	2.2946	3.6677	-1.1688	-1.5728	-1.8633	7.4600	0.3762
2.765316D+08	2.2567	2.2992	3.6679	-1.1693	-1.5730	-1.8634	7.4440	0.3761
2.767442D+08	2.2530	2.3041	3.6682	-1.1698	-1.5733	-1.8636	7.4260	0.3760
2.769569D+08	2.2497	2.3085	3.6685	-1.1703	-1.5737	-1.8638	7.4100	0.3758
2.771695D+08	2.2461	2.3132	3.6688	-1.1706	-1.5738	-1.8638	7.3930	0.3757
2.773821D+08	2.2426	2.3178	3.6691	-1.1712	-1.5742	-1.8640	7.3760	0.3756
2.775948D+08	2.2393	2.3220	3.6693	-1.1713	-1.5739	-1.8635	7.3610	0.3754
2.778074D+08	2.2360	2.3265	3.6696	-1.1718	-1.5742	-1.8637	7.3450	0.3753
2.780201D+08	2.2326	2.3309	3.6698	-1.1722	-1.5744	-1.8638	7.3280	0.3752
2.783375D+08	2.2264	2.3390	3.6703	-1.1731	-1.5751	-1.8642	7.2950	0.3749
2.786550D+08	2.2212	2.3458	3.6707	-1.1739	-1.5756	-1.8646	7.2680	0.3747
2.789724D+08	2.2163	2.3522	3.6711	-1.1750	-1.5767	-1.8657	7.2430	0.3745
2.792898D+08	2.2114	2.3587	3.6715	-1.1757	-1.5771	-1.8661	7.2170	0.3743
2.796073D+08	2.2066	2.3650	3.6719	-1.1765	-1.5777	-1.8665	7.1930	0.3741
2.799247D+08	2.2016	2.3714	3.6722	-1.1773	-1.5782	-1.8668	7.1670	0.3738
2.802422D+08	2.1969	2.3775	3.6726	-1.1782	-1.5787	-1.8671	7.1430	0.3736
2.805596D+08	2.1919	2.3840	3.6729	-1.1789	-1.5792	-1.8674	7.1170	0.3733
2.808770D+08	2.1871	2.3903	3.6733	-1.1798	-1.5798	-1.8678	7.0910	0.3731
2.811945D+08	2.1822	2.3968	3.6737	-1.1810	-1.5807	-1.8687	7.0640	0.3728
2.815119D+08	2.1773	2.4031	3.6741	-1.1820	-1.5815	-1.8692	7.0370	0.3725
2.818293D+08	2.1723	2.4097	3.6744	-1.1830	-1.5821	-1.8696	7.0100	0.3722
2.821468D+08	2.1673	2.4162	3.6748	-1.1839	-1.5827	-1.8700	6.9820	0.3720
2.824642D+08	2.1625	2.4225	3.6752	-1.1851	-1.5835	-1.8706	6.9560	0.3716
2.827817D+08	2.1574	2.4294	3.6757	-1.1865	-1.5846	-1.8716	6.9260	0.3713
2.834165D+08	2.1437	2.4477	3.6768	-1.1902	-1.5874	-1.8739	6.8420	0.3703
2.840514D+08	2.1331	2.4619	3.6777	-1.1936	-1.5901	-1.8761	6.7800	0.3694

Tabla A.11								
log m = 0.5999								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
0.000000D+00	2.3477	4.3366	4.1750	-2.0839	-2.7509	-3.2167	1.6640	0.2447
1.000000D+05	2.3477	4.3365	4.1750	-2.0839	-2.7509	-3.2167	1.6640	0.2447
3.000000D+05	2.3479	4.3362	4.1749	-2.0842	-2.7511	-3.2169	1.6650	0.2447
7.000000D+05	2.3484	4.3355	4.1749	-2.0847	-2.7515	-3.2173	1.6650	0.2446
1.500000D+06	2.3494	4.3341	4.1748	-2.0859	-2.7525	-3.2182	1.6670	0.2444
3.100000D+06	2.3514	4.3311	4.1746	-2.0882	-2.7545	-3.2200	1.6700	0.2441
6.300000D+06	2.3555	4.3253	4.1741	-2.0932	-2.7590	-3.2245	1.6770	0.2434
1.270000D+07	2.3638	4.3128	4.1731	-2.1030	-2.7672	-3.2319	1.6900	0.2419
2.550000D+07	2.3807	4.2867	4.1708	-2.1228	-2.7836	-3.2470	1.7180	0.2389
3.844507D+07	2.3981	4.2580	4.1679	-2.1432	-2.8004	-3.2624	1.7500	0.2358
4.990205D+07	2.4133	4.2315	4.1651	-2.1619	-2.8158	-3.2764	1.7790	0.2330
6.005221D+07	2.4282	4.2034	4.1618	-2.1804	-2.8306	-3.2897	1.8100	0.2302
6.900933D+07	2.4418	4.1758	4.1583	-2.1980	-2.8450	-3.3030	1.8410	0.2275
7.689883D+07	2.4542	4.1490	4.1547	-2.2148	-2.8593	-3.3167	1.8710	0.2250
8.426361D+07	2.4662	4.1221	4.1510	-2.2303	-2.8719	-3.3284	1.9020	0.2226
9.072855D+07	2.4768	4.0959	4.1471	-2.2452	-2.8843	-3.3399	1.9310	0.2204
9.657796D+07	2.4864	4.0702	4.1431	-2.2583	-2.8944	-3.3491	1.9600	0.2183
1.018653D+08	2.4954	4.0450	4.1390	-2.2719	-2.9062	-3.3604	1.9890	0.2162
1.066359D+08	2.5036	4.0204	4.1349	-2.2841	-2.9162	-3.3699	2.0180	0.2143
1.109069D+08	2.5111	3.9966	4.1308	-2.2954	-2.9254	-3.3787	2.0450	0.2126
1.147194D+08	2.5178	3.9736	4.1268	-2.3051	-2.9330	-3.3856	2.0720	0.2109
1.180899D+08	2.5237	3.9518	4.1228	-2.3154	-2.9421	-3.3945	2.0970	0.2094
1.210554D+08	2.5289	3.9313	4.1190	-2.3241	-2.9493	-3.4015	2.1220	0.2080
1.238139D+08	2.5340	3.9119	4.1154	-2.3322	-2.9561	-3.4081	2.1450	0.2067
1.262956D+08	2.5384	3.8935	4.1119	-2.3390	-2.9613	-3.4130	2.1670	0.2056
1.285196D+08	2.5425	3.8767	4.1087	-2.3459	-2.9671	-3.4186	2.1880	0.2045
1.304121D+08	2.5463	3.8619	4.1060	-2.3528	-2.9734	-3.4248	2.2080	0.2035
1.321478D+08	2.5500	3.8487	4.1036	-2.3584	-2.9782	-3.4295	2.2260	0.2026
1.337311D+08	2.5539	3.8378	4.1018	-2.3635	-2.9826	-3.4339	2.2430	0.2017
1.351053D+08	2.5577	3.8295	4.1007	-2.3675	-2.9861	-3.4374	2.2570	0.2011
1.362791D+08	2.5615	3.8240	4.1003	-2.3713	-2.9895	-3.4407	2.2700	0.2005
1.372180D+08	2.5651	3.8214	4.1005	-2.3744	-2.9922	-3.4434	2.2800	0.2000
1.379404D+08	2.5687	3.8215	4.1015	-2.3768	-2.9944	-3.4455	2.2880	0.1997
1.385195D+08	2.5723	3.8236	4.1029	-2.3790	-2.9964	-3.4475	2.2930	0.1994
1.389652D+08	2.5761	3.8276	4.1048	-2.3805	-2.9979	-3.4489	2.2980	0.1992
1.393231D+08	2.5799	3.8328	4.1071	-2.3818	-2.9992	-3.4502	2.3010	0.1990
1.396111D+08	2.5839	3.8391	4.1097	-2.3820	-2.9992	-3.4501	2.3030	0.1990
1.398431D+08	2.5879	3.8461	4.1124	-2.3830	-3.0003	-3.4512	2.3050	0.1989
1.400144D+08	2.5922	3.8534	4.1153	-2.3841	-3.0015	-3.4524	2.3070	0.1987
1.401531D+08	2.5966	3.8611	4.1183	-2.3856	-3.0034	-3.4543	2.3090	0.1986



Tabla A.11 (Continuación)

log m = 0.5999								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
1.402658D+08	2.6014	3.8691	4.1215	-2.3868	-3.0049	-3.4558	2.3110	0.1985
1.403499D+08	2.6060	3.8764	4.1245	-2.3881	-3.0063	-3.4571	2.3140	0.1983
1.404190D+08	2.6107	3.8837	4.1275	-2.3894	-3.0077	-3.4586	2.3160	0.1982
1.404708D+08	2.6156	3.8900	4.1303	-2.3903	-3.0082	-3.4590	2.3200	0.1980
1.405141D+08	2.6203	3.8961	4.1330	-2.3920	-3.0099	-3.4607	2.3250	0.1978
1.405472D+08	2.6247	3.9013	4.1354	-2.3944	-3.0127	-3.4634	2.3300	0.1975
1.405755D+08	2.6293	3.9059	4.1377	-2.3961	-3.0143	-3.4651	2.3350	0.1973
1.405975D+08	2.6330	3.9097	4.1396	-2.3976	-3.0158	-3.4666	2.3400	0.1971
1.406151D+08	2.6360	3.9128	4.1411	-2.3993	-3.0174	-3.4681	2.3460	0.1969
1.406293D+08	2.6385	3.9152	4.1423	-2.4004	-3.0185	-3.4692	2.3500	0.1967
1.406410D+08	2.6402	3.9170	4.1432	-2.4011	-3.0192	-3.4698	2.3540	0.1966
1.406501D+08	2.6412	3.9184	4.1438	-2.4015	-3.0195	-3.4702	2.3570	0.1965
1.406578D+08	2.6417	3.9194	4.1442	-2.4016	-3.0196	-3.4703	2.3600	0.1965
1.406642D+08	2.6417	3.9201	4.1444	-2.4016	-3.0195	-3.4702	2.3610	0.1965
1.406697D+08	2.6414	3.9206	4.1444	-2.4013	-3.0192	-3.4699	2.3620	0.1965
1.406745D+08	2.6408	3.9209	4.1443	-2.4009	-3.0188	-3.4695	2.3630	0.1966
1.406786D+08	2.6401	3.9211	4.1442	-2.4004	-3.0183	-3.4690	2.3630	0.1966
1.406816D+08	2.6395	3.9212	4.1441	-2.4000	-3.0180	-3.4687	2.3640	0.1967
1.406878D+08	2.6374	3.9212	4.1436	-2.3987	-3.0167	-3.4674	2.3640	0.1968
1.407002D+08	2.6316	3.9197	4.1417	-2.3955	-3.0135	-3.4642	2.3620	0.1972
1.407248D+08	2.6249	3.9112	4.1379	-2.3934	-3.0108	-3.4615	2.3710	0.1973
1.407742D+08	2.6297	3.8867	4.1330	-2.4019	-3.0177	-3.4681	2.4130	0.1959
1.408729D+08	2.6453	3.8506	4.1279	-2.4211	-3.0353	-3.4855	2.4820	0.1930
1.409716D+08	2.6547	3.8274	4.1244	-2.4324	-3.0455	-3.4956	2.5260	0.1914
1.411690D+08	2.6629	3.8009	4.1198	-2.4433	-3.0553	-3.5054	2.5760	0.1897
1.415639D+08	2.6706	3.7665	4.1132	-2.4561	-3.0668	-3.5169	2.6430	0.1877
1.423536D+08	2.6796	3.6937	4.0972	-2.4773	-3.0855	-3.5359	2.7880	0.1842
1.436117D+08	2.6630	3.3806	4.0148	-2.5329	-3.1380	-3.5913	3.4310	0.1752
1.438502D+08	2.6422	3.2827	3.9851	-2.5389	-3.1443	-3.5986	3.6510	0.1740
1.439694D+08	2.6246	3.2187	3.9647	-2.5405	-3.1458	-3.6001	3.8000	0.1737
1.440886D+08	2.6034	3.1401	3.9398	-2.5404	-3.1459	-3.6002	3.9870	0.1734
1.442078D+08	2.5687	3.0373	3.9054	-2.5356	-3.1406	-3.5935	4.2390	0.1737
1.442674D+08	2.5455	2.9779	3.8848	-2.5306	-3.1350	-3.5865	4.3880	0.1743
1.443270D+08	2.5169	2.9086	3.8603	-2.5228	-3.1260	-3.5753	4.5660	0.1751
1.443866D+08	2.4808	2.8267	3.8308	-2.5108	-3.1116	-3.5572	4.7840	0.1764
1.444462D+08	2.4357	2.7296	3.7952	-2.4898	-3.0851	-3.5233	5.0520	0.1787
1.445058D+08	2.3791	2.6379	3.7582	-2.3871	-2.9444	-3.3430	5.2390	0.1879
1.445655D+08	2.3098	2.5958	3.7303	-2.0757	-2.5352	-2.8522	5.0540	0.2191
1.445953D+08	2.2760	2.5876	3.7198	-1.8861	-2.3074	-2.6004	4.8820	0.2423
1.446549D+08	2.2390	2.5513	3.7015	-1.5309	-1.9154	-2.1907	4.6260	0.2984

Tabla A.11 (Continuación)

log m = 0.5999								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
1.447145D+08	2.2863	2.4520	3.6885	-1.3466	-1.7301	-2.0076	4.8240	0.3347
1.447741D+08	2.3594	2.3420	3.6793	-1.2649	-1.6535	-1.9349	5.2590	0.3528
1.448337D+08	2.4210	2.2554	3.6730	-1.2294	-1.6224	-1.9066	5.7190	0.3611
1.448933D+08	2.4680	2.1911	3.6687	-1.2114	-1.6075	-1.8936	6.1430	0.3655
1.449529D+08	2.5067	2.1394	3.6654	-1.2009	-1.5992	-1.8867	6.5490	0.3682
1.450707D+08	2.5745	2.0482	3.6596	-1.1903	-1.5921	-1.8818	7.4120	0.3711
1.451607D+08	2.6239	1.9828	3.6556	-1.1871	-1.5910	-1.8820	8.1460	0.3722
1.452400D+08	2.6656	1.9278	3.6523	-1.1859	-1.5911	-1.8832	8.8500	0.3726
1.452778D+08	2.6845	1.9031	3.6508	-1.1855	-1.5914	-1.8839	9.1890	0.3729
1.453155D+08	2.7018	1.8798	3.6493	-1.1847	-1.5913	-1.8843	9.5240	0.3732
1.453533D+08	2.7165	1.8604	3.6481	-1.1839	-1.5912	-1.8846	9.8020	0.3734
1.454151D+08	2.7277	1.8458	3.6473	-1.1833	-1.5911	-1.8849	9.9690	0.3736
1.454770D+08	2.7297	1.8433	3.6472	-1.1835	-1.5913	-1.8851	9.9650	0.3736
1.455389D+08	2.7274	1.8464	3.6474	-1.1841	-1.5917	-1.8854	9.9080	0.3734
1.456007D+08	2.7236	1.8514	3.6477	-1.1845	-1.5919	-1.8854	9.8470	0.3733
1.456626D+08	2.7191	1.8575	3.6481	-1.1850	-1.5922	-1.8856	9.7880	0.3731
1.457245D+08	2.7142	1.8641	3.6485	-1.1855	-1.5925	-1.8857	9.7350	0.3730
1.457863D+08	2.7094	1.8706	3.6489	-1.1858	-1.5926	-1.8857	9.6910	0.3729
1.458482D+08	2.7050	1.8765	3.6493	-1.1863	-1.5928	-1.8858	9.6580	0.3727
1.459101D+08	2.7008	1.8821	3.6496	-1.1868	-1.5932	-1.8860	9.6310	0.3726
1.459719D+08	2.6971	1.8871	3.6500	-1.1872	-1.5934	-1.8862	9.6120	0.3725
1.460338D+08	2.6937	1.8917	3.6503	-1.1875	-1.5935	-1.8861	9.5970	0.3723
1.460957D+08	2.6908	1.8957	3.6505	-1.1879	-1.5938	-1.8864	9.5860	0.3722
1.461872D+08	2.6868	1.9011	3.6509	-1.1887	-1.5943	-1.8867	9.5800	0.3720
1.462788D+08	2.6828	1.9066	3.6512	-1.1894	-1.5948	-1.8870	9.5670	0.3718
1.463704D+08	2.6790	1.9116	3.6516	-1.1897	-1.5947	-1.8867	9.5560	0.3717
1.464620D+08	2.6755	1.9163	3.6519	-1.1902	-1.5949	-1.8867	9.5470	0.3715
1.465536D+08	2.6721	1.9211	3.6522	-1.1907	-1.5952	-1.8869	9.5380	0.3713
1.466452D+08	2.6686	1.9258	3.6525	-1.1914	-1.5956	-1.8872	9.5270	0.3711
1.467367D+08	2.6654	1.9302	3.6528	-1.1924	-1.5967	-1.8883	9.5190	0.3709
1.468283D+08	2.6623	1.9344	3.6531	-1.1931	-1.5972	-1.8888	9.5110	0.3708
1.469199D+08	2.6591	1.9386	3.6533	-1.1937	-1.5976	-1.8891	9.5030	0.3706
1.470115D+08	2.6562	1.9425	3.6536	-1.1944	-1.5981	-1.8895	9.4980	0.3704
1.471031D+08	2.6535	1.9462	3.6538	-1.1950	-1.5985	-1.8896	9.4930	0.3702
1.471947D+08	2.6506	1.9502	3.6541	-1.1957	-1.5990	-1.8901	9.4860	0.3700
1.472862D+08	2.6479	1.9538	3.6543	-1.1964	-1.5995	-1.8904	9.4810	0.3698
1.473778D+08	2.6452	1.9575	3.6546	-1.1970	-1.5999	-1.8907	9.4750	0.3697
1.474694D+08	2.6426	1.9609	3.6548	-1.1977	-1.6003	-1.8911	9.4710	0.3695
1.476097D+08	2.6383	1.9666	3.6552	-1.1989	-1.6013	-1.8918	9.4640	0.3692
1.477500D+08	2.6345	1.9720	3.6555	-1.2001	-1.6023	-1.8927	9.4540	0.3689



Tabla A.11 (Continuación)

log m = 0.5999								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>eff</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
1.478903D+08	2.6307	1.9771	3.6559	-1.2013	-1.6032	-1.8935	9.4450	0.3685
1.480306D+08	2.6271	1.9822	3.6562	-1.2025	-1.6041	-1.8943	9.4360	0.3682
1.481709D+08	2.6235	1.9870	3.6565	-1.2036	-1.6050	-1.8950	9.4290	0.3679
1.483112D+08	2.6201	1.9915	3.6568	-1.2047	-1.6057	-1.8955	9.4230	0.3677
1.484515D+08	2.6170	1.9959	3.6571	-1.2057	-1.6065	-1.8962	9.4180	0.3673
1.485918D+08	2.6139	2.0002	3.6574	-1.2068	-1.6074	-1.8971	9.4120	0.3670
1.487321D+08	2.6109	2.0045	3.6577	-1.2081	-1.6084	-1.8979	9.4070	0.3667
1.488724D+08	2.6080	2.0084	3.6580	-1.2092	-1.6093	-1.8987	9.4030	0.3664
1.490127D+08	2.6051	2.0123	3.6583	-1.2104	-1.6102	-1.8993	9.4000	0.3661
1.491530D+08	2.6023	2.0161	3.6585	-1.2115	-1.6110	-1.9000	9.3960	0.3658
1.492933D+08	2.5996	2.0198	3.6588	-1.2126	-1.6118	-1.9007	9.3930	0.3654
1.494336D+08	2.5971	2.0233	3.6590	-1.2139	-1.6128	-1.9015	9.3910	0.3651
1.495738D+08	2.5945	2.0269	3.6593	-1.2152	-1.6138	-1.9024	9.3870	0.3648
1.497141D+08	2.5920	2.0305	3.6595	-1.2164	-1.6149	-1.9033	9.3840	0.3644
1.499208D+08	2.5878	2.0365	3.6600	-1.2188	-1.6168	-1.9051	9.3760	0.3639
1.501272D+08	2.5842	2.0414	3.6603	-1.2208	-1.6184	-1.9065	9.3710	0.3634
1.503335D+08	2.5809	2.0460	3.6607	-1.2225	-1.6198	-1.9077	9.3680	0.3629
1.505399D+08	2.5779	2.0504	3.6610	-1.2245	-1.6214	-1.9091	9.3670	0.3624
1.507462D+08	2.5749	2.0547	3.6613	-1.2267	-1.6233	-1.9109	9.3650	0.3619
1.509526D+08	2.5721	2.0588	3.6616	-1.2287	-1.6250	-1.9125	9.3650	0.3614
1.511589D+08	2.5694	2.0628	3.6619	-1.2309	-1.6270	-1.9143	9.3650	0.3608
1.513653D+08	2.5666	2.0668	3.6623	-1.2330	-1.6286	-1.9158	9.3640	0.3603
1.515716D+08	2.5641	2.0704	3.6625	-1.2348	-1.6301	-1.9170	9.3650	0.3598
1.517780D+08	2.5617	2.0739	3.6628	-1.2368	-1.6317	-1.9184	9.3670	0.3593
1.519843D+08	2.5592	2.0775	3.6631	-1.2389	-1.6335	-1.9201	9.3670	0.3587
1.521907D+08	2.5569	2.0808	3.6634	-1.2410	-1.6353	-1.9217	9.3690	0.3582
1.523970D+08	2.5546	2.0843	3.6636	-1.2432	-1.6372	-1.9234	9.3690	0.3577
1.526034D+08	2.5524	2.0875	3.6639	-1.2452	-1.6389	-1.9250	9.3710	0.3572
1.529035D+08	2.5484	2.0934	3.6644	-1.2493	-1.6425	-1.9284	9.3670	0.3562
1.531899D+08	2.5453	2.0980	3.6647	-1.2525	-1.6452	-1.9307	9.3640	0.3554
1.534763D+08	2.5426	2.1021	3.6651	-1.2555	-1.6477	-1.9330	9.3670	0.3546
1.537627D+08	2.5399	2.1061	3.6654	-1.2582	-1.6498	-1.9348	9.3710	0.3539
1.540491D+08	2.5374	2.1101	3.6658	-1.2614	-1.6526	-1.9374	9.3730	0.3531
1.543355D+08	2.5350	2.1140	3.6661	-1.2650	-1.6558	-1.9404	9.3770	0.3523
1.546219D+08	2.5324	2.1179	3.6665	-1.2683	-1.6587	-1.9430	9.3790	0.3514
1.549083D+08	2.5297	2.1220	3.6669	-1.2717	-1.6616	-1.9457	9.3780	0.3506
1.551947D+08	2.5271	2.1262	3.6672	-1.2753	-1.6647	-1.9486	9.3780	0.3497
1.554811D+08	2.5246	2.1302	3.6676	-1.2793	-1.6683	-1.9519	9.3790	0.3487
1.557675D+08	2.5220	2.1342	3.6680	-1.2834	-1.6718	-1.9552	9.3790	0.3477
1.560539D+08	2.5195	2.1382	3.6683	-1.2873	-1.6752	-1.9581	9.3800	0.3467

Tabla A.12								
log m = 0.6998								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>eff</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
0.000000D+00	2.7138	4.3276	4.2393	-2.0212	-2.6880	-3.1544	1.5980	0.2534
1.000000D+05	2.7139	4.3274	4.2393	-2.0213	-2.6881	-3.1545	1.5990	0.2534
3.000000D+05	2.7143	4.3269	4.2392	-2.0218	-2.6885	-3.1548	1.5990	0.2533
7.000000D+05	2.7153	4.3256	4.2392	-2.0228	-2.6894	-3.1556	1.6000	0.2531
1.500000D+06	2.7172	4.3232	4.2390	-2.0248	-2.6911	-3.1573	1.6030	0.2528
3.100000D+06	2.7208	4.3181	4.2386	-2.0288	-2.6943	-3.1602	1.6080	0.2522
6.300000D+06	2.7276	4.3074	4.2377	-2.0379	-2.7018	-3.1669	1.6190	0.2510
1.270000D+07	2.7437	4.2851	4.2361	-2.0559	-2.7172	-3.1811	1.6430	0.2482
2.043202D+07	2.7636	4.2560	4.2338	-2.0785	-2.7363	-3.1985	1.6740	0.2448
2.727460D+07	2.7818	4.2270	4.2311	-2.1006	-2.7554	-3.2166	1.7050	0.2415
3.333292D+07	2.7989	4.1984	4.2282	-2.1210	-2.7726	-3.2326	1.7360	0.2384
3.869051D+07	2.8147	4.1703	4.2252	-2.1404	-2.7889	-3.2477	1.7660	0.2354
4.342125D+07	2.8288	4.1426	4.2218	-2.1584	-2.8037	-3.2614	1.7970	0.2327
4.759456D+07	2.8420	4.1156	4.2183	-2.1747	-2.8168	-3.2733	1.8260	0.2301
5.126635D+07	2.8539	4.0894	4.2148	-2.1910	-2.8310	-3.2869	1.8550	0.2277
5.448744D+07	2.8648	4.0640	4.2111	-2.2056	-2.8432	-3.2984	1.8830	0.2254
5.749334D+07	2.8748	4.0387	4.2073	-2.2194	-2.8545	-3.3089	1.9110	0.2233
6.011905D+07	2.8837	4.0145	4.2035	-2.2323	-2.8652	-3.3190	1.9390	0.2213
6.248586D+07	2.8919	3.9911	4.1997	-2.2443	-2.8752	-3.3285	1.9650	0.2194
6.460193D+07	2.8995	3.9685	4.1959	-2.2560	-2.8854	-3.3383	1.9910	0.2176
6.657415D+07	2.9067	3.9464	4.1922	-2.2667	-2.8944	-3.3469	2.0160	0.2160
6.832826D+07	2.9131	3.9254	4.1886	-2.2759	-2.9018	-3.3540	2.0400	0.2144
6.987213D+07	2.9188	3.9058	4.1851	-2.2848	-2.9094	-3.3612	2.0630	0.2130
7.126352D+07	2.9242	3.8874	4.1818	-2.2931	-2.9164	-3.3680	2.0860	0.2117
7.251241D+07	2.9291	3.8705	4.1788	-2.3013	-2.9236	-3.3750	2.1070	0.2105
7.366255D+07	2.9339	3.8549	4.1761	-2.3083	-2.9297	-3.3809	2.1270	0.2094
7.465389D+07	2.9382	3.8415	4.1738	-2.3145	-2.9350	-3.3861	2.1450	0.2084
7.555853D+07	2.9424	3.8300	4.1720	-2.3202	-2.9400	-3.3910	2.1620	0.2075
7.634741D+07	2.9465	3.8209	4.1708	-2.3252	-2.9444	-3.3953	2.1770	0.2067
7.702900D+07	2.9505	3.8146	4.1702	-2.3294	-2.9481	-3.3990	2.1900	0.2061
7.758778D+07	2.9543	3.8114	4.1703	-2.3329	-2.9512	-3.4020	2.2010	0.2055
7.801635D+07	2.9579	3.8109	4.1711	-2.3355	-2.9536	-3.4044	2.2090	0.2051
7.835963D+07	2.9614	3.8126	4.1724	-2.3375	-2.9555	-3.4063	2.2150	0.2048
7.862300D+07	2.9648	3.8162	4.1742	-2.3391	-2.9571	-3.4078	2.2200	0.2046
7.883444D+07	2.9682	3.8212	4.1763	-2.3404	-2.9583	-3.4090	2.2230	0.2045
7.900451D+07	2.9716	3.8272	4.1786	-2.3414	-2.9593	-3.4100	2.2260	0.2043
7.914159D+07	2.9751	3.8340	4.1812	-2.3423	-2.9603	-3.4109	2.2280	0.2042
7.924362D+07	2.9788	3.8412	4.1839	-2.3426	-2.9606	-3.4112	2.2300	0.2042
7.932617D+07	2.9825	3.8489	4.1868	-2.3434	-2.9615	-3.4121	2.2320	0.2041
7.939318D+07	2.9863	3.8567	4.1897	-2.3442	-2.9624	-3.4131	2.2340	0.2040



Tabla A.12 (Continuación)

log m = 0.6998								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
7.944780D+07	2.9901	3.8643	4.1925	-2.3455	-2.9638	-3.4145	2.2360	0.2039
7.948874D+07	2.9942	3.8713	4.1953	-2.3467	-2.9652	-3.4158	2.2390	0.2037
7.952252D+07	2.9985	3.8782	4.1981	-2.3480	-2.9666	-3.4173	2.2420	0.2035
7.954825D+07	3.0028	3.8842	4.2007	-2.3498	-2.9685	-3.4191	2.2460	0.2033
7.956982D+07	3.0067	3.8898	4.2031	-2.3512	-2.9700	-3.4206	2.2500	0.2031
7.958643D+07	3.0105	3.8945	4.2052	-2.3522	-2.9707	-3.4214	2.2550	0.2029
7.959944D+07	3.0139	3.8983	4.2070	-2.3537	-2.9722	-3.4229	2.2600	0.2027
7.961071D+07	3.0169	3.9016	4.2086	-2.3552	-2.9736	-3.4242	2.2650	0.2025
7.961970D+07	3.0194	3.9042	4.2098	-2.3563	-2.9747	-3.4253	2.2700	0.2023
7.962703D+07	3.0212	3.9062	4.2108	-2.3572	-2.9755	-3.4261	2.2750	0.2022
7.963262D+07	3.0224	3.9075	4.2114	-2.3578	-2.9760	-3.4266	2.2780	0.2021
7.963732D+07	3.0230	3.9086	4.2118	-2.3580	-2.9762	-3.4269	2.2810	0.2020
7.964136D+07	3.0233	3.9093	4.2121	-2.3581	-2.9763	-3.4269	2.2830	0.2020
7.964464D+07	3.0231	3.9098	4.2122	-2.3579	-2.9761	-3.4267	2.2850	0.2020
7.964753D+07	3.0228	3.9102	4.2122	-2.3577	-2.9758	-3.4264	2.2860	0.2021
7.964985D+07	3.0223	3.9103	4.2121	-2.3573	-2.9754	-3.4261	2.2870	0.2021
7.965175D+07	3.0219	3.9104	4.2120	-2.3571	-2.9752	-3.4258	2.2880	0.2021
7.965555D+07	3.0199	3.9103	4.2115	-2.3558	-2.9739	-3.4245	2.2890	0.2023
7.966314D+07	3.0135	3.9082	4.2093	-2.3521	-2.9701	-3.4208	2.2880	0.2027
7.967832D+07	3.0063	3.8969	4.2047	-2.3504	-2.9678	-3.4183	2.2990	0.2028
7.969350D+07	3.0067	3.8812	4.2009	-2.3554	-2.9719	-3.4223	2.3230	0.2019
7.972387D+07	3.0186	3.8507	4.1962	-2.3704	-2.9853	-3.4354	2.3790	0.1996
7.978459D+07	3.0357	3.8116	4.1907	-2.3904	-3.0035	-3.4534	2.4520	0.1966
7.990605D+07	3.0489	3.7686	4.1833	-2.4096	-3.0210	-3.4707	2.5320	0.1938
8.002751D+07	3.0553	3.7368	4.1769	-2.4211	-3.0314	-3.4811	2.5910	0.1920
8.027042D+07	3.0634	3.6815	4.1652	-2.4386	-3.0472	-3.4971	2.6960	0.1892
8.075625D+07	3.0677	3.4834	4.1167	-2.4827	-3.0882	-3.5401	3.0930	0.1821
8.087771D+07	3.0607	3.4108	4.0968	-2.4939	-3.0988	-3.5515	3.2500	0.1804
8.112062D+07	3.0190	3.1176	4.0131	-2.5253	-3.1330	-3.5898	3.9520	0.1755
8.118135D+07	2.9931	3.0206	3.9823	-2.5271	-3.1361	-3.5937	4.2080	0.1752
8.124113D+07	2.9534	2.8885	3.9394	-2.5252	-3.1348	-3.5916	4.5800	0.1754
8.127102D+07	2.9275	2.8113	3.9136	-2.5206	-3.1296	-3.5846	4.8110	0.1759
8.130091D+07	2.8945	2.7178	3.8820	-2.5131	-3.1204	-3.5721	5.1080	0.1768
8.133080D+07	2.8526	2.6017	3.8425	-2.5017	-3.1056	-3.5515	5.5100	0.1781
8.136069D+07	2.8003	2.4533	3.7923	-2.4815	-3.0766	-3.5106	6.0890	0.1801
8.137563D+07	2.7712	2.3710	3.7645	-2.4587	-3.0426	-3.4641	6.4440	0.1820
8.139058D+07	2.7382	2.3006	3.7386	-2.3635	-2.9067	-3.2877	6.6970	0.1901
8.140552D+07	2.7017	2.2563	3.7184	-2.1563	-2.6292	-2.9529	6.7220	0.2097
8.142047D+07	2.6652	2.2290	3.7025	-1.8817	-2.2966	-2.5849	6.5880	0.2419
8.145036D+07	2.6733	2.1222	3.6778	-1.4344	-1.8158	-2.0920	6.7290	0.3160

Tabla A.12 (Continuación)

log m = 0.6998								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
8.145783D+07	2.7035	2.0722	3.6729	-1.3814	-1.7639	-2.0416	6.9970	0.3269
8.147277D+07	2.7611	1.9831	3.6650	-1.3085	-1.6950	-1.9761	7.5620	0.3427
8.148772D+07	2.8129	1.9078	3.6591	-1.2718	-1.6622	-1.9458	8.1450	0.3511
8.150266D+07	2.8520	1.8522	3.6550	-1.2523	-1.6454	-1.9306	8.6520	0.3558
8.151761D+07	2.8811	1.8118	3.6521	-1.2411	-1.6363	-1.9227	9.0770	0.3586
8.154750D+07	2.9225	1.7543	3.6481	-1.2280	-1.6259	-1.9138	9.8020	0.3619
8.157739D+07	2.9579	1.7056	3.6448	-1.2204	-1.6202	-1.9093	0.0000	0.3639
8.162423D+07	3.0007	1.6472	3.6409	-1.2156	-1.6172	-1.9073	0.0000	0.3654
8.166578D+07	3.0206	1.6200	3.6391	-1.2148	-1.6171	-1.9075	0.0000	0.3657
8.170713D+07	3.0278	1.6103	3.6385	-1.2150	-1.6175	-1.9080	0.0000	0.3656
8.174848D+07	3.0289	1.6090	3.6384	-1.2158	-1.6181	-1.9087	0.0000	0.3654
8.178984D+07	3.0270	1.6117	3.6386	-1.2167	-1.6189	-1.9093	0.0000	0.3652
8.183119D+07	3.0237	1.6164	3.6389	-1.2179	-1.6197	-1.9100	0.0000	0.3649
8.187254D+07	3.0195	1.6222	3.6393	-1.2191	-1.6206	-1.9108	0.0000	0.3646
8.191389D+07	3.0151	1.6283	3.6398	-1.2201	-1.6214	-1.9115	0.0000	0.3643
8.195524D+07	3.0109	1.6342	3.6402	-1.2213	-1.6223	-1.9122	0.0000	0.3639
8.199660D+07	3.0071	1.6396	3.6406	-1.2224	-1.6232	-1.9129	0.0000	0.3636
8.203795D+07	3.0036	1.6445	3.6410	-1.2236	-1.6241	-1.9138	0.0000	0.3633
8.207930D+07	3.0006	1.6488	3.6413	-1.2247	-1.6250	-1.9146	0.0000	0.3630
8.214350D+07	2.9967	1.6542	3.6417	-1.2264	-1.6263	-1.9157	0.0000	0.3626
8.220770D+07	2.9935	1.6588	3.6420	-1.2280	-1.6277	-1.9169	0.0000	0.3622
8.227189D+07	2.9906	1.6628	3.6423	-1.2295	-1.6288	-1.9178	0.0000	0.3618
8.233609D+07	2.9880	1.6665	3.6426	-1.2310	-1.6301	-1.9190	0.0000	0.3614
8.240029D+07	2.9857	1.6698	3.6428	-1.2322	-1.6310	-1.9197	0.0000	0.3611
8.246449D+07	2.9835	1.6731	3.6431	-1.2336	-1.6321	-1.9208	0.0000	0.3607
8.252868D+07	2.9814	1.6761	3.6433	-1.2349	-1.6332	-1.9217	0.0000	0.3603
8.259288D+07	2.9795	1.6790	3.6435	-1.2362	-1.6342	-1.9226	0.0000	0.3600
8.265708D+07	2.9775	1.6819	3.6438	-1.2377	-1.6354	-1.9237	0.0000	0.3596
8.272128D+07	2.9757	1.6846	3.6440	-1.2391	-1.6366	-1.9248	0.0000	0.3592
8.278547D+07	2.9739	1.6871	3.6442	-1.2404	-1.6377	-1.9258	0.0000	0.3589
8.287691D+07	2.9716	1.6906	3.6445	-1.2424	-1.6393	-1.9272	0.0000	0.3584
8.296834D+07	2.9696	1.6937	3.6447	-1.2443	-1.6410	-1.9287	0.0000	0.3579
8.305977D+07	2.9675	1.6967	3.6450	-1.2464	-1.6427	-1.9303	0.0000	0.3573
8.315120D+07	2.9658	1.6994	3.6452	-1.2483	-1.6443	-1.9318	0.0000	0.3569
8.324263D+07	2.9640	1.7020	3.6454	-1.2501	-1.6458	-1.9331	0.0000	0.3564
8.333406D+07	2.9625	1.7045	3.6457	-1.2521	-1.6475	-1.9347	0.0000	0.3559
8.342549D+07	2.9610	1.7068	3.6459	-1.2540	-1.6491	-1.9361	0.0000	0.3554
8.351692D+07	2.9595	1.7090	3.6461	-1.2558	-1.6506	-1.9375	0.0000	0.3549
8.360836D+07	2.9582	1.7111	3.6462	-1.2577	-1.6523	-1.9390	0.0000	0.3545
8.369979D+07	2.9569	1.7132	3.6464	-1.2596	-1.6539	-1.9405	0.0000	0.3540



Tabla A.12 (Continuación)

$\log m = 0.6998$ $X = 0.700 \quad Z = 0.02$								
Edad	$\log L/L_{\odot}$	$\log g$	$\log T_{ef}$	$\text{Log } k_2$	$\text{Log } k_3$	$\log k_4$	$\alpha$	$\beta$
8.379122D+07	2.9556	1.7151	3.6466	-1.2615	-1.6555	-1.9420	0.0000	0.3535
8.388265D+07	2.9545	1.7170	3.6468	-1.2634	-1.6571	-1.9435	0.0000	0.3531
8.397408D+07	2.9533	1.7189	3.6470	-1.2653	-1.6588	-1.9450	0.0000	0.3526
8.406551D+07	2.9522	1.7208	3.6472	-1.2673	-1.6605	-1.9466	0.0000	0.3521
8.419100D+07	2.9501	1.7240	3.6475	-1.2706	-1.6634	-1.9493	0.0000	0.3513
8.431521D+07	2.9484	1.7267	3.6477	-1.2733	-1.6656	-1.9514	0.0000	0.3506
8.443942D+07	2.9466	1.7295	3.6480	-1.2760	-1.6679	-1.9534	0.0000	0.3499
8.456363D+07	2.9450	1.7322	3.6482	-1.2791	-1.6706	-1.9559	0.0000	0.3491
8.468785D+07	2.9434	1.7349	3.6485	-1.2823	-1.6734	-1.9585	0.0000	0.3483
8.481206D+07	2.9416	1.7378	3.6488	-1.2855	-1.6762	-1.9610	0.0000	0.3475
8.493627D+07	2.9399	1.7406	3.6490	-1.2888	-1.6791	-1.9637	0.0000	0.3468
8.506049D+07	2.9380	1.7437	3.6494	-1.2920	-1.6818	-1.9663	0.0000	0.3459
8.518470D+07	2.9365	1.7464	3.6496	-1.2956	-1.6850	-1.9693	0.0000	0.3450
8.530891D+07	2.9352	1.7487	3.6499	-1.2989	-1.6880	-1.9721	0.0000	0.3442
8.543312D+07	2.9340	1.7508	3.6501	-1.3021	-1.6908	-1.9747	0.0000	0.3434
8.555734D+07	2.9331	1.7525	3.6503	-1.3050	-1.6933	-1.9770	0.0000	0.3427
8.568155D+07	2.9323	1.7541	3.6505	-1.3077	-1.6956	-1.9792	0.0000	0.3420
8.580576D+07	2.9317	1.7554	3.6507	-1.3105	-1.6981	-1.9815	0.0000	0.3413
8.597921D+07	2.9302	1.7582	3.6510	-1.3155	-1.7025	-1.9856	0.0000	0.3401
8.615266D+07	2.9294	1.7599	3.6512	-1.3196	-1.7061	-1.9890	0.0000	0.3391

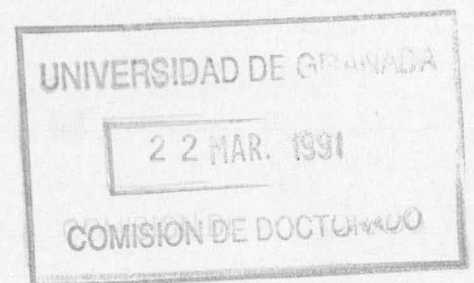


Tabla A.13								
log m = 0.7993								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>eff</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
0.000000D+00	3.0702	4.3147	4.3003	-1.9643	-2.6299	-3.0964	1.5430	0.2613
1.000000D+05	3.0704	4.3143	4.3002	-1.9646	-2.6301	-3.0966	1.5430	0.2613
3.000000D+05	3.0712	4.3133	4.3002	-1.9658	-2.6313	-3.0979	1.5440	0.2611
7.000000D+05	3.0729	4.3112	4.3001	-1.9676	-2.6329	-3.0994	1.5460	0.2609
1.500000D+06	3.0761	4.3070	4.2998	-1.9713	-2.6362	-3.1024	1.5500	0.2603
3.100000D+06	3.0829	4.2983	4.2993	-1.9789	-2.6428	-3.1085	1.5590	0.2592
6.300000D+06	3.0965	4.2800	4.2982	-1.9943	-2.6560	-3.1206	1.5780	0.2568
1.117043D+07	3.1180	4.2502	4.2961	-2.0190	-2.6774	-3.1406	1.6090	0.2530
1.541080D+07	3.1375	4.2208	4.2936	-2.0421	-2.6968	-3.1583	1.6400	0.2496
1.909863D+07	3.1556	4.1922	4.2910	-2.0646	-2.7167	-3.1772	1.6700	0.2462
2.233548D+07	3.1723	4.1642	4.2882	-2.0847	-2.7337	-3.1932	1.6990	0.2431
2.517125D+07	3.1873	4.1367	4.2851	-2.1039	-2.7501	-3.2084	1.7290	0.2402
2.772951D+07	3.2014	4.1095	4.2818	-2.1225	-2.7658	-3.2231	1.7580	0.2374
3.003591D+07	3.2148	4.0825	4.2784	-2.1401	-2.7807	-3.2371	1.7880	0.2347
3.204384D+07	3.2269	4.0566	4.2749	-2.1560	-2.7940	-3.2495	1.8160	0.2322
3.386235D+07	3.2381	4.0312	4.2714	-2.1715	-2.8075	-3.2623	1.8440	0.2298
3.550778D+07	3.2487	4.0062	4.2678	-2.1861	-2.8201	-3.2744	1.8720	0.2276
3.694814D+07	3.2580	3.9822	4.2641	-2.1992	-2.8311	-3.2849	1.8990	0.2256
3.824668D+07	3.2666	3.9588	4.2604	-2.2119	-2.8418	-3.2950	1.9250	0.2236
3.941508D+07	3.2746	3.9364	4.2568	-2.2233	-2.8514	-3.3041	1.9510	0.2218
4.046339D+07	3.2820	3.9150	4.2533	-2.2346	-2.8613	-3.3135	1.9760	0.2201
4.139535D+07	3.2888	3.8948	4.2500	-2.2447	-2.8702	-3.3223	1.9990	0.2185
4.222038D+07	3.2950	3.8760	4.2468	-2.2532	-2.8771	-3.3288	2.0220	0.2170
4.298241D+07	3.3007	3.8581	4.2437	-2.2619	-2.8846	-3.3360	2.0440	0.2157
4.366554D+07	3.3059	3.8418	4.2410	-2.2706	-2.8925	-3.3439	2.0650	0.2144
4.427513D+07	3.3108	3.8274	4.2386	-2.2778	-2.8988	-3.3500	2.0850	0.2133
4.480039D+07	3.3153	3.8151	4.2367	-2.2842	-2.9044	-3.3555	2.1020	0.2123
4.527707D+07	3.3197	3.8050	4.2352	-2.2900	-2.9094	-3.3604	2.1190	0.2114
4.570658D+07	3.3240	3.7974	4.2344	-2.2950	-2.9139	-3.3648	2.1330	0.2106
4.605890D+07	3.3279	3.7930	4.2343	-2.2990	-2.9175	-3.3684	2.1460	0.2100
4.633203D+07	3.3315	3.7915	4.2348	-2.3021	-2.9203	-3.3711	2.1550	0.2095
4.655081D+07	3.3348	3.7924	4.2359	-2.3045	-2.9225	-3.3733	2.1620	0.2092
4.672639D+07	3.3381	3.7952	4.2374	-2.3063	-2.9243	-3.3750	2.1680	0.2089
4.686215D+07	3.3412	3.7996	4.2392	-2.3077	-2.9256	-3.3763	2.1720	0.2087
4.697138D+07	3.3442	3.8052	4.2414	-2.3087	-2.9266	-3.3773	2.1750	0.2086
4.705590D+07	3.3473	3.8117	4.2438	-2.3096	-2.9276	-3.3782	2.1770	0.2084
4.712412D+07	3.3503	3.8188	4.2463	-2.3095	-2.9271	-3.3776	2.1790	0.2084
4.717930D+07	3.3534	3.8264	4.2490	-2.3102	-2.9280	-3.3786	2.1810	0.2083
4.722407D+07	3.3566	3.8341	4.2517	-2.3116	-2.9298	-3.3805	2.1830	0.2082
4.725750D+07	3.3601	3.8415	4.2545	-2.3124	-2.9305	-3.3811	2.1850	0.2081

Tabla A.13 (Continuación)

log m = 0.7993								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>eff</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
4.728480D+07	3.3636	3.8489	4.2572	-2.3129	-2.9311	-3.3818	2.1880	0.2080
4.730720D+07	3.3670	3.8560	4.2598	-2.3139	-2.9322	-3.3830	2.1910	0.2078
4.732425D+07	3.3706	3.8623	4.2623	-2.3155	-2.9340	-3.3847	2.1940	0.2076
4.733843D+07	3.3728	3.8679	4.2642	-2.3167	-2.9349	-3.3856	2.1980	0.2076
4.734933D+07	3.3759	3.8724	4.2661	-2.3184	-2.9364	-3.3869	2.2030	0.2074
4.735855D+07	3.3795	3.8765	4.2681	-2.3203	-2.9382	-3.3888	2.2090	0.2071
4.736579D+07	3.3842	3.8799	4.2701	-2.3223	-2.9405	-3.3912	2.2150	0.2067
4.737148D+07	3.3872	3.8830	4.2716	-2.3238	-2.9422	-3.3929	2.2200	0.2065
4.737604D+07	3.3882	3.8857	4.2725	-2.3235	-2.9413	-3.3918	2.2240	0.2064
4.737971D+07	3.3894	3.8875	4.2733	-2.3242	-2.9419	-3.3923	2.2280	0.2063
4.738272D+07	3.3905	3.8888	4.2739	-2.3248	-2.9424	-3.3929	2.2310	0.2062
4.738520D+07	3.3912	3.8897	4.2743	-2.3257	-2.9435	-3.3940	2.2350	0.2061
4.738729D+07	3.3915	3.8904	4.2745	-2.3253	-2.9428	-3.3933	2.2370	0.2061
4.738905D+07	3.3916	3.8909	4.2747	-2.3259	-2.9436	-3.3941	2.2390	0.2061
4.739054D+07	3.3915	3.8912	4.2747	-2.3258	-2.9435	-3.3940	2.2410	0.2061
4.739168D+07	3.3917	3.8914	4.2748	-2.3260	-2.9436	-3.3941	2.2440	0.2060
4.739395D+07	3.3902	3.8914	4.2744	-2.3244	-2.9417	-3.3922	2.2460	0.2062
4.739622D+07	3.3874	3.8908	4.2736	-2.3225	-2.9398	-3.3903	2.2460	0.2064
4.740076D+07	3.3809	3.8875	4.2711	-2.3191	-2.9368	-3.3876	2.2460	0.2068
4.740984D+07	3.3709	3.8727	4.2649	-2.3168	-2.9331	-3.3835	2.2610	0.2070
4.742800D+07	3.3826	3.8333	4.2580	-2.3335	-2.9481	-3.3982	2.3290	0.2042
4.746432D+07	3.4037	3.7750	4.2487	-2.3621	-2.9741	-3.4239	2.4360	0.1999
4.750064D+07	3.4163	3.7333	4.2414	-2.3813	-2.9922	-3.4420	2.5130	0.1971
4.757328D+07	3.4278	3.6726	4.2291	-2.4030	-3.0122	-3.4621	2.6250	0.1938
4.771856D+07	3.4381	3.5530	4.2018	-2.4361	-3.0429	-3.4936	2.8570	0.1886
4.781954D+07	3.4387	3.4426	4.1744	-2.4595	-3.0653	-3.5174	3.0890	0.1849
4.789399D+07	3.4327	3.3272	4.1440	-2.4785	-3.0842	-3.5381	3.3510	0.1820
4.793121D+07	3.4253	3.2550	4.1241	-2.4881	-3.0942	-3.5494	3.5280	0.1805
4.800566D+07	3.3921	3.0146	4.0557	-2.5136	-3.1232	-3.5823	4.1780	0.1769
4.803788D+07	3.3628	2.8757	4.0137	-2.5215	-3.1338	-3.5943	4.6070	0.1760
4.805399D+07	3.3425	2.7933	3.9880	-2.5240	-3.1377	-3.5984	4.8820	0.1758
4.807010D+07	3.3158	2.6926	3.9562	-2.5253	-3.1399	-3.5997	5.2430	0.1758
4.808621D+07	3.2813	2.5668	3.9161	-2.5230	-3.1364	-3.5926	5.7370	0.1761
4.810232D+07	3.2369	2.4026	3.8639	-2.5159	-3.1236	-3.5707	6.4750	0.1768
4.811037D+07	3.2117	2.3064	3.8336	-2.5106	-3.1129	-3.5527	6.9710	0.1772
4.811843D+07	3.1827	2.1918	3.7977	-2.5012	-3.0941	-3.5227	7.6310	0.1777
4.812648D+07	3.1496	2.0524	3.7545	-2.4796	-3.0541	-3.4631	8.5510	0.1788
4.813453D+07	3.1079	1.9213	3.7114	-2.3162	-2.8155	-3.1557	9.4200	0.1915
4.813856D+07	3.0832	1.8874	3.6967	-2.1301	-2.5744	-2.8764	9.5250	0.2092
4.814662D+07	3.0411	1.8341	3.6729	-1.6642	-2.0464	-2.3194	9.4730	0.2721



Tabla A.13 (Continuación)

log m = 0.7993								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
4.815064D+07	3.0611	1.7783	3.6639	-1.5147	-1.8930	-2.1668	9.8170	0.2988
4.815467D+07	3.1002	1.7054	3.6554	-1.4047	-1.7848	-2.0615	0.0000	0.3209
4.816273D+07	3.1963	1.5577	3.6425	-1.3030	-1.6904	-1.9721	0.0000	0.3435
4.817078D+07	3.2665	1.4565	3.6348	-1.2733	-1.6646	-1.9485	0.0000	0.3506
4.817883D+07	3.3061	1.4004	3.6307	-1.2626	-1.6560	-1.9409	0.0000	0.3534
4.818689D+07	3.3305	1.3656	3.6281	-1.2566	-1.6513	-1.9367	0.0000	0.3549
4.819494D+07	3.3484	1.3403	3.6262	-1.2529	-1.6483	-1.9342	0.0000	0.3559
4.821105D+07	3.3696	1.3103	3.6240	-1.2498	-1.6459	-1.9320	0.0000	0.3567
4.822716D+07	3.3807	1.2949	3.6229	-1.2491	-1.6457	-1.9320	0.0000	0.3570
4.824327D+07	3.3861	1.2874	3.6224	-1.2491	-1.6456	-1.9319	0.0000	0.3570
4.827149D+07	3.3890	1.2835	3.6221	-1.2498	-1.6463	-1.9325	0.0000	0.3568
4.829970D+07	3.3880	1.2850	3.6223	-1.2511	-1.6473	-1.9335	0.0000	0.3565
4.832792D+07	3.3856	1.2886	3.6226	-1.2525	-1.6486	-1.9346	0.0000	0.3561
4.835613D+07	3.3826	1.2929	3.6229	-1.2541	-1.6498	-1.9357	0.0000	0.3557
4.838435D+07	3.3797	1.2972	3.6233	-1.2554	-1.6509	-1.9368	0.0000	0.3553
4.841256D+07	3.3771	1.3010	3.6236	-1.2568	-1.6520	-1.9377	0.0000	0.3550
4.844078D+07	3.3747	1.3046	3.6239	-1.2582	-1.6532	-1.9387	0.0000	0.3546
4.846899D+07	3.3726	1.3077	3.6241	-1.2596	-1.6543	-1.9398	0.0000	0.3542
4.849721D+07	3.3705	1.3108	3.6244	-1.2609	-1.6554	-1.9408	0.0000	0.3539
4.852542D+07	3.3687	1.3135	3.6246	-1.2622	-1.6565	-1.9418	0.0000	0.3535
4.856713D+07	3.3661	1.3175	3.6249	-1.2643	-1.6584	-1.9436	0.0000	0.3530
4.860883D+07	3.3636	1.3213	3.6253	-1.2663	-1.6600	-1.9451	0.0000	0.3525
4.865053D+07	3.3611	1.3251	3.6256	-1.2681	-1.6615	-1.9464	0.0000	0.3520
4.869223D+07	3.3589	1.3284	3.6259	-1.2701	-1.6632	-1.9479	0.0000	0.3515
4.873393D+07	3.3571	1.3311	3.6261	-1.2721	-1.6648	-1.9494	0.0000	0.3510
4.877564D+07	3.3553	1.3340	3.6264	-1.2740	-1.6665	-1.9509	0.0000	0.3505
4.881734D+07	3.3535	1.3367	3.6266	-1.2757	-1.6679	-1.9523	0.0000	0.3500
4.885904D+07	3.3518	1.3394	3.6268	-1.2776	-1.6696	-1.9538	0.0000	0.3496
4.890074D+07	3.3504	1.3416	3.6270	-1.2794	-1.6711	-1.9552	0.0000	0.3491
4.894244D+07	3.3490	1.3438	3.6272	-1.2812	-1.6725	-1.9565	0.0000	0.3486
4.898415D+07	3.3476	1.3460	3.6274	-1.2829	-1.6740	-1.9579	0.0000	0.3482
4.904427D+07	3.3457	1.3491	3.6277	-1.2858	-1.6766	-1.9603	0.0000	0.3474
4.910440D+07	3.3439	1.3520	3.6280	-1.2884	-1.6788	-1.9623	0.0000	0.3468
4.916430D+07	3.3423	1.3547	3.6283	-1.2909	-1.6809	-1.9643	0.0000	0.3461
4.922420D+07	3.3405	1.3576	3.6286	-1.2937	-1.6834	-1.9666	0.0000	0.3454
4.928410D+07	3.3392	1.3597	3.6288	-1.2962	-1.6855	-1.9685	0.0000	0.3448
4.934400D+07	3.3378	1.3621	3.6290	-1.2987	-1.6876	-1.9705	0.0000	0.3442
4.940390D+07	3.3367	1.3640	3.6292	-1.3013	-1.6899	-1.9727	0.0000	0.3435
4.946380D+07	3.3355	1.3660	3.6294	-1.3039	-1.6922	-1.9747	0.0000	0.3429
4.952370D+07	3.3344	1.3681	3.6297	-1.3063	-1.6942	-1.9766	0.0000	0.3422



Tabla A.13 (Continuación)

log m = 0.7993								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
4.958360D+07	3.3332	1.3701	3.6299	-1.3088	-1.6964	-1.9786	0.0000	0.3416
4.964350D+07	3.3321	1.3720	3.6301	-1.3112	-1.6984	-1.9805	0.0000	0.3410
4.970340D+07	3.3308	1.3743	3.6303	-1.3140	-1.7009	-1.9828	0.0000	0.3403
4.976330D+07	3.3295	1.3766	3.6306	-1.3172	-1.7037	-1.9854	0.0000	0.3395
4.984253D+07	3.3271	1.3808	3.6310	-1.3221	-1.7080	-1.9894	0.0000	0.3383
4.992176D+07	3.3249	1.3843	3.6314	-1.3264	-1.7118	-1.9928	0.0000	0.3372
5.000099D+07	3.3229	1.3879	3.6317	-1.3310	-1.7157	-1.9965	0.0000	0.3361
5.008022D+07	3.3209	1.3915	3.6321	-1.3364	-1.7205	-2.0011	0.0000	0.3348
5.015946D+07	3.3188	1.3953	3.6326	-1.3415	-1.7251	-2.0054	0.0000	0.3335
5.023869D+07	3.3170	1.3986	3.6329	-1.3464	-1.7295	-2.0095	0.0000	0.3323
5.031792D+07	3.3153	1.4017	3.6333	-1.3519	-1.7343	-2.0140	0.0000	0.3309
5.039715D+07	3.3139	1.4046	3.6337	-1.3573	-1.7391	-2.0185	0.0000	0.3296
5.047639D+07	3.3124	1.4075	3.6340	-1.3627	-1.7440	-2.0231	0.0000	0.3283
5.055562D+07	3.3111	1.4103	3.6344	-1.3676	-1.7483	-2.0271	0.0000	0.3271
5.063485D+07	3.3100	1.4128	3.6347	-1.3735	-1.7536	-2.0321	0.0000	0.3257
5.073622D+07	3.3082	1.4165	3.6352	-1.3815	-1.7608	-2.0388	0.0000	0.3238
5.083759D+07	3.3068	1.4195	3.6356	-1.3887	-1.7673	-2.0449	0.0000	0.3221
5.093896D+07	3.3058	1.4222	3.6360	-1.3965	-1.7743	-2.0514	0.0000	0.3202
5.104033D+07	3.3048	1.4247	3.6364	-1.4038	-1.7808	-2.0575	0.0000	0.3185
5.114170D+07	3.3040	1.4270	3.6368	-1.4113	-1.7878	-2.0643	0.0000	0.3167

Tabla A.14								
log m = 0.8998								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
0.000000D+00	3.4166	4.3012	4.3584	-1.9106	-2.5745	-3.0411	1.4930	0.2690
1.000000D+05	3.4171	4.3005	4.3583	-1.9112	-2.5750	-3.0416	1.4930	0.2689
3.000000D+05	3.4185	4.2988	4.3582	-1.9128	-2.5764	-3.0429	1.4950	0.2687
7.000000D+05	3.4213	4.2952	4.3581	-1.9160	-2.5793	-3.0456	1.4990	0.2682
1.500000D+06	3.4271	4.2881	4.3577	-1.9226	-2.5852	-3.0511	1.5060	0.2672
3.100000D+06	3.4387	4.2733	4.3569	-1.9361	-2.5971	-3.0623	1.5210	0.2651
6.209728D+06	3.4618	4.2431	4.3552	-1.9629	-2.6209	-3.0847	1.5520	0.2610
8.928073D+06	3.4826	4.2134	4.3529	-1.9883	-2.6432	-3.1055	1.5820	0.2572
1.130568D+07	3.5019	4.1841	4.3504	-2.0120	-2.6636	-3.1247	1.6130	0.2535
1.338184D+07	3.5198	4.1555	4.3477	-2.0346	-2.6833	-3.1431	1.6430	0.2501
1.519072D+07	3.5361	4.1275	4.3448	-2.0556	-2.7015	-3.1604	1.6730	0.2469
1.678137D+07	3.5511	4.1002	4.3418	-2.0753	-2.7184	-3.1761	1.7020	0.2439
1.821818D+07	3.5652	4.0731	4.3385	-2.0946	-2.7355	-3.1925	1.7320	0.2410
1.951543D+07	3.5785	4.0463	4.3351	-2.1127	-2.7512	-3.2074	1.7610	0.2382
2.064936D+07	3.5905	4.0205	4.3317	-2.1293	-2.7656	-3.2211	1.7900	0.2356
2.167054D+07	3.6018	3.9953	4.3282	-2.1447	-2.7788	-3.2338	1.8180	0.2332
2.258870D+07	3.6122	3.9706	4.3246	-2.1595	-2.7917	-3.2461	1.8460	0.2309
2.341883D+07	3.6216	3.9463	4.3209	-2.1741	-2.8044	-3.2581	1.8730	0.2287
2.416846D+07	3.6306	3.9230	4.3173	-2.1874	-2.8160	-3.2693	1.9000	0.2267
2.484348D+07	3.6384	3.9001	4.3135	-2.2003	-2.8270	-3.2797	1.9270	0.2247
2.545041D+07	3.6456	3.8782	4.3099	-2.2119	-2.8369	-3.2891	1.9540	0.2230
2.599438D+07	3.6531	3.8583	4.3068	-2.2224	-2.8463	-3.2984	1.9780	0.2213
2.647912D+07	3.6600	3.8399	4.3039	-2.2316	-2.8544	-3.3064	2.0010	0.2197
2.692464D+07	3.6661	3.8220	4.3010	-2.2410	-2.8627	-3.3144	2.0240	0.2182
2.731881D+07	3.6717	3.8063	4.2984	-2.2499	-2.8709	-3.3225	2.0460	0.2169
2.767858D+07	3.6771	3.7922	4.2962	-2.2577	-2.8778	-3.3293	2.0660	0.2157
2.799133D+07	3.6820	3.7805	4.2945	-2.2645	-2.8839	-3.3353	2.0850	0.2146
2.826099D+07	3.6865	3.7716	4.2935	-2.2704	-2.8891	-3.3405	2.1020	0.2137
2.849552D+07	3.6907	3.7656	4.2930	-2.2753	-2.8936	-3.3449	2.1160	0.2129
2.867323D+07	3.6943	3.7629	4.2932	-2.2790	-2.8970	-3.3482	2.1270	0.2124
2.881545D+07	3.6976	3.7628	4.2940	-2.2819	-2.8996	-3.3508	2.1360	0.2119
2.892951D+07	3.7007	3.7647	4.2953	-2.2841	-2.9016	-3.3528	2.1430	0.2116
2.902115D+07	3.7035	3.7684	4.2969	-2.2857	-2.9032	-3.3543	2.1480	0.2113
2.909492D+07	3.7063	3.7734	4.2988	-2.2869	-2.9044	-3.3555	2.1520	0.2112
2.915106D+07	3.7087	3.7791	4.3009	-2.2872	-2.9042	-3.3551	2.1550	0.2111
2.919634D+07	3.7114	3.7859	4.3033	-2.2882	-2.9054	-3.3564	2.1580	0.2110
2.923293D+07	3.7141	3.7932	4.3058	-2.2895	-2.9069	-3.3579	2.1600	0.2108
2.926255D+07	3.7168	3.8008	4.3083	-2.2901	-2.9075	-3.3586	2.1620	0.2108
2.928518D+07	3.7197	3.8083	4.3109	-2.2909	-2.9084	-3.3594	2.1650	0.2107
2.930358D+07	3.7215	3.8153	4.3131	-2.2915	-2.9087	-3.3596	2.1670	0.2106

Tabla A.14 (Continuación)

$\log m = 0.8998$ $X = 0.700 \quad Z = 0.02$								
Edad	$\log L/L_{\odot}$	$\log g$	$\log T_{ef}$	$\text{Log } k_2$	$\text{Log } k_3$	$\log k_4$	$\alpha$	$\beta$
2.931863D+07	3.7248	3.8223	4.3157	-2.2927	-2.9099	-3.3608	2.1710	0.2105
2.933097D+07	3.7288	3.8295	4.3185	-2.2941	-2.9116	-3.3627	2.1740	0.2102
2.934037D+07	3.7319	3.8358	4.3209	-2.2951	-2.9127	-3.3638	2.1780	0.2101
2.934815D+07	3.7347	3.8415	4.3230	-2.2962	-2.9138	-3.3650	2.1820	0.2099
2.935411D+07	3.7375	3.8462	4.3248	-2.2976	-2.9152	-3.3663	2.1870	0.2097
2.935912D+07	3.7403	3.8503	4.3266	-2.2992	-2.9166	-3.3677	2.1920	0.2094
2.936304D+07	3.7427	3.8537	4.3280	-2.3006	-2.9180	-3.3691	2.1980	0.2092
2.936612D+07	3.7449	3.8564	4.3292	-2.3019	-2.9192	-3.3703	2.2030	0.2090
2.936877D+07	3.7468	3.8587	4.3303	-2.3030	-2.9202	-3.3713	2.2080	0.2088
2.937089D+07	3.7483	3.8604	4.3311	-2.3040	-2.9211	-3.3722	2.2130	0.2087
2.937261D+07	3.7494	3.8618	4.3317	-2.3047	-2.9218	-3.3728	2.2170	0.2086
2.937400D+07	3.7503	3.8628	4.3322	-2.3053	-2.9223	-3.3733	2.2210	0.2085
2.937514D+07	3.7509	3.8636	4.3326	-2.3058	-2.9227	-3.3737	2.2240	0.2084
2.937605D+07	3.7515	3.8642	4.3328	-2.3061	-2.9230	-3.3740	2.2270	0.2083
2.937677D+07	3.7522	3.8647	4.3332	-2.3068	-2.9235	-3.3745	2.2320	0.2082
2.937693D+07	3.7524	3.8648	4.3332	-2.3069	-2.9237	-3.3747	2.2330	0.2082
2.937725D+07	3.7527	3.8650	4.3334	-2.3072	-2.9239	-3.3749	2.2350	0.2081
2.937789D+07	3.7529	3.8653	4.3335	-2.3073	-2.9239	-3.3749	2.2380	0.2081
2.937918D+07	3.7515	3.8654	4.3331	-2.3062	-2.9228	-3.3738	2.2410	0.2082
2.938175D+07	3.7453	3.8634	4.3311	-2.3017	-2.9182	-3.3692	2.2410	0.2088
2.938689D+07	3.7348	3.8503	4.3252	-2.2967	-2.9126	-3.3635	2.2520	0.2092
2.939718D+07	3.7365	3.8065	4.3147	-2.3093	-2.9228	-3.3732	2.3220	0.2071
2.940747D+07	3.7502	3.7611	4.3067	-2.3302	-2.9424	-3.3928	2.4050	0.2039
2.942804D+07	3.7700	3.6895	4.2938	-2.3622	-2.9723	-3.4226	2.5410	0.1991
2.946919D+07	3.7887	3.5816	4.2715	-2.4008	-3.0086	-3.4595	2.7530	0.1933
2.948976D+07	3.7927	3.5281	4.2591	-2.4157	-3.0223	-3.4734	2.8630	0.1910
2.953091D+07	3.7979	3.4094	4.2308	-2.4446	-3.0509	-3.5039	3.1260	0.1866
2.956505D+07	3.7953	3.2833	4.1986	-2.4685	-3.0748	-3.5297	3.4370	0.1830
2.958579D+07	3.7897	3.1888	4.1735	-2.4835	-3.0909	-3.5477	3.6940	0.1808
2.960256D+07	3.7803	3.0932	4.1473	-2.4956	-3.1043	-3.5631	3.9750	0.1791
2.961753D+07	3.7671	2.9860	4.1172	-2.5076	-3.1184	-3.5790	4.3180	0.1775
2.963249D+07	3.7459	2.8452	4.0767	-2.5215	-3.1352	-3.5979	4.8150	0.1759
2.963997D+07	3.7323	2.7643	4.0531	-2.5285	-3.1442	-3.6079	5.1290	0.1752
2.964745D+07	3.7143	2.6683	4.0246	-2.5356	-3.1533	-3.6174	5.5300	0.1745
2.965494D+07	3.6909	2.5509	3.9894	-2.5433	-3.1625	-3.6258	6.0700	0.1738
2.965868D+07	3.6778	2.4856	3.9698	-2.5474	-3.1670	-3.6293	6.3980	0.1735
2.966616D+07	3.6437	2.3176	3.9193	-2.5547	-3.1721	-3.6285	7.3390	0.1728
2.966990D+07	3.6247	2.2210	3.8904	-2.5552	-3.1679	-3.6177	7.9610	0.1725
2.967364D+07	3.6026	2.1068	3.8563	-2.5536	-3.1584	-3.5983	8.7810	0.1723
2.967738D+07	3.5767	1.9673	3.8149	-2.5474	-3.1386	-3.5634	9.9330	0.1720



Tabla A.14 (Continuación)

log m = 0.8998								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>eff</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
2.968112D+07	3.5449	1.7896	3.7625	-2.5290	-3.0952	-3.4949	0.0000	0.1719
2.968299D+07	3.5243	1.6900	3.7325	-2.5033	-3.0489	-3.4290	0.0000	0.1729
2.968486D+07	3.5000	1.5937	3.7023	-2.4135	-2.9137	-3.2533	0.0000	0.1787
2.968673D+07	3.4657	1.5339	3.6788	-2.1747	-2.6005	-2.8875	0.0000	0.1994
2.968767D+07	3.4465	1.5207	3.6707	-2.0259	-2.4264	-2.7014	0.0000	0.2159
2.968954D+07	3.4147	1.4953	3.6564	-1.7096	-2.0834	-2.3505	0.0000	0.2612
2.969141D+07	3.4382	1.4208	3.6437	-1.4866	-1.8589	-2.1295	0.0000	0.3021
2.969328D+07	3.5125	1.2958	3.6310	-1.3606	-1.7393	-2.0146	0.0000	0.3290
2.969515D+07	3.6012	1.1636	3.6201	-1.3128	-1.6959	-1.9733	0.0000	0.3401
2.969702D+07	3.6657	1.0702	3.6129	-1.2982	-1.6826	-1.9601	0.0000	0.3437
2.969889D+07	3.7022	1.0174	3.6088	-1.2935	-1.6786	-1.9560	0.0000	0.3450
2.970076D+07	3.7218	0.9892	3.6067	-1.2911	-1.6764	-1.9536	0.0000	0.3456
2.970263D+07	3.7324	0.9735	3.6054	-1.2894	-1.6747	-1.9518	0.0000	0.3460
2.970637D+07	3.7427	0.9590	3.6043	-1.2880	-1.6735	-1.9505	0.0000	0.3464
2.971385D+07	3.7516	0.9458	3.6033	-1.2867	-1.6722	-1.9491	0.0000	0.3467
2.972134D+07	3.7565	0.9386	3.6027	-1.2860	-1.6715	-1.9483	0.0000	0.3469
2.973630D+07	3.7602	0.9334	3.6023	-1.2863	-1.6716	-1.9483	0.0000	0.3468
2.975126D+07	3.7601	0.9337	3.6024	-1.2874	-1.6726	-1.9491	0.0000	0.3465
2.976623D+07	3.7584	0.9364	3.6026	-1.2889	-1.6739	-1.9505	0.0000	0.3461
2.978119D+07	3.7561	0.9400	3.6029	-1.2906	-1.6755	-1.9520	0.0000	0.3457
2.979616D+07	3.7537	0.9437	3.6033	-1.2921	-1.6768	-1.9532	0.0000	0.3453
2.981112D+07	3.7514	0.9472	3.6036	-1.2934	-1.6779	-1.9543	0.0000	0.3449
2.983409D+07	3.7484	0.9518	3.6040	-1.2957	-1.6798	-1.9561	0.0000	0.3443
2.985706D+07	3.7456	0.9563	3.6044	-1.2979	-1.6818	-1.9580	0.0000	0.3438
2.988004D+07	3.7429	0.9605	3.6048	-1.3000	-1.6836	-1.9598	0.0000	0.3432
2.990301D+07	3.7405	0.9644	3.6051	-1.3022	-1.6857	-1.9618	0.0000	0.3427
2.992598D+07	3.7380	0.9681	3.6055	-1.3041	-1.6873	-1.9633	0.0000	0.3422
2.994895D+07	3.7358	0.9715	3.6057	-1.3061	-1.6890	-1.9649	0.0000	0.3416
2.997193D+07	3.7337	0.9748	3.6060	-1.3081	-1.6907	-1.9665	0.0000	0.3411
2.999490D+07	3.7318	0.9779	3.6063	-1.3101	-1.6925	-1.9682	0.0000	0.3406
3.001787D+07	3.7299	0.9809	3.6066	-1.3121	-1.6942	-1.9698	0.0000	0.3401
3.005282D+07	3.7270	0.9856	3.6071	-1.3153	-1.6971	-1.9725	0.0000	0.3392
3.008777D+07	3.7244	0.9898	3.6075	-1.3184	-1.6996	-1.9748	0.0000	0.3384
3.012167D+07	3.7220	0.9936	3.6078	-1.3212	-1.7021	-1.9771	0.0000	0.3377
3.015556D+07	3.7198	0.9971	3.6082	-1.3243	-1.7049	-1.9798	0.0000	0.3369
3.018945D+07	3.7178	1.0005	3.6085	-1.3273	-1.7075	-1.9823	0.0000	0.3361
3.022334D+07	3.7158	1.0038	3.6088	-1.3304	-1.7102	-1.9848	0.0000	0.3354
3.025723D+07	3.7141	1.0067	3.6091	-1.3331	-1.7126	-1.9871	0.0000	0.3346
3.029112D+07	3.7124	1.0096	3.6094	-1.3362	-1.7153	-1.9896	0.0000	0.3338
3.032501D+07	3.7108	1.0124	3.6097	-1.3392	-1.7179	-1.9920	0.0000	0.3331



Tabla A.14 (Continuación)

$\log m = 0.8998$ $X = 0.700 \quad Z = 0.02$								
Edad	$\log L/L_{\odot}$	$\log g$	$\log T_{ef}$	$\log k_2$	$\log k_3$	$\log k_4$	$\alpha$	$\beta$
3.035890D+07	3.7093	1.0149	3.6100	-1.3421	-1.7205	-1.9945	0.0000	0.3324
3.039280D+07	3.7080	1.0173	3.6102	-1.3452	-1.7233	-1.9971	0.0000	0.3316
3.043914D+07	3.7059	1.0209	3.6106	-1.3496	-1.7271	-2.0007	0.0000	0.3304
3.048548D+07	3.7041	1.0242	3.6110	-1.3541	-1.7311	-2.0045	0.0000	0.3293
3.053183D+07	3.7025	1.0271	3.6113	-1.3579	-1.7342	-2.0072	0.0000	0.3282
3.057817D+07	3.7011	1.0298	3.6117	-1.3618	-1.7376	-2.0103	0.0000	0.3272
3.062451D+07	3.6998	1.0325	3.6120	-1.3660	-1.7413	-2.0139	0.0000	0.3262
3.067086D+07	3.6985	1.0351	3.6123	-1.3709	-1.7457	-2.0179	0.0000	0.3250
3.071720D+07	3.6973	1.0376	3.6127	-1.3757	-1.7500	-2.0220	0.0000	0.3238
3.076354D+07	3.6961	1.0402	3.6130	-1.3804	-1.7542	-2.0261	0.0000	0.3226
3.080989D+07	3.6950	1.0425	3.6133	-1.3847	-1.7580	-2.0296	0.0000	0.3215
3.085623D+07	3.6941	1.0447	3.6136	-1.3898	-1.7625	-2.0338	0.0000	0.3203
3.091690D+07	3.6927	1.0479	3.6141	-1.3973	-1.7692	-2.0401	0.0000	0.3184
3.097756D+07	3.6915	1.0506	3.6144	-1.4039	-1.7752	-2.0457	0.0000	0.3169
3.103823D+07	3.6906	1.0530	3.6148	-1.4109	-1.7814	-2.0514	0.0000	0.3151
3.109889D+07	3.6898	1.0553	3.6152	-1.4178	-1.7875	-2.0571	0.0000	0.3134
3.115956D+07	3.6890	1.0576	3.6156	-1.4248	-1.7938	-2.0630	0.0000	0.3117
3.122023D+07	3.6885	1.0595	3.6159	-1.4324	-1.8006	-2.0693	0.0000	0.3098
3.128089D+07	3.6880	1.0615	3.6163	-1.4401	-1.8073	-2.0756	0.0000	0.3079
3.134156D+07	3.6875	1.0634	3.6167	-1.4476	-1.8141	-2.0819	0.0000	0.3061

Tabla A.15								
log m = 1.0000								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>eff</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
0.000000D+00	3.7464	4.2880	4.4125	-1.8610	-2.5223	-2.9887	1.4490	0.2762
1.000000D+05	3.7473	4.2869	4.4124	-1.8621	-2.5233	-2.9897	1.4500	0.2760
3.000000D+05	3.7495	4.2842	4.4123	-1.8647	-2.5257	-2.9919	1.4530	0.2756
7.000000D+05	3.7540	4.2789	4.4121	-1.8699	-2.5305	-2.9964	1.4580	0.2748
1.500000D+06	3.7633	4.2680	4.4117	-1.8808	-2.5404	-3.0058	1.4690	0.2731
3.100000D+06	3.7819	4.2444	4.4104	-1.9033	-2.5608	-3.0251	1.4940	0.2697
5.012301D+06	3.8048	4.2139	4.4086	-1.9318	-2.5863	-3.0493	1.5250	0.2653
6.617963D+06	3.8254	4.1843	4.4063	-1.9576	-2.6090	-3.0705	1.5560	0.2613
8.027328D+06	3.8443	4.1553	4.4038	-1.9825	-2.6314	-3.0919	1.5870	0.2575
9.263413D+06	3.8620	4.1268	4.4011	-2.0054	-2.6513	-3.1106	1.6170	0.2540
1.040714D+07	3.8788	4.0980	4.3981	-2.0288	-2.6724	-3.1311	1.6480	0.2505
1.140857D+07	3.8942	4.0699	4.3949	-2.0503	-2.6913	-3.1491	1.6790	0.2472
1.231015D+07	3.9089	4.0421	4.3916	-2.0706	-2.7093	-3.1664	1.7100	0.2440
1.312114D+07	3.9224	4.0146	4.3881	-2.0903	-2.7266	-3.1829	1.7410	0.2410
1.383481D+07	3.9347	3.9880	4.3845	-2.1081	-2.7421	-3.1977	1.7720	0.2383
1.447968D+07	3.9462	3.9617	4.3809	-2.1257	-2.7577	-3.2125	1.8020	0.2356
1.506147D+07	3.9571	3.9363	4.3772	-2.1414	-2.7711	-3.2253	1.8320	0.2331
1.558528D+07	3.9670	3.9113	4.3735	-2.1575	-2.7860	-3.2400	1.8620	0.2306
1.605613D+07	3.9762	3.8871	4.3697	-2.1722	-2.7989	-3.2525	1.8910	0.2284
1.647837D+07	3.9848	3.8638	4.3660	-2.1858	-2.8109	-3.2640	1.9200	0.2263
1.685586D+07	3.9928	3.8420	4.3626	-2.1983	-2.8223	-3.2753	1.9470	0.2243
1.719447D+07	4.0000	3.8211	4.3592	-2.2101	-2.8328	-3.2855	1.9740	0.2225
1.749727D+07	4.0065	3.8018	4.3560	-2.2210	-2.8425	-3.2951	2.0000	0.2208
1.777528D+07	4.0128	3.7837	4.3530	-2.2312	-2.8517	-3.3040	2.0250	0.2193
1.802179D+07	4.0185	3.7676	4.3504	-2.2404	-2.8600	-3.3122	2.0490	0.2178
1.823910D+07	4.0237	3.7538	4.3483	-2.2486	-2.8674	-3.3195	2.0700	0.2166
1.843574D+07	4.0287	3.7422	4.3466	-2.2558	-2.8738	-3.3257	2.0910	0.2154
1.860680D+07	4.0333	3.7337	4.3456	-2.2621	-2.8796	-3.3315	2.1080	0.2144
1.874303D+07	4.0372	3.7285	4.3453	-2.2664	-2.8832	-3.3349	2.1230	0.2137
1.885214D+07	4.0406	3.7261	4.3456	-2.2709	-2.8877	-3.3395	2.1350	0.2131
1.893974D+07	4.0436	3.7261	4.3463	-2.2740	-2.8905	-3.3423	2.1440	0.2126
1.900774D+07	4.0464	3.7283	4.3475	-2.2762	-2.8925	-3.3442	2.1520	0.2123
1.906246D+07	4.0489	3.7321	4.3491	-2.2780	-2.8944	-3.3462	2.1570	0.2120
1.910654D+07	4.0513	3.7371	4.3510	-2.2793	-2.8956	-3.3474	2.1620	0.2118
1.914213D+07	4.0537	3.7431	4.3531	-2.2803	-2.8965	-3.3483	2.1660	0.2117
1.917090D+07	4.0560	3.7499	4.3553	-2.2810	-2.8973	-3.3491	2.1690	0.2115
1.919419D+07	4.0582	3.7571	4.3577	-2.2817	-2.8979	-3.3497	2.1710	0.2114
1.921310D+07	4.0606	3.7644	4.3601	-2.2823	-2.8985	-3.3503	2.1740	0.2113
1.922782D+07	4.0630	3.7718	4.3626	-2.2830	-2.8993	-3.3511	2.1770	0.2112
1.923928D+07	4.0657	3.7791	4.3651	-2.2838	-2.9000	-3.3518	2.1800	0.2111

Tabla A.15 (Continuación)

log m = 1.0000								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
1.924862D+07	4.0682	3.7861	4.3675	-2.2847	-2.9009	-3.3527	2.1830	0.2110
1.925627D+07	4.0707	3.7929	4.3698	-2.2857	-2.9019	-3.3536	2.1870	0.2108
1.926223D+07	4.0734	3.7989	4.3719	-2.2872	-2.9034	-3.3552	2.1920	0.2106
1.926714D+07	4.0760	3.8044	4.3740	-2.2885	-2.9047	-3.3565	2.1970	0.2104
1.927099D+07	4.0786	3.8092	4.3758	-2.2900	-2.9061	-3.3579	2.2020	0.2102
1.927419D+07	4.0810	3.8135	4.3775	-2.2912	-2.9071	-3.3589	2.2080	0.2099
1.927672D+07	4.0833	3.8171	4.3790	-2.2930	-2.9089	-3.3607	2.2140	0.2097
1.927870D+07	4.0854	3.8200	4.3802	-2.2945	-2.9102	-3.3620	2.2200	0.2095
1.928037D+07	4.0872	3.8225	4.3813	-2.2958	-2.9115	-3.3632	2.2260	0.2092
1.928168D+07	4.0888	3.8245	4.3822	-2.2970	-2.9125	-3.3643	2.2310	0.2091
1.928280D+07	4.0901	3.8261	4.3830	-2.2980	-2.9135	-3.3652	2.2370	0.2089
1.928370D+07	4.0913	3.8274	4.3836	-2.2981	-2.9131	-3.3646	2.2410	0.2088
1.928441D+07	4.0922	3.8285	4.3840	-2.2989	-2.9138	-3.3652	2.2460	0.2086
1.928496D+07	4.0931	3.8293	4.3845	-2.2997	-2.9145	-3.3660	2.2510	0.2085
1.928533D+07	4.0944	3.8301	4.3850	-2.3014	-2.9163	-3.3677	2.2570	0.2083
1.928571D+07	4.0953	3.8307	4.3854	-2.3022	-2.9170	-3.3684	2.2630	0.2081
1.928608D+07	4.0958	3.8311	4.3856	-2.3026	-2.9174	-3.3687	2.2670	0.2081
1.928683D+07	4.0954	3.8316	4.3856	-2.3022	-2.9169	-3.3683	2.2730	0.2081
1.928832D+07	4.0909	3.8303	4.3842	-2.2979	-2.9123	-3.3638	2.2760	0.2085
1.929131D+07	4.0825	3.8192	4.3793	-2.2939	-2.9081	-3.3596	2.2900	0.2090
1.929729D+07	4.0829	3.7750	4.3684	-2.3047	-2.9171	-3.3683	2.3660	0.2070
1.930326D+07	4.0920	3.7237	4.3578	-2.3249	-2.9357	-3.3868	2.4630	0.2039
1.931522D+07	4.1121	3.6294	4.3393	-2.3647	-2.9737	-3.4251	2.6540	0.1980
1.933912D+07	4.1326	3.4605	4.3021	-2.4199	-3.0268	-3.4798	3.0300	0.1898
1.935107D+07	4.1362	3.3710	4.2807	-2.4426	-3.0493	-3.5037	3.2510	0.1866
1.936303D+07	4.1374	3.2697	4.2557	-2.4656	-3.0732	-3.5297	3.5250	0.1832
1.937498D+07	4.1335	3.1468	4.2239	-2.4878	-3.0966	-3.5559	3.8950	0.1801
1.938693D+07	4.1241	2.9887	4.1821	-2.5143	-3.1263	-3.5890	4.4390	0.1766
1.939291D+07	4.1156	2.8962	4.1569	-2.5269	-3.1413	-3.6060	4.7970	0.1750
1.939888D+07	4.1024	2.7832	4.1253	-2.5399	-3.1569	-3.6234	5.2770	0.1735
1.940486D+07	4.0836	2.6397	4.0847	-2.5570	-3.1776	-3.6454	5.9610	0.1718
1.941084D+07	4.0559	2.4475	4.0297	-2.5785	-3.2027	-3.6702	7.0330	0.1697
1.941383D+07	4.0391	2.3336	3.9971	-2.5912	-3.2160	-3.6815	7.7760	0.1685
1.941681D+07	4.0173	2.1944	3.9568	-2.6059	-3.2299	-3.6911	8.8060	0.1671
1.941980D+07	3.9899	2.0161	3.9054	-2.6181	-3.2345	-3.6845	0.0000	0.1655
1.942130D+07	3.9742	1.9141	3.8760	-2.6187	-3.2260	-3.6657	0.0000	0.1648
1.942279D+07	3.9557	1.7940	3.8413	-2.6137	-3.2069	-3.6321	0.0000	0.1642
1.942428D+07	3.9335	1.6477	3.7992	-2.6018	-3.1737	-3.5777	0.0000	0.1636
1.942578D+07	3.9018	1.4610	3.7446	-2.5646	-3.1001	-3.4710	0.0000	0.1640
1.942653D+07	3.8784	1.3581	3.7130	-2.5211	-3.0293	-3.3762	0.0000	0.1660



Tabla A.15 (Continuación)

log m = 1.0000								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
1.942727D+07	3.8498	1.2596	3.6812	-2.4032	-2.8602	-3.1647	0.0000	0.1736
1.942802D+07	3.8044	1.2101	3.6575	-2.1151	-2.5038	-2.7667	0.0000	0.2000
1.942839D+07	3.7817	1.2017	3.6497	-1.9581	-2.3303	-2.5881	0.0000	0.2192
1.942914D+07	3.7527	1.1769	3.6363	-1.6469	-2.0088	-2.2688	0.0000	0.2685
1.942989D+07	3.7924	1.0817	3.6224	-1.4352	-1.8024	-2.0686	0.0000	0.3107
1.943063D+07	3.9005	0.9124	3.6071	-1.3456	-1.7180	-1.9860	0.0000	0.3309
1.943138D+07	4.0078	0.7546	3.5945	-1.3270	-1.6981	-1.9633	0.0000	0.3351
1.943213D+07	4.0673	0.6669	3.5874	-1.3140	-1.6849	-1.9486	0.0000	0.3381
1.943287D+07	4.0948	0.6262	3.5841	-1.3064	-1.6778	-1.9411	0.0000	0.3401
1.943362D+07	4.1070	0.6078	3.5826	-1.3019	-1.6736	-1.9367	0.0000	0.3412
1.943437D+07	4.1131	0.5987	3.5818	-1.3006	-1.6722	-1.9350	0.0000	0.3415
1.943586D+07	4.1180	0.5915	3.5812	-1.2997	-1.6711	-1.9337	0.0000	0.3417
1.943885D+07	4.1221	0.5853	3.5807	-1.2991	-1.6704	-1.9328	0.0000	0.3418
1.944483D+07	4.1260	0.5795	3.5803	-1.2998	-1.6707	-1.9327	0.0000	0.3417
1.945596D+07	4.1275	0.5776	3.5802	-1.2994	-1.6705	-1.9327	0.0000	0.3417
1.946709D+07	4.1259	0.5799	3.5803	-1.3002	-1.6712	-1.9333	0.0000	0.3415
1.947822D+07	4.1235	0.5838	3.5807	-1.3014	-1.6723	-1.9345	0.0000	0.3412
1.948935D+07	4.1208	0.5879	3.5810	-1.3026	-1.6735	-1.9357	0.0000	0.3409
1.950048D+07	4.1182	0.5918	3.5814	-1.3035	-1.6743	-1.9366	0.0000	0.3407
1.951162D+07	4.1158	0.5955	3.5817	-1.3044	-1.6751	-1.9374	0.0000	0.3404
1.952275D+07	4.1133	0.5993	3.5820	-1.3058	-1.6766	-1.9391	0.0000	0.3401
1.953388D+07	4.1109	0.6031	3.5824	-1.3069	-1.6778	-1.9403	0.0000	0.3398
1.955008D+07	4.1074	0.6085	3.5829	-1.3087	-1.6794	-1.9420	0.0000	0.3394
1.956628D+07	4.1037	0.6141	3.5833	-1.3099	-1.6806	-1.9432	0.0000	0.3390
1.958247D+07	4.1002	0.6195	3.5838	-1.3113	-1.6819	-1.9445	0.0000	0.3387
1.959867D+07	4.0966	0.6249	3.5843	-1.3132	-1.6838	-1.9466	0.0000	0.3383
1.961487D+07	4.0931	0.6301	3.5847	-1.3145	-1.6850	-1.9478	0.0000	0.3379
1.963107D+07	4.0895	0.6357	3.5852	-1.3163	-1.6866	-1.9495	0.0000	0.3375
1.964727D+07	4.0859	0.6411	3.5856	-1.3175	-1.6878	-1.9507	0.0000	0.3371
1.966347D+07	4.0823	0.6466	3.5861	-1.3191	-1.6893	-1.9523	0.0000	0.3368
1.968659D+07	4.0769	0.6550	3.5868	-1.3220	-1.6922	-1.9553	0.0000	0.3361
1.970906D+07	4.0718	0.6630	3.5876	-1.3242	-1.6942	-1.9574	0.0000	0.3355
1.973152D+07	4.0667	0.6708	3.5883	-1.3265	-1.6963	-1.9595	0.0000	0.3349
1.975398D+07	4.0618	0.6786	3.5890	-1.3301	-1.6999	-1.9633	0.0000	0.3341
1.977645D+07	4.0568	0.6862	3.5896	-1.3325	-1.7020	-1.9654	0.0000	0.3334
1.979891D+07	4.0519	0.6938	3.5903	-1.3354	-1.7046	-1.9680	0.0000	0.3326
1.982137D+07	4.0471	0.7015	3.5910	-1.3388	-1.7079	-1.9713	0.0000	0.3318
1.986630D+07	4.0367	0.7178	3.5925	-1.3461	-1.7146	-1.9779	0.0000	0.3299
1.991123D+07	4.0275	0.7325	3.5939	-1.3541	-1.7219	-1.9851	0.0000	0.3279
1.995615D+07	4.0189	0.7466	3.5953	-1.3631	-1.7300	-1.9929	0.0000	0.3256



Tabla A.15 (Continuación)								
log m = 1.0000								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>eff</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
2.000108D+07	4.0107	0.7601	3.5966	-1.3741	-1.7400	-2.0025	0.0000	0.3229
2.004601D+07	4.0032	0.7731	3.5980	-1.3868	-1.7515	-2.0136	0.0000	0.3197
2.009093D+07	3.9962	0.7860	3.5994	-1.4022	-1.7653	-2.0267	0.0000	0.3158
2.013586D+07	3.9900	0.7980	3.6009	-1.4206	-1.7818	-2.0422	0.0000	0.3113
2.018079D+07	3.9845	0.8105	3.6026	-1.4452	-1.8040	-2.0632	0.0000	0.3052
2.022571D+07	3.9802	0.8226	3.6046	-1.4797	-1.8352	-2.0925	0.0000	0.2970
2.027064D+07	3.9783	0.8359	3.6074	-1.5385	-1.8889	-2.1429	0.0000	0.2832
2.029310D+07	3.9798	0.8433	3.6097	-1.5875	-1.9345	-2.1862	0.0000	0.2725

Tabla A.16								
log m = 1.0997								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
0.000000D+00	4.0575	4.2759	4.4623	-1.8154	-2.4734	-2.9388	1.4110	0.2828
1.000000D+05	4.0589	4.2742	4.4622	-1.8172	-2.4751	-2.9404	1.4130	0.2825
3.000000D+05	4.0622	4.2703	4.4621	-1.8215	-2.4794	-2.9451	1.4170	0.2818
7.000000D+05	4.0690	4.2623	4.4618	-1.8298	-2.4871	-2.9524	1.4250	0.2805
1.500000D+06	4.0828	4.2459	4.4611	-1.8470	-2.5031	-2.9678	1.4420	0.2779
2.878994D+06	4.1067	4.2152	4.4594	-1.8779	-2.5314	-2.9949	1.4740	0.2731
4.089823D+06	4.1286	4.1848	4.4573	-1.9073	-2.5582	-3.0204	1.5060	0.2686
5.161041D+06	4.1487	4.1546	4.4548	-1.9355	-2.5833	-3.0442	1.5390	0.2644
6.109569D+06	4.1686	4.1247	4.4523	-1.9625	-2.6080	-3.0680	1.5720	0.2601
6.946679D+06	4.1867	4.0950	4.4494	-1.9882	-2.6312	-3.0905	1.6050	0.2562
7.685558D+06	4.2033	4.0658	4.4462	-2.0122	-2.6526	-3.1111	1.6370	0.2525
8.336845D+06	4.2184	4.0371	4.4428	-2.0355	-2.6736	-3.1313	1.6700	0.2489
8.925589D+06	4.2328	4.0086	4.4393	-2.0576	-2.6934	-3.1504	1.7030	0.2455
9.457324D+06	4.2464	3.9804	4.4357	-2.0779	-2.7109	-3.1668	1.7370	0.2423
9.923436D+06	4.2585	3.9530	4.4319	-2.0976	-2.7285	-3.1838	1.7690	0.2393
1.034358D+07	4.2699	3.9261	4.4279	-2.1171	-2.7468	-3.2021	1.8020	0.2364
1.072170D+07	4.2804	3.8999	4.4241	-2.1340	-2.7615	-3.2161	1.8340	0.2337
1.106333D+07	4.2903	3.8745	4.4202	-2.1512	-2.7776	-3.2322	1.8660	0.2311
1.137134D+07	4.2996	3.8495	4.4163	-2.1663	-2.7904	-3.2442	1.8980	0.2287
1.164828D+07	4.3081	3.8256	4.4124	-2.1811	-2.8038	-3.2573	1.9300	0.2264
1.189670D+07	4.3158	3.8030	4.4087	-2.1949	-2.8163	-3.2696	1.9600	0.2243
1.211877D+07	4.3229	3.7818	4.4051	-2.2085	-2.8296	-3.2833	1.9900	0.2223
1.232286D+07	4.3298	3.7619	4.4019	-2.2197	-2.8394	-3.2927	2.0180	0.2205
1.250381D+07	4.3360	3.7436	4.3989	-2.2304	-2.8489	-3.3019	2.0460	0.2188
1.266877D+07	4.3418	3.7272	4.3962	-2.2415	-2.8599	-3.3132	2.0720	0.2172
1.281355D+07	4.3470	3.7134	4.3941	-2.2493	-2.8663	-3.3191	2.0960	0.2159
1.293972D+07	4.3518	3.7024	4.3925	-2.2571	-2.8735	-3.3262	2.1180	0.2147
1.304952D+07	4.3560	3.6944	4.3916	-2.2636	-2.8795	-3.3321	2.1370	0.2136
1.313763D+07	4.3597	3.6896	4.3913	-2.2687	-2.8843	-3.3369	2.1530	0.2128
1.320651D+07	4.3628	3.6878	4.3916	-2.2726	-2.8879	-3.3406	2.1660	0.2122
1.326196D+07	4.3655	3.6883	4.3924	-2.2757	-2.8908	-3.3435	2.1760	0.2118
1.330668D+07	4.3680	3.6906	4.3936	-2.2780	-2.8929	-3.3457	2.1840	0.2114
1.334175D+07	4.3702	3.6945	4.3951	-2.2797	-2.8946	-3.3473	2.1900	0.2111
1.337007D+07	4.3723	3.6995	4.3969	-2.2822	-2.8976	-3.3508	2.1950	0.2109
1.339298D+07	4.3742	3.7053	4.3988	-2.2822	-2.8969	-3.3497	2.2000	0.2108
1.341153D+07	4.3763	3.7120	4.4010	-2.2842	-2.8995	-3.3527	2.2030	0.2106
1.342658D+07	4.3782	3.7192	4.4033	-2.2841	-2.8990	-3.3519	2.2070	0.2105
1.343879D+07	4.3802	3.7265	4.4056	-2.2855	-2.9008	-3.3539	2.2100	0.2104
1.344814D+07	4.3823	3.7336	4.4079	-2.2864	-2.9016	-3.3547	2.2130	0.2102
1.345574D+07	4.3844	3.7408	4.4103	-2.2861	-2.9006	-3.3533	2.2170	0.2101

Tabla A.16 (Continuación)

log m = 1.0997								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
1.346193D+07	4.3866	3.7478	4.4126	-2.2871	-2.9015	-3.3542	2.2210	0.2100
1.346699D+07	4.3888	3.7545	4.4148	-2.2882	-2.9026	-3.3552	2.2250	0.2098
1.347114D+07	4.3910	3.7608	4.4169	-2.2894	-2.9037	-3.3563	2.2300	0.2096
1.347434D+07	4.3936	3.7663	4.4190	-2.2919	-2.9069	-3.3599	2.2360	0.2093
1.347697D+07	4.3954	3.7714	4.4207	-2.2921	-2.9063	-3.3589	2.2410	0.2092
1.347915D+07	4.3976	3.7759	4.4223	-2.2938	-2.9078	-3.3604	2.2480	0.2089
1.348084D+07	4.4000	3.7796	4.4239	-2.2966	-2.9113	-3.3644	2.2550	0.2086
1.348224D+07	4.4023	3.7830	4.4253	-2.2983	-2.9129	-3.3660	2.2610	0.2083
1.348337D+07	4.4038	3.7859	4.4264	-2.2996	-2.9141	-3.3672	2.2680	0.2081
1.348426D+07	4.4054	3.7883	4.4274	-2.3009	-2.9153	-3.3684	2.2740	0.2079
1.348502D+07	4.4068	3.7903	4.4282	-2.3021	-2.9164	-3.3695	2.2800	0.2077
1.348562D+07	4.4081	3.7920	4.4290	-2.3033	-2.9175	-3.3705	2.2860	0.2075
1.348609D+07	4.4092	3.7934	4.4296	-2.3044	-2.9185	-3.3715	2.2920	0.2073
1.348645D+07	4.4104	3.7947	4.4302	-2.3056	-2.9195	-3.3726	2.2990	0.2071
1.348665D+07	4.4113	3.7958	4.4307	-2.3066	-2.9204	-3.3733	2.3060	0.2069
1.348685D+07	4.4121	3.7967	4.4312	-2.3065	-2.9194	-3.3719	2.3120	0.2068
1.348705D+07	4.4129	3.7975	4.4316	-2.3073	-2.9201	-3.3725	2.3180	0.2067
1.348745D+07	4.4138	3.7985	4.4320	-2.3084	-2.9210	-3.3733	2.3270	0.2065
1.348826D+07	4.4134	3.7989	4.4320	-2.3080	-2.9205	-3.3729	2.3380	0.2065
1.348986D+07	4.4092	3.7939	4.4297	-2.3054	-2.9185	-3.3714	2.3530	0.2067
1.349307D+07	4.4045	3.7636	4.4210	-2.3072	-2.9181	-3.3704	2.4140	0.2060
1.349628D+07	4.4075	3.7191	4.4106	-2.3207	-2.9306	-3.3828	2.5060	0.2037
1.350270D+07	4.4230	3.6182	4.3893	-2.3600	-2.9681	-3.4205	2.7270	0.1978
1.350913D+07	4.4366	3.5163	4.3672	-2.3972	-3.0047	-3.4582	2.9740	0.1924
1.351555D+07	4.4451	3.4123	4.3433	-2.4312	-3.0389	-3.4943	3.2500	0.1878
1.352197D+07	4.4505	3.3017	4.3170	-2.4609	-3.0691	-3.5268	3.5780	0.1836
1.352839D+07	4.4510	3.1770	4.2860	-2.4896	-3.0993	-3.5599	3.9920	0.1797
1.353481D+07	4.4471	3.0272	4.2475	-2.5200	-3.1327	-3.5970	4.5660	0.1758
1.354123D+07	4.4375	2.8355	4.1972	-2.5551	-3.1734	-3.6426	5.4430	0.1715
1.354445D+07	4.4279	2.7226	4.1666	-2.5727	-3.1942	-3.6657	6.0480	0.1696
1.354766D+07	4.4158	2.5875	4.1298	-2.5932	-3.2189	-3.6921	6.8650	0.1674
1.355087D+07	4.3988	2.4195	4.0836	-2.6189	-3.2484	-3.7217	8.0210	0.1649
1.355247D+07	4.3898	2.3248	4.0576	-2.6353	-3.2665	-3.7391	8.7510	0.1633
1.355408D+07	4.3792	2.2169	4.0280	-2.6540	-3.2856	-3.7557	9.6470	0.1615
1.355568D+07	4.3684	2.0921	3.9941	-2.6770	-3.3076	-3.7733	0.0000	0.1591
1.355729D+07	4.3569	1.9464	3.9548	-2.7042	-3.3305	-3.7887	0.0000	0.1561
1.355889D+07	4.3449	1.7765	3.9093	-2.7311	-3.3464	-3.7914	0.0000	0.1525
1.356050D+07	4.3296	1.5760	3.8553	-2.7395	-3.3287	-3.7475	0.0000	0.1494
1.356130D+07	4.3197	1.4650	3.8251	-2.7317	-3.3006	-3.7005	0.0000	0.1482
1.356211D+07	4.3073	1.3382	3.7904	-2.7136	-3.2567	-3.6334	0.0000	0.1473

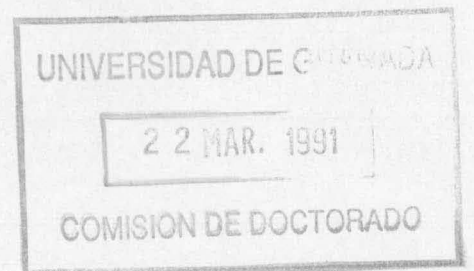




Tabla A.16 (Continuación)

log m = 1.0997								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
1.356291D+07	4.2897	1.1900	3.7489	-2.6739	-3.1814	-3.5273	0.0000	0.1473
1.356371D+07	4.2601	1.0106	3.6966	-2.5823	-3.0367	-3.3380	0.0000	0.1503
1.356411D+07	4.2375	0.9234	3.6692	-2.4871	-2.9036	-3.1749	0.0000	0.1557
1.356451D+07	4.2052	0.8630	3.6460	-2.2877	-2.6555	-2.8968	0.0000	0.1712
1.356491D+07	4.1613	0.8416	3.6297	-2.0056	-2.3452	-2.5787	0.0000	0.2023
1.356532D+07	4.1262	0.8321	3.6185	-1.7421	-2.0810	-2.3219	0.0000	0.2438
1.356572D+07	4.1288	0.7874	3.6080	-1.5313	-1.8774	-2.1260	0.0000	0.2849
1.356612D+07	4.1875	0.6798	3.5958	-1.4079	-1.7624	-2.0156	0.0000	0.3132
1.356652D+07	4.2865	0.5297	3.5830	-1.3692	-1.7221	-1.9717	0.0000	0.3221
1.356692D+07	4.3564	0.4240	3.5741	-1.3449	-1.6961	-1.9425	0.0000	0.3275
1.356732D+07	4.3929	0.3685	3.5693	-1.3261	-1.6777	-1.9230	0.0000	0.3321
1.356772D+07	4.4104	0.3417	3.5670	-1.3185	-1.6700	-1.9145	0.0000	0.3339
1.356813D+07	4.4182	0.3296	3.5659	-1.3149	-1.6662	-1.9103	0.0000	0.3347
1.356853D+07	4.4218	0.3245	3.5655	-1.3139	-1.6654	-1.9094	0.0000	0.3350
1.356933D+07	4.4238	0.3216	3.5653	-1.3134	-1.6646	-1.9085	0.0000	0.3352
1.357013D+07	4.4241	0.3211	3.5653	-1.3132	-1.6646	-1.9085	0.0000	0.3352
1.357174D+07	4.4235	0.3221	3.5654	-1.3135	-1.6648	-1.9088	0.0000	0.3351
1.357495D+07	4.4212	0.3255	3.5656	-1.3144	-1.6659	-1.9101	0.0000	0.3349
1.358137D+07	4.4162	0.3329	3.5662	-1.3162	-1.6677	-1.9119	0.0000	0.3345
1.358779D+07	4.4110	0.3409	3.5669	-1.3182	-1.6698	-1.9144	0.0000	0.3340
1.359421D+07	4.4061	0.3486	3.5676	-1.3199	-1.6718	-1.9167	0.0000	0.3336
1.360706D+07	4.3968	0.3630	3.5689	-1.3242	-1.6764	-1.9219	0.0000	0.3327
1.361990D+07	4.3876	0.3765	3.5700	-1.3274	-1.6796	-1.9254	0.0000	0.3319
1.363274D+07	4.3789	0.3901	3.5712	-1.3316	-1.6840	-1.9303	0.0000	0.3309
1.364559D+07	4.3705	0.4031	3.5723	-1.3354	-1.6879	-1.9345	0.0000	0.3299
1.365843D+07	4.3623	0.4160	3.5735	-1.3408	-1.6935	-1.9405	0.0000	0.3288
1.367127D+07	4.3545	0.4278	3.5746	-1.3438	-1.6963	-1.9436	0.0000	0.3279
1.368412D+07	4.3471	0.4393	3.5756	-1.3491	-1.7015	-1.9489	0.0000	0.3267
1.370980D+07	4.3323	0.4628	3.5777	-1.3591	-1.7114	-1.9592	0.0000	0.3242
1.373549D+07	4.3191	0.4842	3.5798	-1.3706	-1.7225	-1.9706	0.0000	0.3214
1.376118D+07	4.3074	0.5035	3.5817	-1.3828	-1.7336	-1.9815	0.0000	0.3182
1.378686D+07	4.2968	0.5217	3.5836	-1.4001	-1.7495	-1.9969	0.0000	0.3139
1.381255D+07	4.2877	0.5392	3.5857	-1.4216	-1.7695	-2.0164	0.0000	0.3085
1.383824D+07	4.2803	0.5556	3.5879	-1.4534	-1.7979	-2.0430	0.0000	0.3005
1.386392D+07	4.2769	0.5727	3.5913	-1.5189	-1.8565	-2.0975	0.0000	0.2844
1.387035D+07	4.2781	0.5762	3.5925	-1.5472	-1.8818	-2.1208	0.0000	0.2775
1.387677D+07	4.2825	0.5798	3.5945	-1.5995	-1.9289	-2.1643	0.0000	0.2653
1.387998D+07	4.2887	0.5802	3.5962	-1.6456	-1.9707	-2.2029	0.0000	0.2549
1.388319D+07	4.3057	0.5758	3.5993	-1.7452	-2.0609	-2.2857	0.0000	0.2334
1.388640D+07	4.3869	0.5734	3.6190	-2.2150	-2.5140	-2.7139	0.0000	0.1602



Tabla A.16 (Continuación)

log m = 1.0997								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>eff</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
1.388801D+07	4.4399	0.7087	3.6661	-2.6352	-2.9999	-3.2324	0.0000	0.1283
1.388841D+07	4.4482	0.7802	3.6860	-2.7060	-3.0983	-3.3510	0.0000	0.1257
1.388921D+07	4.4588	0.9261	3.7252	-2.8008	-3.2426	-3.5339	0.0000	0.1239
1.389001D+07	4.4659	1.0636	3.7613	-2.8574	-3.3403	-3.6652	0.0000	0.1241
1.389082D+07	4.4716	1.1876	3.7938	-2.8910	-3.4074	-3.7603	0.0000	0.1251
1.389162D+07	4.4768	1.2988	3.8228	-2.9108	-3.4545	-3.8310	0.0000	0.1264
1.389242D+07	4.4816	1.3991	3.8491	-2.9209	-3.4870	-3.8833	0.0000	0.1278
1.389322D+07	4.4853	1.4904	3.8729	-2.9235	-3.5076	-3.9205	0.0000	0.1294
1.389403D+07	4.4903	1.5743	3.8951	-2.9222	-3.5202	-3.9459	0.0000	0.1307
1.389483D+07	4.4946	1.6537	3.9160	-2.9144	-3.5227	-3.9582	0.0000	0.1323
1.389563D+07	4.4982	1.7282	3.9356	-2.9027	-3.5185	-3.9617	0.0000	0.1340
1.389724D+07	4.5042	1.8595	3.9699	-2.8748	-3.4999	-3.9539	0.0000	0.1373
1.389884D+07	4.5085	1.9744	3.9997	-2.8472	-3.4779	-3.9396	0.0000	0.1403
1.390045D+07	4.5117	2.0753	4.0257	-2.8213	-3.4547	-3.9215	0.0000	0.1430
1.390205D+07	4.5136	2.1640	4.0484	-2.7968	-3.4318	-3.9026	0.0000	0.1455
1.390366D+07	4.5144	2.2422	4.0681	-2.7727	-3.4074	-3.8804	0.0000	0.1479
1.390687D+07	4.5127	2.3619	4.0976	-2.7345	-3.3683	-3.8437	9.8910	0.1518
1.390847D+07	4.5117	2.4137	4.1103	-2.7176	-3.3503	-3.8262	9.4350	0.1536
1.391169D+07	4.5090	2.4927	4.1294	-2.6911	-3.3222	-3.7982	8.7840	0.1564
1.391811D+07	4.5043	2.5877	4.1520	-2.6579	-3.2859	-3.7610	8.0700	0.1599

Tabla A.17								
log m = 1.1998								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
0.000000D+00	4.3517	4.2652	4.5082	-1.7747	-2.4295	-2.8945	1.3790	0.2887
1.000000D+05	4.3539	4.2627	4.5081	-1.7775	-2.4321	-2.8970	1.3820	0.2883
3.000000D+05	4.3586	4.2573	4.5079	-1.7836	-2.4379	-2.9026	1.3870	0.2874
7.000000D+05	4.3680	4.2462	4.5075	-1.7961	-2.4497	-2.9141	1.3990	0.2854
1.500000D+06	4.3871	4.2222	4.5063	-1.8221	-2.4736	-2.9366	1.4240	0.2814
2.453073D+06	4.4109	4.1910	4.5044	-1.8553	-2.5046	-2.9665	1.4580	0.2762
3.264149D+06	4.4323	4.1605	4.5021	-1.8864	-2.5333	-2.9943	1.4910	0.2714
3.981075D+06	4.4521	4.1302	4.4995	-1.9166	-2.5616	-3.0223	1.5250	0.2668
4.614619D+06	4.4705	4.1001	4.4966	-1.9451	-2.5876	-3.0475	1.5590	0.2624
5.178116D+06	4.4876	4.0703	4.4934	-1.9723	-2.6125	-3.0716	1.5930	0.2582
5.678934D+06	4.5036	4.0408	4.4900	-1.9982	-2.6361	-3.0945	1.6280	0.2543
6.142981D+06	4.5191	4.0109	4.4864	-2.0238	-2.6595	-3.1173	1.6640	0.2503
6.554506D+06	4.5336	3.9814	4.4827	-2.0476	-2.6804	-3.1371	1.7000	0.2466
6.918741D+06	4.5463	3.9527	4.4787	-2.0697	-2.7004	-3.1566	1.7350	0.2432
7.248906D+06	4.5585	3.9243	4.4746	-2.0920	-2.7212	-3.1774	1.7710	0.2398
7.547708D+06	4.5699	3.8964	4.4705	-2.1130	-2.7409	-3.1971	1.8070	0.2366
7.817715D+06	4.5802	3.8689	4.4662	-2.1317	-2.7572	-3.2124	1.8430	0.2336
8.061464D+06	4.5905	3.8417	4.4620	-2.1520	-2.7766	-3.2322	1.8800	0.2306
8.280664D+06	4.6000	3.8157	4.4579	-2.1697	-2.7928	-3.2480	1.9160	0.2279
8.477330D+06	4.6084	3.7909	4.4538	-2.1861	-2.8080	-3.2631	1.9510	0.2254
8.658730D+06	4.6162	3.7668	4.4497	-2.2020	-2.8230	-3.2781	1.9860	0.2230
8.820756D+06	4.6233	3.7442	4.4458	-2.2161	-2.8358	-3.2905	2.0200	0.2208
8.964872D+06	4.6300	3.7232	4.4422	-2.2292	-2.8476	-3.3021	2.0530	0.2187
9.096561D+06	4.6362	3.7039	4.4390	-2.2417	-2.8593	-3.3138	2.0850	0.2168
9.213266D+06	4.6418	3.6869	4.4361	-2.2529	-2.8698	-3.3243	2.1150	0.2151
9.316106D+06	4.6468	3.6726	4.4338	-2.2627	-2.8790	-3.3336	2.1430	0.2136
9.408737D+06	4.6513	3.6610	4.4320	-2.2712	-2.8870	-3.3416	2.1680	0.2123
9.484121D+06	4.6556	3.6529	4.4311	-2.2787	-2.8941	-3.3488	2.1900	0.2112
9.544793D+06	4.6589	3.6482	4.4307	-2.2841	-2.8993	-3.3540	2.2080	0.2103
9.593773D+06	4.6617	3.6461	4.4309	-2.2884	-2.9034	-3.3581	2.2220	0.2097
9.632235D+06	4.6641	3.6464	4.4316	-2.2917	-2.9064	-3.3611	2.2330	0.2091
9.663345D+06	4.6663	3.6486	4.4327	-2.2941	-2.9086	-3.3633	2.2420	0.2088
9.688542D+06	4.6682	3.6524	4.4341	-2.2959	-2.9103	-3.3650	2.2500	0.2085
9.708973D+06	4.6700	3.6574	4.4358	-2.2972	-2.9115	-3.3662	2.2560	0.2083
9.725559D+06	4.6717	3.6633	4.4377	-2.2984	-2.9128	-3.3676	2.2600	0.2081
9.739035D+06	4.6733	3.6698	4.4397	-2.2988	-2.9130	-3.3677	2.2650	0.2080
9.749666D+06	4.6749	3.6768	4.4419	-2.3005	-2.9152	-3.3703	2.2690	0.2078
9.758309D+06	4.6766	3.6842	4.4441	-2.3009	-2.9152	-3.3700	2.2720	0.2077
9.765345D+06	4.6782	3.6917	4.4464	-2.3014	-2.9157	-3.3705	2.2750	0.2076
9.771080D+06	4.6799	3.6992	4.4487	-2.3021	-2.9162	-3.3710	2.2790	0.2075

Tabla A.17 (Continuación)

log m = 1.1998								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>eff</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
9.775617D+06	4.6819	3.7066	4.4511	-2.3023	-2.9162	-3.3707	2.2830	0.2074
9.779321D+06	4.6836	3.7136	4.4532	-2.3031	-2.9169	-3.3713	2.2870	0.2072
9.782352D+06	4.6854	3.7202	4.4553	-2.3042	-2.9178	-3.3722	2.2920	0.2070
9.784839D+06	4.6873	3.7264	4.4574	-2.3054	-2.9189	-3.3733	2.2970	0.2068
9.786754D+06	4.6891	3.7318	4.4592	-2.3070	-2.9206	-3.3752	2.3040	0.2066
9.788329D+06	4.6911	3.7368	4.4609	-2.3082	-2.9216	-3.3760	2.3100	0.2064
9.789629D+06	4.6929	3.7414	4.4625	-2.3098	-2.9230	-3.3775	2.3170	0.2061
9.790706D+06	4.6947	3.7454	4.4640	-2.3114	-2.9245	-3.3790	2.3240	0.2059
9.791551D+06	4.6964	3.7489	4.4653	-2.3136	-2.9269	-3.3815	2.3320	0.2056
9.792253D+06	4.6981	3.7519	4.4664	-2.3152	-2.9284	-3.3830	2.3390	0.2053
9.792804D+06	4.6996	3.7545	4.4675	-2.3167	-2.9298	-3.3844	2.3460	0.2051
9.793261D+06	4.7010	3.7568	4.4684	-2.3183	-2.9312	-3.3858	2.3540	0.2048
9.793615D+06	4.7025	3.7588	4.4693	-2.3198	-2.9328	-3.3873	2.3610	0.2046
9.793894D+06	4.7044	3.7605	4.4702	-2.3222	-2.9353	-3.3901	2.3710	0.2042
9.794065D+06	4.7062	3.7624	4.4711	-2.3236	-2.9359	-3.3901	2.3820	0.2039
9.794236D+06	4.7078	3.7640	4.4719	-2.3254	-2.9376	-3.3918	2.3920	0.2036
9.794406D+06	4.7091	3.7656	4.4726	-2.3277	-2.9404	-3.3953	2.4010	0.2033
9.794748D+06	4.7109	3.7680	4.4737	-2.3289	-2.9408	-3.3951	2.4170	0.2030
9.795432D+06	4.7106	3.7697	4.4740	-2.3285	-2.9401	-3.3944	2.4370	0.2029
9.796799D+06	4.7093	3.7654	4.4726	-2.3291	-2.9409	-3.3956	2.4640	0.2027
9.799533D+06	4.7077	3.7196	4.4608	-2.3382	-2.9480	-3.4021	2.5860	0.2008
9.802267D+06	4.7149	3.6566	4.4468	-2.3630	-2.9723	-3.4271	2.7470	0.1971
9.807735D+06	4.7330	3.5101	4.4147	-2.4192	-3.0278	-3.4840	3.1540	0.1889
9.813203D+06	4.7450	3.3510	4.3779	-2.4730	-3.0828	-3.5420	3.6670	0.1817
9.818671D+06	4.7508	3.1689	4.3339	-2.5234	-3.1361	-3.6000	4.3770	0.1750
9.824140D+06	4.7481	2.9383	4.2756	-2.5768	-3.1951	-3.6657	5.5100	0.1685
9.826874D+06	4.7420	2.8014	4.2398	-2.6045	-3.2274	-3.7022	6.3330	0.1654
9.829608D+06	4.7360	2.6455	4.1993	-2.6391	-3.2678	-3.7463	7.3830	0.1617
9.830975D+06	4.7327	2.5628	4.1778	-2.6587	-3.2904	-3.7705	7.9860	0.1597
9.832342D+06	4.7315	2.4781	4.1564	-2.6820	-3.3170	-3.7982	8.6410	0.1573
9.833709D+06	4.7306	2.3938	4.1350	-2.7061	-3.3436	-3.8249	9.3450	0.1549
9.835076D+06	4.7310	2.3114	4.1145	-2.7318	-3.3711	-3.8519	0.0000	0.1522
9.836443D+06	4.7321	2.2338	4.0954	-2.7594	-3.4002	-3.8798	0.0000	0.1495



Tabla A.18								
log m = 1.2999								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
0.000000D+00	4.6278	4.2557	4.5498	-1.7384	-2.3887	-2.8521	1.3520	0.2941
1.000000D+05	4.6307	4.2524	4.5497	-1.7425	-2.3926	-2.8559	1.3560	0.2934
3.000000D+05	4.6368	4.2452	4.5494	-1.7513	-2.4011	-2.8642	1.3630	0.2921
7.000000D+05	4.6493	4.2303	4.5488	-1.7698	-2.4196	-2.8829	1.3800	0.2892
1.457967D+06	4.6736	4.1989	4.5470	-1.8065	-2.4546	-2.9170	1.4140	0.2835
2.132188D+06	4.6961	4.1676	4.5448	-1.8418	-2.4879	-2.9495	1.4490	0.2781
2.732741D+06	4.7175	4.1361	4.5423	-1.8762	-2.5202	-2.9811	1.4850	0.2728
3.249828D+06	4.7367	4.1052	4.5394	-1.9083	-2.5502	-3.0105	1.5210	0.2678
3.710379D+06	4.7551	4.0741	4.5362	-1.9395	-2.5788	-3.0379	1.5590	0.2629
4.119975D+06	4.7717	4.0432	4.5326	-1.9694	-2.6064	-3.0649	1.5960	0.2583
4.499375D+06	4.7876	4.0119	4.5288	-1.9990	-2.6338	-3.0918	1.6350	0.2538
4.836897D+06	4.8027	3.9808	4.5248	-2.0274	-2.6604	-3.1185	1.6750	0.2494
5.136417D+06	4.8168	3.9497	4.5205	-2.0549	-2.6859	-3.1435	1.7160	0.2452
5.408787D+06	4.8296	3.9191	4.5161	-2.0806	-2.7096	-3.1669	1.7570	0.2413
5.656618D+06	4.8416	3.8887	4.5115	-2.1051	-2.7321	-3.1891	1.7980	0.2376
5.877259D+06	4.8526	3.8592	4.5068	-2.1280	-2.7534	-3.2101	1.8390	0.2340
6.077517D+06	4.8631	3.8297	4.5021	-2.1507	-2.7748	-3.2315	1.8820	0.2306
6.258858D+06	4.8737	3.8006	4.4975	-2.1730	-2.7959	-3.2526	1.9250	0.2272
6.422471D+06	4.8835	3.7735	4.4932	-2.1943	-2.8161	-3.2728	1.9680	0.2241
6.569766D+06	4.8916	3.7469	4.4885	-2.2127	-2.8333	-3.2900	2.0090	0.2212
6.705530D+06	4.8993	3.7213	4.4841	-2.2303	-2.8498	-3.3066	2.0500	0.2186
6.827312D+06	4.9063	3.6969	4.4797	-2.2476	-2.8667	-3.3240	2.0910	0.2160
6.936166D+06	4.9129	3.6746	4.4758	-2.2626	-2.8807	-3.3378	2.1310	0.2137
7.035525D+06	4.9187	3.6537	4.4720	-2.2768	-2.8943	-3.3516	2.1690	0.2116
7.123601D+06	4.9240	3.6356	4.4688	-2.2892	-2.9061	-3.3635	2.2050	0.2097
7.201232D+06	4.9289	3.6203	4.4662	-2.3004	-2.9169	-3.3745	2.2380	0.2080
7.271039D+06	4.9332	3.6080	4.4642	-2.3105	-2.9267	-3.3845	2.2690	0.2065
7.325953D+06	4.9368	3.5996	4.4630	-2.3181	-2.9339	-3.3917	2.2940	0.2053
7.370416D+06	4.9398	3.5944	4.4624	-2.3242	-2.9397	-3.3976	2.3150	0.2044
7.406489D+06	4.9424	3.5919	4.4625	-2.3289	-2.9443	-3.4022	2.3320	0.2037
7.435806D+06	4.9446	3.5917	4.4630	-2.3326	-2.9478	-3.4057	2.3460	0.2031
7.458983D+06	4.9465	3.5934	4.4639	-2.3355	-2.9506	-3.4086	2.3570	0.2027
7.477834D+06	4.9485	3.5968	4.4652	-2.3380	-2.9530	-3.4111	2.3670	0.2023
7.493169D+06	4.9501	3.6013	4.4667	-2.3394	-2.9541	-3.4121	2.3740	0.2020
7.505662D+06	4.9515	3.6069	4.4685	-2.3406	-2.9554	-3.4135	2.3800	0.2018
7.515850D+06	4.9529	3.6133	4.4704	-2.3415	-2.9561	-3.4142	2.3850	0.2017
7.524164D+06	4.9542	3.6202	4.4725	-2.3421	-2.9565	-3.4144	2.3900	0.2016
7.530953D+06	4.9555	3.6277	4.4747	-2.3429	-2.9575	-3.4156	2.3930	0.2015
7.536501D+06	4.9568	3.6353	4.4769	-2.3430	-2.9572	-3.4148	2.3970	0.2014
7.541039D+06	4.9581	3.6432	4.4792	-2.3430	-2.9569	-3.4145	2.4000	0.2013



Tabla A.18 (Continuación)

log m = 1.2999								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
7.544755D+06	4.9595	3.6508	4.4815	-2.3435	-2.9573	-3.4147	2.4040	0.2012
7.547620D+06	4.9609	3.6580	4.4836	-2.3445	-2.9584	-3.4159	2.4090	0.2011
7.549964D+06	4.9625	3.6649	4.4857	-2.3455	-2.9593	-3.4167	2.4140	0.2009
7.551885D+06	4.9640	3.6715	4.4878	-2.3466	-2.9604	-3.4179	2.4200	0.2007
7.553461D+06	4.9655	3.6777	4.4897	-2.3478	-2.9614	-3.4189	2.4260	0.2005
7.554756D+06	4.9671	3.6834	4.4915	-2.3490	-2.9625	-3.4201	2.4330	0.2003
7.555824D+06	4.9687	3.6887	4.4933	-2.3504	-2.9639	-3.4214	2.4400	0.2001
7.556661D+06	4.9702	3.6934	4.4948	-2.3520	-2.9653	-3.4228	2.4470	0.1998
7.557350D+06	4.9718	3.6977	4.4963	-2.3538	-2.9671	-3.4247	2.4550	0.1996
7.557921D+06	4.9733	3.7016	4.4976	-2.3554	-2.9686	-3.4261	2.4630	0.1993
7.558392D+06	4.9747	3.7052	4.4989	-2.3571	-2.9698	-3.4270	2.4720	0.1990
7.558761D+06	4.9762	3.7082	4.5000	-2.3584	-2.9710	-3.4281	2.4800	0.1988
7.559062D+06	4.9776	3.7111	4.5011	-2.3602	-2.9726	-3.4297	2.4890	0.1985
7.559302D+06	4.9791	3.7137	4.5021	-2.3622	-2.9746	-3.4317	2.4990	0.1982
7.559467D+06	4.9817	3.7170	4.5036	-2.3659	-2.9781	-3.4352	2.5180	0.1976
7.559633D+06	4.9840	3.7201	4.5049	-2.3690	-2.9810	-3.4381	2.5350	0.1971
7.559798D+06	4.9860	3.7230	4.5061	-2.3720	-2.9840	-3.4412	2.5510	0.1966
7.560129D+06	4.9887	3.7278	4.5080	-2.3755	-2.9873	-3.4445	2.5790	0.1960
7.560790D+06	4.9895	3.7317	4.5092	-2.3765	-2.9877	-3.4448	2.6190	0.1956
7.562113D+06	4.9914	3.7243	4.5078	-2.3822	-2.9930	-3.4500	2.6740	0.1947
7.563435D+06	4.9916	3.6960	4.5008	-2.3898	-2.9995	-3.4565	2.7840	0.1931
7.566081D+06	4.9999	3.5970	4.4781	-2.4272	-3.0364	-3.4945	3.0900	0.1875
7.568726D+06	5.0121	3.4828	4.4526	-2.4745	-3.0846	-3.5447	3.4870	0.1811
7.571372D+06	5.0220	3.3568	4.4236	-2.5224	-3.1346	-3.5978	3.9860	0.1748
7.574017D+06	5.0315	3.2325	4.3949	-2.5691	-3.1839	-3.6508	4.5830	0.1689
7.576663D+06	5.0361	3.0957	4.3618	-2.6126	-3.2308	-3.7020	5.3580	0.1637

Tabla A.19								
log m = 1.3998								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
0.000000D+00	4.8849	4.2474	4.5870	-1.7086	-2.3552	-2.8177	1.3300	0.2986
1.000000D+05	4.8886	4.2431	4.5869	-1.7144	-2.3610	-2.8234	1.3350	0.2977
3.000000D+05	4.8965	4.2338	4.5865	-1.7267	-2.3731	-2.8354	1.3450	0.2958
7.000000D+05	4.9130	4.2142	4.5857	-1.7528	-2.3990	-2.8611	1.3680	0.2917
1.298898D+06	4.9377	4.1819	4.5838	-1.7939	-2.4389	-2.9005	1.4060	0.2853
1.822564D+06	4.9600	4.1497	4.5814	-1.8329	-2.4765	-2.9375	1.4440	0.2792
2.280464D+06	4.9804	4.1178	4.5785	-1.8702	-2.5120	-2.9726	1.4820	0.2735
2.691512D+06	4.9997	4.0854	4.5752	-1.9066	-2.5466	-3.0067	1.5220	0.2678
3.060506D+06	5.0177	4.0525	4.5715	-1.9426	-2.5804	-3.0401	1.5650	0.2623
3.381808D+06	5.0342	4.0199	4.5675	-1.9767	-2.6125	-3.0718	1.6070	0.2571
3.669943D+06	5.0495	3.9874	4.5631	-2.0093	-2.6429	-3.1020	1.6500	0.2521
3.928225D+06	5.0638	3.9549	4.5586	-2.0407	-2.6724	-3.1313	1.6950	0.2473
4.167859D+06	5.0775	3.9217	4.5537	-2.0718	-2.7013	-3.1598	1.7420	0.2426
4.382219D+06	5.0904	3.8889	4.5487	-2.1020	-2.7300	-3.1887	1.7900	0.2381
4.577287D+06	5.1024	3.8557	4.5435	-2.1307	-2.7569	-3.2156	1.8390	0.2337
4.754635D+06	5.1136	3.8229	4.5380	-2.1585	-2.7833	-3.2420	1.8900	0.2295
4.912430D+06	5.1237	3.7912	4.5326	-2.1840	-2.8073	-3.2659	1.9390	0.2256
5.055546D+06	5.1330	3.7601	4.5272	-2.2083	-2.8305	-3.2894	1.9900	0.2220
5.185084D+06	5.1414	3.7295	4.5217	-2.2314	-2.8527	-3.3120	2.0410	0.2185
5.302520D+06	5.1506	3.7015	4.5169	-2.2547	-2.8753	-3.3350	2.0910	0.2151
5.410465D+06	5.1580	3.6734	4.5118	-2.2755	-2.8955	-3.3555	2.1420	0.2120
5.507772D+06	5.1648	3.6465	4.5067	-2.2948	-2.9139	-3.3739	2.1920	0.2092
5.595192D+06	5.1709	3.6216	4.5020	-2.3128	-2.9313	-3.3917	2.2410	0.2065
5.673442D+06	5.1765	3.5990	4.4978	-2.3288	-2.9467	-3.4074	2.2880	0.2041
5.744675D+06	5.1816	3.5786	4.4940	-2.3439	-2.9617	-3.4226	2.3330	0.2019
5.807875D+06	5.1862	3.5615	4.4909	-2.3570	-2.9748	-3.4366	2.3750	0.2000
5.862908D+06	5.1902	3.5476	4.4884	-2.3683	-2.9859	-3.4480	2.4130	0.1984
5.907632D+06	5.1935	3.5374	4.4866	-2.3775	-2.9949	-3.4572	2.4450	0.1970
5.944064D+06	5.1964	3.5303	4.4856	-2.3849	-3.0018	-3.4639	2.4730	0.1959
5.973124D+06	5.1987	3.5265	4.4852	-2.3907	-3.0075	-3.4697	2.4950	0.1950
5.996840D+06	5.2008	3.5251	4.4854	-2.3952	-3.0118	-3.4741	2.5140	0.1944
6.016218D+06	5.2026	3.5258	4.4860	-2.3988	-3.0156	-3.4783	2.5290	0.1938
6.031699D+06	5.2042	3.5282	4.4870	-2.4014	-3.0181	-3.4808	2.5410	0.1934
6.044352D+06	5.2056	3.5321	4.4884	-2.4033	-3.0199	-3.4826	2.5510	0.1931
6.054700D+06	5.2069	3.5371	4.4899	-2.4047	-3.0212	-3.4838	2.5590	0.1929
6.063170D+06	5.2081	3.5428	4.4917	-2.4058	-3.0221	-3.4847	2.5660	0.1927
6.070106D+06	5.2091	3.5491	4.4935	-2.4066	-3.0223	-3.4843	2.5730	0.1925
6.075790D+06	5.2102	3.5562	4.4955	-2.4069	-3.0224	-3.4843	2.5780	0.1924
6.080450D+06	5.2113	3.5636	4.4977	-2.4073	-3.0226	-3.4845	2.5820	0.1923
6.084273D+06	5.2124	3.5711	4.4998	-2.4077	-3.0229	-3.4847	2.5870	0.1922



Tabla A.19 (Continuación)

log m = 1.3998								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>eff</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
6.087410D+06	5.2135	3.5787	4.5020	-2.4085	-3.0237	-3.4855	2.5910	0.1921
6.089986D+06	5.2146	3.5862	4.5041	-2.4090	-3.0240	-3.4857	2.5960	0.1920
6.092104D+06	5.2158	3.5935	4.5063	-2.4095	-3.0245	-3.4861	2.6010	0.1919
6.093763D+06	5.2171	3.6005	4.5083	-2.4103	-3.0252	-3.4868	2.6070	0.1917
6.095125D+06	5.2183	3.6072	4.5103	-2.4113	-3.0263	-3.4882	2.6130	0.1916
6.096245D+06	5.2196	3.6135	4.5122	-2.4124	-3.0273	-3.4891	2.6200	0.1914
6.097167D+06	5.2210	3.6195	4.5140	-2.4136	-3.0284	-3.4902	2.6270	0.1911
6.097927D+06	5.2222	3.6250	4.5157	-2.4149	-3.0295	-3.4913	2.6350	0.1909
6.098554D+06	5.2235	3.6302	4.5173	-2.4163	-3.0308	-3.4925	2.6430	0.1907
6.099072D+06	5.2247	3.6349	4.5188	-2.4177	-3.0321	-3.4938	2.6520	0.1905
6.099480D+06	5.2259	3.6391	4.5202	-2.4193	-3.0335	-3.4951	2.6610	0.1902
6.099816D+06	5.2271	3.6430	4.5214	-2.4208	-3.0349	-3.4965	2.6700	0.1900
6.100091D+06	5.2281	3.6466	4.5226	-2.4220	-3.0355	-3.4966	2.6790	0.1897
6.100313D+06	5.2289	3.6501	4.5237	-2.4236	-3.0369	-3.4979	2.6890	0.1895
6.100479D+06	5.2298	3.6540	4.5249	-2.4249	-3.0379	-3.4988	2.7020	0.1893
6.100566D+06	5.2316	3.6568	4.5260	-2.4279	-3.0408	-3.5017	2.7180	0.1888
6.100653D+06	5.2332	3.6593	4.5271	-2.4308	-3.0435	-3.5045	2.7330	0.1884
6.100740D+06	5.2360	3.6611	4.5282	-2.4351	-3.0482	-3.5094	2.7510	0.1878
6.100914D+06	5.2389	3.6663	4.5302	-2.4398	-3.0529	-3.5141	2.7790	0.1870
6.101263D+06	5.2419	3.6754	4.5332	-2.4443	-3.0571	-3.5186	2.8220	0.1862
6.101959D+06	5.2428	3.6801	4.5346	-2.4458	-3.0579	-3.5192	2.8940	0.1855
6.103353D+06	5.2501	3.6618	4.5319	-2.4655	-3.0779	-3.5396	3.0110	0.1830
6.104746D+06	5.2550	3.6063	4.5192	-2.4903	-3.1025	-3.5651	3.2570	0.1792
6.107533D+06	5.2695	3.4403	4.4814	-2.5635	-3.1778	-3.6439	3.9440	0.1695
6.108926D+06	5.2762	3.3462	4.4595	-2.6033	-3.2199	-3.6890	4.3980	0.1646
6.110320D+06	5.2830	3.2452	4.4360	-2.6450	-3.2644	-3.7369	4.9560	0.1595
6.111713D+06	5.2894	3.1411	4.4115	-2.6893	-3.3127	-3.7895	5.6220	0.1546
6.113107D+06	5.2933	3.0291	4.3845	-2.7315	-3.3590	-3.8404	6.4510	0.1500
6.114500D+06	5.2971	2.9117	4.3561	-2.7761	-3.4093	-3.8960	7.4460	0.1452
6.115894D+06	5.3018	2.8021	4.3299	-2.8227	-3.4616	-3.9533	8.4690	0.1405
6.116590D+06	5.3042	2.7499	4.3175	-2.8456	-3.4875	-3.9816	8.9810	0.1383
6.117984D+06	5.3107	2.6686	4.2988	-2.8905	-3.5375	-4.0350	9.8200	0.1340
6.119377D+06	5.3171	2.6142	4.2867	-2.9274	-3.5786	-4.0789	0.0000	0.1306
6.122164D+06	5.3253	2.5793	4.2801	-2.9625	-3.6167	-4.1186	0.0000	0.1273
6.124951D+06	5.3290	2.5765	4.2803	-2.9735	-3.6283	-4.1307	0.0000	0.1263
6.130525D+06	5.3308	2.5896	4.2840	-2.9732	-3.6276	-4.1299	0.0000	0.1262
6.136099D+06	5.3310	2.5939	4.2851	-2.9721	-3.6262	-4.1285	0.0000	0.1263
6.141673D+06	5.3312	2.5925	4.2848	-2.9732	-3.6274	-4.1297	0.0000	0.1262
6.152820D+06	5.3318	2.5834	4.2827	-2.9783	-3.6331	-4.1357	0.0000	0.1257
6.175115D+06	5.3335	2.5713	4.2801	-2.9878	-3.6434	-4.1463	0.0000	0.1248



Tabla A.19 (Continuación)

log m = 1.3998								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
6.219706D+06	5.3365	2.5677	4.2800	-2.9976	-3.6538	-4.1571	0.0000	0.1239
6.264296D+06	5.3392	2.5489	4.2759	-3.0112	-3.6684	-4.1723	0.0000	0.1225
6.308886D+06	5.3418	2.5255	4.2707	-3.0289	-3.6882	-4.1933	0.0000	0.1210
6.353477D+06	5.3444	2.4985	4.2646	-3.0467	-3.7077	-4.2136	0.0000	0.1194
6.398067D+06	5.3471	2.4735	4.2591	-3.0648	-3.7273	-4.2334	0.0000	0.1178
6.442658D+06	5.3493	2.4295	4.2486	-3.0896	-3.7549	-4.2622	0.0000	0.1157
6.487248D+06	5.3518	2.3812	4.2372	-3.1170	-3.7848	-4.2921	0.0000	0.1135
6.531838D+06	5.3535	2.2988	4.2170	-3.1580	-3.8295	-4.3372	0.0000	0.1103
6.554133D+06	5.3544	2.2425	4.2032	-3.1870	-3.8607	-4.3675	0.0000	0.1081
6.598724D+06	5.3558	2.0886	4.1650	-3.2639	-3.9422	-4.4454	0.0000	0.1025
6.621019D+06	5.3569	2.0441	4.1542	-3.2862	-3.9635	-4.4636	0.0000	0.1008
6.643314D+06	5.3558	1.9138	4.1213	-3.3409	-4.0149	-4.5054	0.0000	0.0969
6.665609D+06	5.3426	1.3066	3.9662	-3.5374	-4.1428	-4.5567	0.0000	0.0804
6.671183D+06	5.3355	1.0936	3.9112	-3.5594	-4.1199	-4.4950	0.0000	0.0758
6.672577D+06	5.3364	1.0543	3.9016	-3.5662	-4.1160	-4.4826	0.0000	0.0745
6.673970D+06	5.3385	1.0427	3.8992	-3.5735	-4.1198	-4.4834	0.0000	0.0738
6.676757D+06	5.3379	1.0621	3.9039	-3.5706	-4.1224	-4.4904	0.0000	0.0744
6.678150D+06	5.3327	1.0547	3.9008	-3.5547	-4.1050	-4.4722	0.0000	0.0753
6.679544D+06	5.3166	0.9626	3.8737	-3.5010	-4.0258	-4.3730	0.0000	0.0767
6.679892D+06	5.3116	0.9322	3.8649	-3.4806	-3.9951	-4.3343	0.0000	0.0771
6.680066D+06	5.3088	0.9154	3.8600	-3.4676	-3.9758	-4.3105	0.0000	0.0773
6.680241D+06	5.3058	0.8961	3.8544	-3.4536	-3.9548	-4.2839	0.0000	0.0776
6.680415D+06	5.3025	0.8754	3.8484	-3.4358	-3.9296	-4.2527	0.0000	0.0780
6.680763D+06	5.2945	0.8206	3.8327	-3.3898	-3.8611	-4.1674	0.0000	0.0789
6.681112D+06	5.2846	0.7511	3.8129	-3.3234	-3.7647	-4.0482	0.0000	0.0802
6.681808D+06	5.2481	0.4735	3.7343	-3.0240	-3.3582	-3.5685	0.0000	0.0868
6.681982D+06	5.2334	0.3996	3.7121	-2.9182	-3.2272	-3.4210	0.0000	0.0906
6.682157D+06	5.2133	0.3034	3.6831	-2.7690	-3.0473	-3.2216	0.0000	0.0968
6.682244D+06	5.2015	0.2527	3.6675	-2.6817	-2.9448	-3.1098	0.0000	0.1011
6.682418D+06	5.1618	0.1182	3.6239	-2.3969	-2.6245	-2.7692	0.0000	0.1192
6.682505D+06	5.1360	0.0666	3.6046	-2.2254	-2.4441	-2.5858	0.0000	0.1347
6.682592D+06	5.1046	0.0358	3.5890	-2.0351	-2.2556	-2.4024	0.0000	0.1579
6.682679D+06	5.0760	0.0199	3.5779	-1.8574	-2.0888	-2.2459	0.0000	0.1866
6.682766D+06	5.0580	0.0083	3.5705	-1.7169	-1.9628	-2.1307	0.0000	0.2160
6.682853D+06	5.0447	0.0007	3.5653	-1.6032	-1.8639	-2.0418	0.0000	0.2442
6.682940D+06	5.0621	-0.0466	3.5578	-1.4917	-1.7643	-1.9488	0.0000	0.2743
6.682984D+06	5.2057	-0.2615	3.5400	-1.3924	-1.6594	-1.8357	0.0000	0.2960
6.683006D+06	5.2815	-0.3679	3.5323	-1.3573	-1.6176	-1.7875	0.0000	0.3030
6.683017D+06	5.3121	-0.4064	3.5303	-1.3488	-1.6049	-1.7713	0.0000	0.3039
6.683028D+06	5.3319	-0.4321	3.5289	-1.3389	-1.5927	-1.7573	0.0000	0.3055

Tabla A.19 (Continuación)

log m = 1.3998								
X = 0.700 Z = 0.02								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	Log k <sub>2</sub>	Log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	α	β
6.087410D+06	5.2135	3.5787	4.5020	-2.4085	-3.0237	-3.4855	2.5910	0.1921
6.089986D+06	5.2146	3.5862	4.5041	-2.4090	-3.0240	-3.4857	2.5960	0.1920
6.092104D+06	5.2158	3.5935	4.5063	-2.4095	-3.0245	-3.4861	2.6010	0.1919
6.093763D+06	5.2171	3.6005	4.5083	-2.4103	-3.0252	-3.4868	2.6070	0.1917
6.095125D+06	5.2183	3.6072	4.5103	-2.4113	-3.0263	-3.4882	2.6130	0.1916
6.096245D+06	5.2196	3.6135	4.5122	-2.4124	-3.0273	-3.4891	2.6200	0.1914
6.097167D+06	5.2210	3.6195	4.5140	-2.4136	-3.0284	-3.4902	2.6270	0.1911
6.097927D+06	5.2222	3.6250	4.5157	-2.4149	-3.0295	-3.4913	2.6350	0.1909
6.098554D+06	5.2235	3.6302	4.5173	-2.4163	-3.0308	-3.4925	2.6430	0.1907
6.099072D+06	5.2247	3.6349	4.5188	-2.4177	-3.0321	-3.4938	2.6520	0.1905
6.099480D+06	5.2259	3.6391	4.5202	-2.4193	-3.0335	-3.4951	2.6610	0.1902
6.099816D+06	5.2271	3.6430	4.5214	-2.4208	-3.0349	-3.4965	2.6700	0.1900
6.100091D+06	5.2281	3.6466	4.5226	-2.4220	-3.0355	-3.4966	2.6790	0.1897
6.100313D+06	5.2289	3.6501	4.5237	-2.4236	-3.0369	-3.4979	2.6890	0.1895
6.100479D+06	5.2298	3.6540	4.5249	-2.4249	-3.0379	-3.4988	2.7020	0.1893
6.100566D+06	5.2316	3.6568	4.5260	-2.4279	-3.0408	-3.5017	2.7180	0.1888
6.100653D+06	5.2332	3.6593	4.5271	-2.4308	-3.0435	-3.5045	2.7330	0.1884
6.100740D+06	5.2360	3.6611	4.5282	-2.4351	-3.0482	-3.5094	2.7510	0.1878
6.100914D+06	5.2389	3.6663	4.5302	-2.4398	-3.0529	-3.5141	2.7790	0.1870
6.101263D+06	5.2419	3.6754	4.5332	-2.4443	-3.0571	-3.5186	2.8220	0.1862
6.101959D+06	5.2428	3.6801	4.5346	-2.4458	-3.0579	-3.5192	2.8940	0.1855
6.103353D+06	5.2501	3.6618	4.5319	-2.4655	-3.0779	-3.5396	3.0110	0.1830
6.104746D+06	5.2550	3.6063	4.5192	-2.4903	-3.1025	-3.5651	3.2570	0.1792
6.107533D+06	5.2695	3.4403	4.4814	-2.5635	-3.1778	-3.6439	3.9440	0.1695
6.108926D+06	5.2762	3.3462	4.4595	-2.6033	-3.2199	-3.6890	4.3980	0.1646
6.110320D+06	5.2830	3.2452	4.4360	-2.6450	-3.2644	-3.7369	4.9560	0.1595
6.111713D+06	5.2894	3.1411	4.4115	-2.6893	-3.3127	-3.7895	5.6220	0.1546
6.113107D+06	5.2933	3.0291	4.3845	-2.7315	-3.3590	-3.8404	6.4510	0.1500
6.114500D+06	5.2971	2.9117	4.3561	-2.7761	-3.4093	-3.8960	7.4460	0.1452
6.115894D+06	5.3018	2.8021	4.3299	-2.8227	-3.4616	-3.9533	8.4690	0.1405
6.116590D+06	5.3042	2.7499	4.3175	-2.8456	-3.4875	-3.9816	8.9810	0.1383
6.117984D+06	5.3107	2.6686	4.2988	-2.8905	-3.5375	-4.0350	9.8200	0.1340
6.119377D+06	5.3171	2.6142	4.2867	-2.9274	-3.5786	-4.0789	0.0000	0.1306
6.122164D+06	5.3253	2.5793	4.2801	-2.9625	-3.6167	-4.1186	0.0000	0.1273
6.124951D+06	5.3290	2.5765	4.2803	-2.9735	-3.6283	-4.1307	0.0000	0.1263
6.130525D+06	5.3308	2.5896	4.2840	-2.9732	-3.6276	-4.1299	0.0000	0.1262
6.136099D+06	5.3310	2.5939	4.2851	-2.9721	-3.6262	-4.1285	0.0000	0.1263
6.141673D+06	5.3312	2.5925	4.2848	-2.9732	-3.6274	-4.1297	0.0000	0.1262
6.152820D+06	5.3318	2.5834	4.2827	-2.9783	-3.6331	-4.1357	0.0000	0.1257
6.175115D+06	5.3335	2.5713	4.2801	-2.9878	-3.6434	-4.1463	0.0000	0.1248

Tabla A.19 (Continuación)

$\log m = 1.3998$   
 $X = 0.700 \quad Z = 0.02$

Edad	$\log L/L_{\odot}$	$\log g$	$\log T_{ef}$	$\text{Log } k_2$	$\text{Log } k_3$	$\log k_4$	$\alpha$	$\beta$
6.219706D+06	5.3365	2.5677	4.2800	-2.9976	-3.6538	-4.1571	0.0000	0.1239
6.264296D+06	5.3392	2.5489	4.2759	-3.0112	-3.6684	-4.1723	0.0000	0.1225
6.308886D+06	5.3418	2.5255	4.2707	-3.0289	-3.6882	-4.1933	0.0000	0.1210
6.353477D+06	5.3444	2.4985	4.2646	-3.0467	-3.7077	-4.2136	0.0000	0.1194
6.398067D+06	5.3471	2.4735	4.2591	-3.0648	-3.7273	-4.2334	0.0000	0.1178
6.442658D+06	5.3493	2.4295	4.2486	-3.0896	-3.7549	-4.2622	0.0000	0.1157
6.487248D+06	5.3518	2.3812	4.2372	-3.1170	-3.7848	-4.2921	0.0000	0.1135
6.531838D+06	5.3535	2.2988	4.2170	-3.1580	-3.8295	-4.3372	0.0000	0.1103
6.554133D+06	5.3544	2.2425	4.2032	-3.1870	-3.8607	-4.3675	0.0000	0.1081
6.598724D+06	5.3558	2.0886	4.1650	-3.2639	-3.9422	-4.4454	0.0000	0.1025
6.621019D+06	5.3569	2.0441	4.1542	-3.2862	-3.9635	-4.4636	0.0000	0.1008
6.643314D+06	5.3558	1.9138	4.1213	-3.3409	-4.0149	-4.5054	0.0000	0.0969
6.665609D+06	5.3426	1.3066	3.9662	-3.5374	-4.1428	-4.5567	0.0000	0.0804
6.671183D+06	5.3355	1.0936	3.9112	-3.5594	-4.1199	-4.4950	0.0000	0.0758
6.672577D+06	5.3364	1.0543	3.9016	-3.5662	-4.1160	-4.4826	0.0000	0.0745
6.673970D+06	5.3385	1.0427	3.8992	-3.5735	-4.1198	-4.4834	0.0000	0.0738
6.676757D+06	5.3379	1.0621	3.9039	-3.5706	-4.1224	-4.4904	0.0000	0.0744
6.678150D+06	5.3327	1.0547	3.9008	-3.5547	-4.1050	-4.4722	0.0000	0.0753
6.679544D+06	5.3166	0.9626	3.8737	-3.5010	-4.0258	-4.3730	0.0000	0.0767
6.679892D+06	5.3116	0.9322	3.8649	-3.4806	-3.9951	-4.3343	0.0000	0.0771
6.680066D+06	5.3088	0.9154	3.8600	-3.4676	-3.9758	-4.3105	0.0000	0.0773
6.680241D+06	5.3058	0.8961	3.8544	-3.4536	-3.9548	-4.2839	0.0000	0.0776
6.680415D+06	5.3025	0.8754	3.8484	-3.4358	-3.9296	-4.2527	0.0000	0.0780
6.680763D+06	5.2945	0.8206	3.8327	-3.3898	-3.8611	-4.1674	0.0000	0.0789
6.681112D+06	5.2846	0.7511	3.8129	-3.3234	-3.7647	-4.0482	0.0000	0.0802
6.681808D+06	5.2481	0.4735	3.7343	-3.0240	-3.3582	-3.5685	0.0000	0.0868
6.681982D+06	5.2334	0.3996	3.7121	-2.9182	-3.2272	-3.4210	0.0000	0.0906
6.682157D+06	5.2133	0.3034	3.6831	-2.7690	-3.0473	-3.2216	0.0000	0.0968
6.682244D+06	5.2015	0.2527	3.6675	-2.6817	-2.9448	-3.1098	0.0000	0.1011
6.682418D+06	5.1618	0.1182	3.6239	-2.3969	-2.6245	-2.7692	0.0000	0.1192
6.682505D+06	5.1360	0.0666	3.6046	-2.2254	-2.4441	-2.5858	0.0000	0.1347
6.682592D+06	5.1046	0.0358	3.5890	-2.0351	-2.2556	-2.4024	0.0000	0.1579
6.682679D+06	5.0760	0.0199	3.5779	-1.8574	-2.0888	-2.2459	0.0000	0.1866
6.682766D+06	5.0580	0.0083	3.5705	-1.7169	-1.9628	-2.1307	0.0000	0.2160
6.682853D+06	5.0447	0.0007	3.5653	-1.6032	-1.8639	-2.0418	0.0000	0.2442
6.682940D+06	5.0621	-0.0466	3.5578	-1.4917	-1.7643	-1.9488	0.0000	0.2743
6.682984D+06	5.2057	-0.2615	3.5400	-1.3924	-1.6594	-1.8357	0.0000	0.2960
6.683006D+06	5.2815	-0.3679	3.5323	-1.3573	-1.6176	-1.7875	0.0000	0.3030
6.683017D+06	5.3121	-0.4064	3.5303	-1.3488	-1.6049	-1.7713	0.0000	0.3039
6.683028D+06	5.3319	-0.4321	3.5289	-1.3389	-1.5927	-1.7573	0.0000	0.3055



Tabla F.1								
log m = 0.0492								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.125$								
Edad	log L/L <sub>☉</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
0.000000D+00	0.1509	4.4179	3.7838	-1.9571	-2.4476	-2.7628	1.7110	0.2486
1.000000D+08	0.1547	4.4149	3.7840	-1.9617	-2.4518	-2.7669	1.7180	0.2478
3.000000D+08	0.1629	4.4086	3.7844	-1.9713	-2.4606	-2.7756	1.7330	0.2462
7.000000D+08	0.1791	4.3954	3.7852	-1.9909	-2.4790	-2.7941	1.7630	0.2431
1.170226D+09	0.1986	4.3792	3.7860	-2.0137	-2.5002	-2.8152	1.8010	0.2394
1.591526D+09	0.2167	4.3635	3.7866	-2.0340	-2.5187	-2.8335	1.8360	0.2360
1.980684D+09	0.2334	4.3480	3.7869	-2.0516	-2.5343	-2.8487	1.8700	0.2331
2.326224D+09	0.2487	4.3333	3.7871	-2.0660	-2.5462	-2.8599	1.9010	0.2305
2.644226D+09	0.2622	4.3189	3.7869	-2.0774	-2.5547	-2.8674	1.9300	0.2283
2.936532D+09	0.2749	4.3049	3.7865	-2.0866	-2.5607	-2.8721	1.9570	0.2264
3.204810D+09	0.2867	4.2913	3.7861	-2.0940	-2.5651	-2.8753	1.9830	0.2248
3.444490D+09	0.2967	4.2786	3.7854	-2.0981	-2.5656	-2.8742	2.0050	0.2235
3.664244D+09	0.3057	4.2662	3.7846	-2.1002	-2.5638	-2.8705	2.0250	0.2225
3.865667D+09	0.3138	4.2545	3.7836	-2.1002	-2.5599	-2.8648	2.0430	0.2218
4.050010D+09	0.3209	4.2433	3.7826	-2.0985	-2.5543	-2.8573	2.0580	0.2213
4.218756D+09	0.3270	4.2327	3.7815	-2.0951	-2.5468	-2.8477	2.0720	0.2210
4.372490D+09	0.3322	4.2226	3.7803	-2.0903	-2.5381	-2.8371	2.0830	0.2210
4.513111D+09	0.3367	4.2132	3.7791	-2.0842	-2.5280	-2.8249	2.0920	0.2211
4.641290D+09	0.3405	4.2043	3.7778	-2.0771	-2.5171	-2.8121	2.0990	0.2213
4.758335D+09	0.3436	4.1962	3.7765	-2.0692	-2.5054	-2.7986	2.1050	0.2218
4.865097D+09	0.3463	4.1885	3.7753	-2.0610	-2.4938	-2.7853	2.1090	0.2223
4.962060D+09	0.3488	4.1815	3.7741	-2.0517	-2.4807	-2.7703	2.1130	0.2228
5.050217D+09	0.3511	4.1750	3.7731	-2.0448	-2.4711	-2.7593	2.1170	0.2233
5.129733D+09	0.3539	4.1687	3.7722	-2.0395	-2.4635	-2.7506	2.1230	0.2236
5.195826D+09	0.3568	4.1631	3.7715	-2.0368	-2.4592	-2.7456	2.1300	0.2236
5.255402D+09	0.3601	4.1580	3.7711	-2.0354	-2.4564	-2.7422	2.1380	0.2234
5.307674D+09	0.3644	4.1532	3.7710	-2.0380	-2.4582	-2.7437	2.1510	0.2228
5.347162D+09	0.3689	4.1494	3.7712	-2.0427	-2.4627	-2.7483	2.1650	0.2220
5.379033D+09	0.3736	4.1462	3.7715	-2.0498	-2.4699	-2.7557	2.1810	0.2209
5.401727D+09	0.3788	4.1434	3.7721	-2.0594	-2.4803	-2.7666	2.1990	0.2195
5.420289D+09	0.3857	4.1401	3.7730	-2.0717	-2.4939	-2.7810	2.2200	0.2179
5.435577D+09	0.3925	4.1369	3.7739	-2.0863	-2.5103	-2.7986	2.2440	0.2160
5.447191D+09	0.3989	4.1342	3.7748	-2.0996	-2.5251	-2.8145	2.2660	0.2143
5.456943D+09	0.4063	4.1310	3.7759	-2.1150	-2.5424	-2.8330	2.2920	0.2123
5.464476D+09	0.4088	4.1296	3.7762	-2.1193	-2.5472	-2.8381	2.3020	0.2117
5.469866D+09	0.4198	4.1237	3.7774	-2.1401	-2.5705	-2.8630	2.3400	0.2090
5.475875D+09	0.4298	4.1194	3.7789	-2.1613	-2.5945	-2.8889	2.3770	0.2064
5.479991D+09	0.4363	4.1164	3.7798	-2.1745	-2.6096	-2.9053	2.4020	0.2048
5.483542D+09	0.4421	4.1129	3.7803	-2.1839	-2.6197	-2.9162	2.4240	0.2035

Tabla F.1 (Continuación)

log m = 0.0492								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.125$								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
5.486586D+09	0.4471	4.1089	3.7806	-2.1905	-2.6267	-2.9235	2.4450	0.2025
5.489226D+09	0.4505	4.1053	3.7805	-2.1932	-2.6290	-2.9257	2.4600	0.2020
5.491807D+09	0.4529	4.1016	3.7802	-2.1924	-2.6271	-2.9233	2.4710	0.2018
5.494053D+09	0.4544	4.0986	3.7798	-2.1904	-2.6239	-2.9195	2.4780	0.2019
5.498544D+09	0.4567	4.0938	3.7792	-2.1866	-2.6181	-2.9127	2.4860	0.2019
5.503036D+09	0.4584	4.0905	3.7788	-2.1848	-2.6154	-2.9094	2.4920	0.2020
5.507528D+09	0.4595	4.0885	3.7786	-2.1835	-2.6134	-2.9070	2.4950	0.2020
5.512020D+09	0.4602	4.0871	3.7784	-2.1826	-2.6120	-2.9053	2.4980	0.2020
5.521004D+09	0.4611	4.0853	3.7782	-2.1814	-2.6102	-2.9033	2.5010	0.2021
5.538971D+09	0.4625	4.0822	3.7777	-2.1780	-2.6053	-2.8976	2.5060	0.2022
5.574906D+09	0.4611	4.0811	3.7771	-2.1712	-2.5971	-2.8885	2.4980	0.2029
5.610841D+09	0.4660	4.0730	3.7763	-2.1682	-2.5917	-2.8820	2.5180	0.2027
5.646775D+09	0.4698	4.0659	3.7755	-2.1640	-2.5852	-2.8744	2.5330	0.2027
5.718645D+09	0.4723	4.0593	3.7745	-2.1562	-2.5747	-2.8624	2.5390	0.2032
5.790514D+09	0.4773	4.0497	3.7733	-2.1489	-2.5641	-2.8502	2.5570	0.2034
5.862384D+09	0.4846	4.0354	3.7716	-2.1379	-2.5485	-2.8323	2.5870	0.2037
5.934254D+09	0.4868	4.0290	3.7705	-2.1289	-2.5369	-2.8194	2.5910	0.2043
6.006123D+09	0.4948	4.0136	3.7687	-2.1167	-2.5200	-2.8004	2.6260	0.2048
6.077993D+09	0.5009	3.9996	3.7667	-2.1017	-2.5007	-2.7790	2.6510	0.2057
6.149862D+09	0.5065	3.9856	3.7646	-2.0841	-2.4785	-2.7547	2.6740	0.2069
6.293601D+09	0.5154	3.9496	3.7578	-2.0193	-2.4015	-2.6724	2.7170	0.2129
6.424815D+09	0.5151	3.9122	3.7484	-1.9189	-2.2892	-2.5554	2.7230	0.2246
6.517151D+09	0.5042	3.8835	3.7385	-1.8084	-2.1714	-2.4352	2.6830	0.2403
6.584175D+09	0.4869	3.8615	3.7287	-1.6993	-2.0589	-2.3221	2.6140	0.2583
6.635808D+09	0.4692	3.8432	3.7197	-1.6017	-1.9610	-2.2247	2.5410	0.2763
6.676520D+09	0.4549	3.8257	3.7117	-1.5223	-1.8828	-2.1477	2.4860	0.2921
6.710970D+09	0.4469	3.8084	3.7054	-1.4597	-1.8226	-2.0890	2.4510	0.3052
6.741031D+09	0.4433	3.7908	3.7001	-1.4090	-1.7741	-2.0417	2.4340	0.3164
6.767600D+09	0.4449	3.7732	3.6961	-1.3709	-1.7385	-2.0074	2.4350	0.3251
6.790963D+09	0.4496	3.7559	3.6930	-1.3416	-1.7114	-1.9816	2.4490	0.3318
6.812512D+09	0.4562	3.7384	3.6902	-1.3179	-1.6896	-1.9608	2.4720	0.3372
6.832020D+09	0.4648	3.7221	3.6883	-1.2999	-1.6734	-1.9455	2.5010	0.3415
6.850767D+09	0.4747	3.7052	3.6865	-1.2850	-1.6598	-1.9325	2.5370	0.3451
6.868395D+09	0.4854	3.6891	3.6852	-1.2729	-1.6491	-1.9226	2.5760	0.3481
6.884750D+09	0.4959	3.6738	3.6840	-1.2622	-1.6396	-1.9137	2.6170	0.3506
6.900618D+09	0.5077	3.6583	3.6831	-1.2538	-1.6322	-1.9069	2.6630	0.3527
6.915374D+09	0.5190	3.6435	3.6822	-1.2469	-1.6262	-1.9015	2.7090	0.3544
6.928810D+09	0.5299	3.6297	3.6815	-1.2411	-1.6212	-1.8968	2.7550	0.3558
6.941629D+09	0.5406	3.6163	3.6808	-1.2361	-1.6170	-1.8931	2.8010	0.3571



Tabla F.1 (Continuación)

$\log m = 0.0492$ $X = 0.70 \quad Z = 0.02 \quad \alpha = 0.125$								
Edad	$\log L/L_{\odot}$	$\log g$	$\log T_{ef}$	$\log k_2$	$\log k_3$	$\log k_4$	$\alpha$	$\beta$
6.954139D+09	0.5515	3.6031	3.6802	-1.2316	-1.6132	-1.8896	2.8500	0.3582
6.966466D+09	0.5631	3.5895	3.6797	-1.2282	-1.6105	-1.8873	2.9020	0.3591
6.977806D+09	0.5737	3.5771	3.6793	-1.2245	-1.6074	-1.8845	2.9510	0.3600
6.988705D+09	0.5845	3.5646	3.6789	-1.2220	-1.6053	-1.8827	3.0030	0.3607
6.998542D+09	0.5944	3.5534	3.6785	-1.2195	-1.6033	-1.8810	3.0510	0.3613
7.008378D+09	0.6046	3.5420	3.6782	-1.2176	-1.6019	-1.8799	3.1020	0.3618
7.017846D+09	0.6146	3.5308	3.6779	-1.2155	-1.6002	-1.8785	3.1520	0.3623
7.026862D+09	0.6246	3.5198	3.6777	-1.2141	-1.5992	-1.8778	3.2040	0.3627
7.035627D+09	0.6343	3.5090	3.6774	-1.2123	-1.5977	-1.8765	3.2550	0.3631
7.044210D+09	0.6443	3.4981	3.6772	-1.2114	-1.5972	-1.8762	3.3080	0.3634
7.051925D+09	0.6532	3.4882	3.6769	-1.2103	-1.5965	-1.8757	3.3580	0.3637
7.059559D+09	0.6623	3.4782	3.6767	-1.2092	-1.5957	-1.8751	3.4090	0.3640
7.067193D+09	0.6717	3.4680	3.6765	-1.2086	-1.5954	-1.8750	3.4630	0.3642
7.074573D+09	0.6809	3.4580	3.6763	-1.2078	-1.5948	-1.8747	3.5160	0.3644
7.081534D+09	0.6896	3.4480	3.6760	-1.2066	-1.5939	-1.8738	3.5700	0.3647
7.088278D+09	0.6985	3.4386	3.6759	-1.2061	-1.5936	-1.8738	3.6220	0.3648
7.094849D+09	0.7074	3.4294	3.6758	-1.2058	-1.5938	-1.8744	3.6750	0.3650
7.100990D+09	0.7157	3.4200	3.6755	-1.2051	-1.5933	-1.8739	3.7280	0.3651
7.107131D+09	0.7239	3.4109	3.6753	-1.2045	-1.5928	-1.8735	3.7820	0.3653
7.113023D+09	0.7322	3.4020	3.6751	-1.2043	-1.5928	-1.8737	3.8360	0.3653
7.118916D+09	0.7405	3.3930	3.6750	-1.2041	-1.5929	-1.8740	3.8920	0.3654
7.124662D+09	0.7493	3.3840	3.6749	-1.2042	-1.5931	-1.8744	3.9480	0.3655
7.130207D+09	0.7573	3.3745	3.6745	-1.2048	-1.5940	-1.8753	4.0060	0.3656
7.135610D+09	0.7654	3.3659	3.6744	-1.2044	-1.5937	-1.8752	4.0630	0.3656
7.140619D+09	0.7732	3.3580	3.6744	-1.2040	-1.5937	-1.8756	4.1150	0.3657
7.145628D+09	0.7811	3.3496	3.6743	-1.2039	-1.5939	-1.8759	4.1710	0.3657
7.150433D+09	0.7888	3.3413	3.6741	-1.2041	-1.5942	-1.8764	4.2270	0.3657
7.155042D+09	0.7961	3.3330	3.6739	-1.2039	-1.5941	-1.8763	4.2840	0.3657
7.159547D+09	0.8035	3.3250	3.6737	-1.2041	-1.5944	-1.8767	4.3390	0.3657
7.163949D+09	0.8110	3.3170	3.6736	-1.2042	-1.5947	-1.8772	4.3960	0.3657
7.168290D+09	0.8184	3.3091	3.6734	-1.2042	-1.5949	-1.8777	4.4530	0.3657
7.172555D+09	0.8260	3.3012	3.6734	-1.2045	-1.5956	-1.8786	4.5110	0.3657

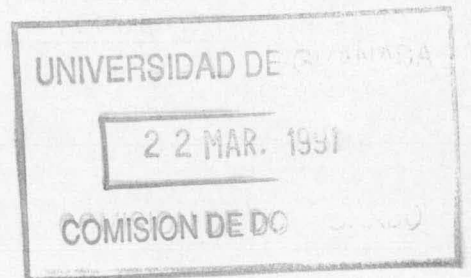




Tabla F.2								
log m = 0.0492								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
0.000000D+00	0.1505	4.4182	3.7838	-1.9565	-2.4470	-2.7623	1.7100	0.2487
1.000000D+08	0.1544	4.4151	3.7840	-1.9612	-2.4513	-2.7665	1.7180	0.2479
3.000000D+08	0.1612	4.4097	3.7843	-1.9688	-2.4579	-2.7727	1.7300	0.2465
7.000000D+08	0.1784	4.3959	3.7852	-1.9900	-2.4782	-2.7932	1.7620	0.2432
1.222383D+09	0.1998	4.3780	3.7860	-2.0150	-2.5013	-2.8163	1.8030	0.2391
1.693889D+09	0.2199	4.3605	3.7867	-2.0374	-2.5218	-2.8366	1.8420	0.2355
2.118712D+09	0.2380	4.3435	3.7870	-2.0561	-2.5380	-2.8522	1.8790	0.2323
2.509198D+09	0.2550	4.3268	3.7870	-2.0716	-2.5507	-2.8640	1.9140	0.2295
2.867573D+09	0.2701	4.3103	3.7867	-2.0834	-2.5587	-2.8706	1.9470	0.2271
3.192124D+09	0.2840	4.2945	3.7862	-2.0924	-2.5642	-2.8747	1.9760	0.2251
3.524883D+09	0.2988	4.2764	3.7854	-2.0998	-2.5670	-2.8754	2.0080	0.2232
3.850312D+09	0.3118	4.2585	3.7842	-2.1025	-2.5642	-2.8701	2.0370	0.2218
4.111214D+09	0.3222	4.2429	3.7829	-2.1016	-2.5580	-2.8614	2.0600	0.2209
4.349424D+09	0.3307	4.2283	3.7813	-2.0970	-2.5478	-2.8483	2.0790	0.2205
4.567136D+09	0.3386	4.2140	3.7797	-2.0910	-2.5364	-2.8342	2.0950	0.2204
4.834608D+09	0.3480	4.1953	3.7774	-2.0803	-2.5183	-2.8125	2.1150	0.2204
5.030265D+09	0.3535	4.1816	3.7753	-2.0673	-2.4994	-2.7907	2.1250	0.2211
5.198754D+09	0.3579	4.1694	3.7734	-2.0525	-2.4788	-2.7672	2.1320	0.2221
5.350498D+09	0.3614	4.1576	3.7713	-2.0383	-2.4596	-2.7457	2.1370	0.2231
5.487489D+09	0.3644	4.1465	3.7693	-2.0233	-2.4399	-2.7237	2.1400	0.2242
5.613090D+09	0.3665	4.1365	3.7673	-2.0069	-2.4189	-2.7005	2.1400	0.2257
5.725072D+09	0.3681	4.1276	3.7655	-1.9912	-2.3993	-2.6792	2.1390	0.2271
5.824801D+09	0.3695	4.1195	3.7638	-1.9776	-2.3825	-2.6610	2.1380	0.2284
5.915756D+09	0.3710	4.1119	3.7623	-1.9642	-2.3660	-2.6431	2.1380	0.2297
5.991740D+09	0.3726	4.1056	3.7611	-1.9537	-2.3532	-2.6293	2.1390	0.2307
6.058030D+09	0.3748	4.0998	3.7602	-1.9467	-2.3443	-2.6196	2.1420	0.2313
6.117043D+09	0.3775	4.0945	3.7596	-1.9427	-2.3390	-2.6138	2.1490	0.2315
6.163106D+09	0.3809	4.0900	3.7593	-1.9422	-2.3377	-2.6122	2.1590	0.2313
6.199051D+09	0.3845	4.0863	3.7593	-1.9450	-2.3402	-2.6146	2.1700	0.2307
6.228196D+09	0.3892	4.0825	3.7595	-1.9500	-2.3448	-2.6192	2.1860	0.2298
6.250058D+09	0.3938	4.0796	3.7599	-1.9573	-2.3524	-2.6270	2.2030	0.2286
6.267797D+09	0.3989	4.0768	3.7605	-1.9669	-2.3626	-2.6374	2.2210	0.2272
6.282217D+09	0.4043	4.0744	3.7612	-1.9771	-2.3733	-2.6485	2.2410	0.2256
6.293966D+09	0.4100	4.0721	3.7621	-1.9897	-2.3872	-2.6630	2.2640	0.2240
6.302755D+09	0.4122	4.0711	3.7624	-1.9943	-2.3921	-2.6681	2.2790	0.2229
6.309243D+09	0.4141	4.0676	3.7620	-1.9914	-2.3883	-2.6639	2.2780	0.2234
6.314209D+09	0.4364	4.0575	3.7651	-2.0369	-2.4373	-2.7149	2.3580	0.2170
6.319174D+09	0.4437	4.0574	3.7668	-2.0595	-2.4629	-2.7422	2.3910	0.2143
6.322376D+09	0.4509	4.0557	3.7682	-2.0783	-2.4841	-2.7647	2.4210	0.2120
6.324929D+09	0.4578	4.0534	3.7694	-2.0944	-2.5020	-2.7836	2.4500	0.2099

Tabla F.2								
log m = 0.0492 (Continuación)								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
6.327050D+09	0.4649	4.0503	3.7704	-2.1101	-2.5193	-2.8020	2.4790	0.2078
6.328827D+09	0.4718	4.0475	3.7714	-2.1257	-2.5369	-2.8206	2.5070	0.2059
6.330327D+09	0.4781	4.0450	3.7723	-2.1398	-2.5527	-2.8376	2.5350	0.2042
6.331463D+09	0.4847	4.0414	3.7731	-2.1529	-2.5673	-2.8531	2.5630	0.2026
6.332445D+09	0.4910	4.0380	3.7738	-2.1648	-2.5805	-2.8671	2.5900	0.2010
6.333295D+09	0.4968	4.0348	3.7745	-2.1756	-2.5923	-2.8797	2.6150	0.1995
6.334036D+09	0.5017	4.0322	3.7751	-2.1856	-2.6037	-2.8919	2.6380	0.1983
6.334607D+09	0.5053	4.0301	3.7754	-2.1921	-2.6108	-2.8996	2.6570	0.1975
6.335079D+09	0.5083	4.0281	3.7757	-2.1974	-2.6167	-2.9059	2.6730	0.1968
6.335470D+09	0.5105	4.0265	3.7758	-2.2006	-2.6201	-2.9094	2.6870	0.1963
6.335831D+09	0.5123	4.0249	3.7759	-2.2026	-2.6222	-2.9116	2.6990	0.1960
6.336121D+09	0.5136	4.0237	3.7759	-2.2038	-2.6233	-2.9127	2.7080	0.1958
6.336325D+09	0.5142	4.0229	3.7759	-2.2041	-2.6233	-2.9127	2.7160	0.1957
6.336529D+09	0.5137	4.0228	3.7757	-2.2022	-2.6211	-2.9103	2.7190	0.1958
6.336936D+09	0.5097	4.0242	3.7750	-2.1922	-2.6096	-2.8978	2.7110	0.1969
6.337751D+09	0.5018	4.0243	3.7731	-2.1666	-2.5794	-2.8649	2.6940	0.1996
6.339381D+09	0.5021	4.0115	3.7700	-2.1362	-2.5418	-2.8235	2.7000	0.2022
6.342640D+09	0.5095	3.9903	3.7665	-2.1063	-2.5041	-2.7821	2.7240	0.2044
6.345900D+09	0.5136	3.9780	3.7645	-2.0882	-2.4819	-2.7579	2.7350	0.2059
6.352419D+09	0.5157	3.9677	3.7624	-2.0682	-2.4580	-2.7322	2.7410	0.2077
6.365458D+09	0.5164	3.9590	3.7604	-2.0477	-2.4341	-2.7067	2.7430	0.2098
6.378497D+09	0.5164	3.9534	3.7590	-2.0332	-2.4173	-2.6889	2.7440	0.2113
6.404574D+09	0.5164	3.9444	3.7568	-2.0088	-2.3894	-2.6596	2.7460	0.2139
6.456729D+09	0.5136	3.9260	3.7515	-1.9506	-2.3244	-2.5919	2.7410	0.2208
6.561038D+09	0.4930	3.8910	3.7376	-1.7931	-2.1562	-2.4200	2.6660	0.2432
6.646462D+09	0.4678	3.8674	3.7254	-1.6600	-2.0198	-2.2831	2.5670	0.2658
6.695725D+09	0.4540	3.8546	3.7187	-1.5883	-1.9481	-2.2119	2.5110	0.2794
6.740646D+09	0.4422	3.8390	3.7119	-1.5207	-1.8815	-2.1463	2.4700	0.2928
6.779092D+09	0.4348	3.8241	3.7063	-1.4649	-1.8278	-2.0940	2.4420	0.3045
6.812172D+09	0.4311	3.8091	3.7016	-1.4208	-1.7859	-2.0533	2.4280	0.3143
6.843410D+09	0.4306	3.7930	3.6975	-1.3821	-1.7492	-2.0177	2.4270	0.3229
6.871437D+09	0.4339	3.7768	3.6943	-1.3520	-1.7209	-1.9905	2.4390	0.3296
6.895861D+09	0.4388	3.7617	3.6917	-1.3291	-1.6999	-1.9705	2.4570	0.3349
6.918846D+09	0.4455	3.7466	3.6896	-1.3099	-1.6824	-1.9539	2.4820	0.3393
6.941302D+09	0.4536	3.7312	3.6878	-1.2932	-1.6671	-1.9393	2.5130	0.3432
6.961401D+09	0.4624	3.7167	3.6864	-1.2807	-1.6559	-1.9288	2.5460	0.3462
6.980648D+09	0.4719	3.7021	3.6851	-1.2702	-1.6466	-1.9200	2.5840	0.3488
6.998413D+09	0.4811	3.6886	3.6840	-1.2606	-1.6380	-1.9121	2.6210	0.3511
7.015592D+09	0.4915	3.6744	3.6831	-1.2535	-1.6319	-1.9064	2.6640	0.3528
7.031373D+09	0.5013	3.6618	3.6824	-1.2468	-1.6261	-1.9011	2.7040	0.3545

Tabla F.2								
log m = 0.0492 (Continuación)								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>☉</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
7.046557D+09	0.5113	3.6489	3.6816	-1.2410	-1.6209	-1.8964	2.7470	0.3559
7.060366D+09	0.5210	3.6370	3.6811	-1.2365	-1.6172	-1.8929	2.7890	0.3570
7.073570D+09	0.5305	3.6252	3.6805	-1.2323	-1.6135	-1.8896	2.8310	0.3580
7.086384D+09	0.5401	3.6139	3.6801	-1.2284	-1.6103	-1.8867	2.8750	0.3590
7.098969D+09	0.5501	3.6022	3.6797	-1.2256	-1.6080	-1.8847	2.9210	0.3597
7.110444D+09	0.5595	3.5912	3.6793	-1.2231	-1.6059	-1.8829	2.9650	0.3604
7.121920D+09	0.5691	3.5802	3.6789	-1.2206	-1.6039	-1.8811	3.0110	0.3610
7.133102D+09	0.5788	3.5691	3.6786	-1.2182	-1.6019	-1.8795	3.0580	0.3616
7.143723D+09	0.5882	3.5585	3.6782	-1.2161	-1.6003	-1.8781	3.1050	0.3621
7.153161D+09	0.5967	3.5489	3.6780	-1.2141	-1.5987	-1.8767	3.1480	0.3626
7.162599D+09	0.6057	3.5390	3.6777	-1.2128	-1.5977	-1.8760	3.1940	0.3630
7.172033D+09	0.6148	3.5289	3.6775	-1.2115	-1.5967	-1.8752	3.2430	0.3633
7.180717D+09	0.6234	3.5194	3.6773	-1.2098	-1.5954	-1.8741	3.2880	0.3637
7.189401D+09	0.6323	3.5098	3.6771	-1.2090	-1.5950	-1.8739	3.3360	0.3640
7.197680D+09	0.6409	3.5003	3.6769	-1.2081	-1.5943	-1.8734	3.3840	0.3642
7.205694D+09	0.6494	3.4910	3.6767	-1.2073	-1.5937	-1.8730	3.4310	0.3645
7.213507D+09	0.6579	3.4817	3.6765	-1.2068	-1.5935	-1.8730	3.4800	0.3646
7.221169D+09	0.6665	3.4724	3.6763	-1.2060	-1.5930	-1.8727	3.5300	0.3648
7.228722D+09	0.6750	3.4632	3.6761	-1.2054	-1.5927	-1.8725	3.5800	0.3650
7.236163D+09	0.6836	3.4535	3.6759	-1.2047	-1.5921	-1.8721	3.6340	0.3652
7.242736D+09	0.6916	3.4450	3.6757	-1.2039	-1.5917	-1.8718	3.6810	0.3654
7.249239D+09	0.6995	3.4366	3.6756	-1.2037	-1.5916	-1.8720	3.7300	0.3654
7.255643D+09	0.7073	3.4278	3.6754	-1.2035	-1.5917	-1.8722	3.7800	0.3655
7.261956D+09	0.7150	3.4193	3.6752	-1.2028	-1.5911	-1.8718	3.8310	0.3657
7.268183D+09	0.7231	3.4107	3.6750	-1.2025	-1.5911	-1.8719	3.8830	0.3657
7.273978D+09	0.7308	3.4025	3.6749	-1.2025	-1.5912	-1.8722	3.9340	0.3658
7.279530D+09	0.7383	3.3944	3.6747	-1.2024	-1.5913	-1.8725	3.9840	0.3658
7.285083D+09	0.7458	3.3867	3.6747	-1.2025	-1.5917	-1.8731	4.0340	0.3659
7.290621D+09	0.7535	3.3782	3.6745	-1.2030	-1.5923	-1.8738	4.0880	0.3659
7.295936D+09	0.7608	3.3698	3.6742	-1.2030	-1.5924	-1.8739	4.1420	0.3660



Tabla F.3								
log m = 0.0969								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
0.000000D+00	0.3695	4.3551	3.8108	-2.1741	-2.7362	-3.1065	1.8870	0.2246
1.000000D+08	0.3755	4.3498	3.8110	-2.1820	-2.7444	-3.1153	1.8990	0.2235
3.000000D+08	0.3862	4.3404	3.8113	-2.1952	-2.7571	-3.1285	1.9210	0.2216
5.000000D+08	0.3970	4.3305	3.8115	-2.2081	-2.7693	-3.1411	1.9430	0.2198
8.797688D+08	0.4175	4.3109	3.8117	-2.2310	-2.7899	-3.1618	1.9860	0.2163
1.227099D+09	0.4359	4.2915	3.8115	-2.2498	-2.8058	-3.1770	2.0270	0.2133
1.540139D+09	0.4531	4.2717	3.8109	-2.2653	-2.8173	-3.1869	2.0650	0.2107
1.857319D+09	0.4711	4.2495	3.8098	-2.2791	-2.8258	-3.1929	2.1070	0.2081
2.127022D+09	0.4847	4.2299	3.8083	-2.2860	-2.8264	-3.1899	2.1410	0.2063
2.373110D+09	0.4976	4.2100	3.8065	-2.2897	-2.8229	-3.1820	2.1720	0.2049
2.649536D+09	0.5135	4.1852	3.8043	-2.2932	-2.8178	-3.1715	2.2120	0.2031
2.911740D+09	0.5268	4.1605	3.8015	-2.2899	-2.8040	-3.1510	2.2470	0.2021
3.109493D+09	0.5363	4.1404	3.7988	-2.2821	-2.7866	-3.1272	2.2720	0.2016
3.290094D+09	0.5442	4.1211	3.7960	-2.2696	-2.7635	-3.0971	2.2930	0.2017
3.450988D+09	0.5514	4.1023	3.7931	-2.2564	-2.7406	-3.0679	2.3110	0.2019
3.599698D+09	0.5565	4.0853	3.7901	-2.2371	-2.7105	-3.0308	2.3230	0.2028
3.732875D+09	0.5611	4.0687	3.7871	-2.2176	-2.6812	-2.9953	2.3330	0.2038
3.851566D+09	0.5638	4.0538	3.7840	-2.1946	-2.6484	-2.9564	2.3380	0.2052
3.961666D+09	0.5661	4.0396	3.7811	-2.1717	-2.6166	-2.9193	2.3410	0.2068
4.059372D+09	0.5678	4.0266	3.7783	-2.1481	-2.5849	-2.8827	2.3420	0.2086
4.145667D+09	0.5683	4.0155	3.7756	-2.1231	-2.5523	-2.8458	2.3390	0.2106
4.221580D+09	0.5688	4.0053	3.7732	-2.1010	-2.5238	-2.8137	2.3350	0.2125
4.291654D+09	0.5688	3.9963	3.7709	-2.0794	-2.4965	-2.7833	2.3300	0.2145
4.356164D+09	0.5698	3.9875	3.7690	-2.0610	-2.4734	-2.7578	2.3280	0.2161
4.409769D+09	0.5702	3.9806	3.7674	-2.0455	-2.4544	-2.7369	2.3260	0.2176
4.458633D+09	0.5712	3.9742	3.7660	-2.0323	-2.4380	-2.7189	2.3260	0.2187
4.501009D+09	0.5730	3.9686	3.7650	-2.0241	-2.4276	-2.7075	2.3300	0.2194
4.535505D+09	0.5757	3.9633	3.7644	-2.0200	-2.4221	-2.7013	2.3380	0.2196
4.561029D+09	0.5788	3.9594	3.7642	-2.0202	-2.4217	-2.7007	2.3490	0.2194
4.581746D+09	0.5824	3.9560	3.7643	-2.0238	-2.4252	-2.7042	2.3620	0.2187
4.598577D+09	0.5870	3.9525	3.7645	-2.0302	-2.4318	-2.7110	2.3800	0.2177
4.612259D+09	0.5917	3.9497	3.7650	-2.0386	-2.4409	-2.7206	2.3990	0.2166
4.622589D+09	0.5968	3.9474	3.7657	-2.0495	-2.4532	-2.7336	2.4200	0.2151
4.630964D+09	0.6026	3.9448	3.7665	-2.0626	-2.4675	-2.7488	2.4440	0.2134
4.637759D+09	0.6086	3.9426	3.7675	-2.0772	-2.4839	-2.7662	2.4690	0.2115
4.643275D+09	0.6133	3.9413	3.7683	-2.0890	-2.4973	-2.7806	2.4890	0.2101
4.647409D+09	0.6171	3.9394	3.7688	-2.0966	-2.5059	-2.7898	2.5070	0.2092
4.650548D+09	0.6283	3.9334	3.7701	-2.1208	-2.5329	-2.8186	2.5510	0.2060
4.652811D+09	0.6386	3.9299	3.7718	-2.1463	-2.5622	-2.8501	2.5940	0.2030
4.654613D+09	0.6450	3.9287	3.7731	-2.1657	-2.5849	-2.8749	2.6220	0.2008

Tabla F.3 (Continuación)								
log m = 0.0969								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
4.656404D+09	0.6514	3.9278	3.7745	-2.1848	-2.6073	-2.8995	2.6510	0.1988
4.657866D+09	0.6586	3.9256	3.7757	-2.2034	-2.6290	-2.9231	2.6840	0.1966
4.659065D+09	0.6651	3.9237	3.7769	-2.2203	-2.6488	-2.9448	2.7130	0.1947
4.660075D+09	0.6732	3.9207	3.7781	-2.2405	-2.6730	-2.9716	2.7460	0.1926
4.660915D+09	0.6805	3.9181	3.7793	-2.2583	-2.6938	-2.9946	2.7810	0.1906
4.661567D+09	0.6876	3.9150	3.7803	-2.2754	-2.7139	-3.0168	2.8150	0.1887
4.662112D+09	0.6947	3.9121	3.7814	-2.2927	-2.7346	-3.0399	2.8470	0.1869
4.662571D+09	0.7014	3.9094	3.7824	-2.3076	-2.7523	-3.0595	2.8780	0.1853
4.662932D+09	0.7072	3.9067	3.7831	-2.3219	-2.7696	-3.0790	2.9070	0.1839
4.663241D+09	0.7133	3.9039	3.7839	-2.3353	-2.7856	-3.0970	2.9360	0.1825
4.663505D+09	0.7184	3.9014	3.7846	-2.3456	-2.7976	-3.1103	2.9620	0.1813
4.663731D+09	0.7235	3.8989	3.7853	-2.3570	-2.8113	-3.1258	2.9880	0.1801
4.663891D+09	0.7270	3.8972	3.7857	-2.3644	-2.8203	-3.1359	3.0080	0.1794
4.663998D+09	0.7298	3.8957	3.7860	-2.3698	-2.8266	-3.1430	3.0290	0.1787
4.664020D+09	0.7303	3.8955	3.7861	-2.3711	-2.8282	-3.1447	3.0330	0.1786
4.664063D+09	0.7313	3.8950	3.7862	-2.3731	-2.8305	-3.1473	3.0410	0.1784
4.664150D+09	0.7323	3.8945	3.7863	-2.3753	-2.8331	-3.1502	3.0520	0.1781
4.664323D+09	0.7306	3.8958	3.7863	-2.3729	-2.8304	-3.1473	3.0550	0.1784
4.664668D+09	0.7189	3.9024	3.7850	-2.3499	-2.8031	-3.1167	3.0240	0.1807
4.665360D+09	0.7018	3.9046	3.7813	-2.2987	-2.7398	-3.0450	2.9780	0.1855
4.666052D+09	0.6964	3.8966	3.7779	-2.2595	-2.6900	-2.9884	2.9670	0.1887
4.667436D+09	0.7009	3.8737	3.7733	-2.2170	-2.6349	-2.9257	2.9860	0.1917
4.670203D+09	0.7068	3.8477	3.7683	-2.1690	-2.5743	-2.8580	3.0070	0.1955
4.672970D+09	0.7089	3.8340	3.7654	-2.1379	-2.5363	-2.8165	3.0120	0.1982
4.678504D+09	0.7082	3.8214	3.7620	-2.0996	-2.4911	-2.7677	3.0090	0.2020
4.689572D+09	0.7042	3.8065	3.7573	-2.0433	-2.4262	-2.6986	2.9990	0.2080
4.711708D+09	0.6813	3.7826	3.7456	-1.8924	-2.2604	-2.5264	2.9140	0.2273
4.733844D+09	0.6431	3.7660	3.7319	-1.7157	-2.0761	-2.3397	2.7540	0.2555
4.755980D+09	0.6026	3.7506	3.7179	-1.5464	-1.9072	-2.1720	2.5780	0.2876
4.778116D+09	0.5786	3.7250	3.7056	-1.4125	-1.7784	-2.0462	2.4710	0.3162
4.800252D+09	0.5806	3.6872	3.6966	-1.3194	-1.6916	-1.9627	2.4580	0.3374
4.811321D+09	0.5902	3.6641	3.6932	-1.2869	-1.6618	-1.9344	2.4850	0.3452
4.822389D+09	0.6038	3.6401	3.6906	-1.2628	-1.6403	-1.9142	2.5330	0.3509
4.833457D+09	0.6199	3.6164	3.6887	-1.2447	-1.6243	-1.8993	2.5980	0.3552
4.844525D+09	0.6373	3.5928	3.6872	-1.2315	-1.6129	-1.8887	2.6750	0.3585
4.855593D+09	0.6549	3.5704	3.6860	-1.2219	-1.6047	-1.8813	2.7590	0.3609
4.861127D+09	0.6633	3.5593	3.6853	-1.2166	-1.5999	-1.8768	2.8010	0.3621
4.866661D+09	0.6722	3.5488	3.6849	-1.2135	-1.5974	-1.8747	2.8470	0.3629
4.872195D+09	0.6805	3.5387	3.6845	-1.2102	-1.5947	-1.8722	2.8940	0.3637
4.877729D+09	0.6885	3.5295	3.6842	-1.2084	-1.5933	-1.8710	2.9430	0.3642

Tabla F.3 (Continuación)

log m = 0.0969								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
4.883263D+09	0.6959	3.5210	3.6839	-1.2068	-1.5920	-1.8699	2.9930	0.3646
4.888797D+09	0.7029	3.5129	3.6836	-1.2056	-1.5910	-1.8691	3.0450	0.3648
4.894331D+09	0.7099	3.5052	3.6834	-1.2045	-1.5902	-1.8684	3.0960	0.3651
4.899865D+09	0.7171	3.4972	3.6832	-1.2039	-1.5898	-1.8682	3.1490	0.3653
4.905399D+09	0.7244	3.4886	3.6829	-1.2030	-1.5890	-1.8675	3.2030	0.3656
4.910933D+09	0.7321	3.4794	3.6825	-1.2017	-1.5880	-1.8666	3.2580	0.3660
4.916467D+09	0.7408	3.4695	3.6822	-1.2004	-1.5870	-1.8658	3.3130	0.3663
4.922001D+09	0.7511	3.4576	3.6818	-1.1991	-1.5863	-1.8654	3.3710	0.3668
4.927535D+09	0.7627	3.4438	3.6813	-1.1964	-1.5841	-1.8635	3.4290	0.3676
4.933069D+09	0.7747	3.4302	3.6809	-1.1935	-1.5819	-1.8617	3.4870	0.3682
4.938589D+09	0.7858	3.4181	3.6806	-1.1916	-1.5805	-1.8607	3.5450	0.3686
4.943971D+09	0.7960	3.4065	3.6803	-1.1906	-1.5797	-1.8601	3.6050	0.3689
4.949183D+09	0.8062	3.3952	3.6800	-1.1895	-1.5790	-1.8596	3.6630	0.3692
4.953969D+09	0.8157	3.3850	3.6798	-1.1880	-1.5780	-1.8591	3.7180	0.3695
4.958516D+09	0.8247	3.3750	3.6796	-1.1872	-1.5775	-1.8587	3.7720	0.3698
4.963063D+09	0.8338	3.3650	3.6794	-1.1867	-1.5772	-1.8587	3.8280	0.3699
4.967597D+09	0.8427	3.3551	3.6791	-1.1861	-1.5769	-1.8586	3.8850	0.3701
4.971912D+09	0.8517	3.3451	3.6789	-1.1858	-1.5769	-1.8587	3.9430	0.3703
4.975795D+09	0.8599	3.3360	3.6786	-1.1853	-1.5767	-1.8587	3.9960	0.3704
4.979678D+09	0.8678	3.3273	3.6784	-1.1851	-1.5767	-1.8589	4.0490	0.3705



Tabla F.4								
log m = 0.1492								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
0.00000D+00	0.6000	4.3130	3.8448	-2.3438	-2.9864	-3.4312	2.0170	0.2089
1.00000D+08	0.6065	4.3059	3.8447	-2.3511	-2.9924	-3.4370	2.0310	0.2079
3.00000D+08	0.6190	4.2918	3.8443	-2.3647	-3.0033	-3.4469	2.0590	0.2059
5.00000D+08	0.6332	4.2756	3.8438	-2.3794	-3.0151	-3.4578	2.0910	0.2037
7.599289D+08	0.6521	4.2523	3.8427	-2.3984	-3.0303	-3.4717	2.1340	0.2009
1.025901D+09	0.6711	4.2256	3.8408	-2.4164	-3.0421	-3.4806	2.1820	0.1980
1.254294D+09	0.6884	4.2000	3.8387	-2.4316	-3.0522	-3.4882	2.2270	0.1954
1.491693D+09	0.7051	4.1707	3.8355	-2.4440	-3.0571	-3.4885	2.2760	0.1929
1.684280D+09	0.7192	4.1440	3.8324	-2.4519	-3.0575	-3.4843	2.3190	0.1910
1.859292D+09	0.7318	4.1173	3.8289	-2.4564	-3.0533	-3.4740	2.3600	0.1894
2.018756D+09	0.7435	4.0905	3.8251	-2.4580	-3.0459	-3.4601	2.4000	0.1880
2.164241D+09	0.7530	4.0647	3.8210	-2.4548	-3.0324	-3.4389	2.4360	0.1871
2.291832D+09	0.7615	4.0400	3.8170	-2.4492	-3.0167	-3.4155	2.4680	0.1864
2.406799D+09	0.7679	4.0171	3.8128	-2.4377	-2.9936	-3.3831	2.4930	0.1864
2.513674D+09	0.7736	3.9948	3.8087	-2.4221	-2.9652	-3.3445	2.5160	0.1866
2.610143D+09	0.7784	3.9732	3.8045	-2.4041	-2.9343	-3.3033	2.5360	0.1871
2.694368D+09	0.7818	3.9541	3.8005	-2.3829	-2.9004	-3.2592	2.5490	0.1881
2.770175D+09	0.7836	3.9370	3.7967	-2.3585	-2.8631	-3.2120	2.5560	0.1894
2.840856D+09	0.7852	3.9208	3.7931	-2.3329	-2.8251	-3.1647	2.5620	0.1908
2.904291D+09	0.7862	3.9057	3.7896	-2.3056	-2.7856	-3.1163	2.5640	0.1926
2.960619D+09	0.7866	3.8927	3.7864	-2.2792	-2.7486	-3.0716	2.5640	0.1943
3.010340D+09	0.7863	3.8814	3.7835	-2.2536	-2.7136	-3.0301	2.5610	0.1962
3.056359D+09	0.7866	3.8708	3.7809	-2.2300	-2.6816	-2.9924	2.5590	0.1980
3.096586D+09	0.7869	3.8615	3.7787	-2.2088	-2.6532	-2.9594	2.5580	0.1996
3.131462D+09	0.7870	3.8540	3.7768	-2.1912	-2.6301	-2.9327	2.5570	0.2010
3.163265D+09	0.7884	3.8465	3.7753	-2.1776	-2.6119	-2.9118	2.5610	0.2020
3.188291D+09	0.7901	3.8410	3.7743	-2.1697	-2.6011	-2.8992	2.5670	0.2025
3.208680D+09	0.7924	3.8365	3.7738	-2.1664	-2.5964	-2.8937	2.5750	0.2026
3.225299D+09	0.7961	3.8317	3.7735	-2.1676	-2.5965	-2.8932	2.5910	0.2022
3.238222D+09	0.7999	3.8284	3.7737	-2.1719	-2.6013	-2.8985	2.6070	0.2015
3.248219D+09	0.8044	3.8257	3.7741	-2.1802	-2.6108	-2.9088	2.6260	0.2005
3.256326D+09	0.8092	3.8233	3.7747	-2.1910	-2.6234	-2.9227	2.6470	0.1992
3.262900D+09	0.8146	3.8212	3.7755	-2.2047	-2.6396	-2.9407	2.6710	0.1977
3.268232D+09	0.8205	3.8194	3.7765	-2.2200	-2.6580	-2.9611	2.6970	0.1960
3.272557D+09	0.8251	3.8180	3.7774	-2.2331	-2.6740	-2.9791	2.7190	0.1947
3.274186D+09	0.8293	3.8161	3.7779	-2.2436	-2.6866	-2.9931	2.7370	0.1936
3.275815D+09	0.8307	3.8155	3.7781	-2.2474	-2.6909	-2.9979	2.7450	0.1931
3.277444D+09	0.8376	3.8124	3.7791	-2.2636	-2.7102	-3.0194	2.7760	0.1913
3.279729D+09	0.8474	3.8104	3.7810	-2.2914	-2.7439	-3.0575	2.8190	0.1885
3.281597D+09	0.8542	3.8108	3.7828	-2.3137	-2.7723	-3.0902	2.8480	0.1865

Tabla F.4 (Continuación)

log m = 0.1492								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
3.283032D+09	0.8613	3.8092	3.7842	-2.3351	-2.7989	-3.1206	2.8820	0.1844
3.284199D+09	0.8688	3.8077	3.7857	-2.3560	-2.8251	-3.1509	2.9160	0.1823
3.285152D+09	0.8751	3.8065	3.7870	-2.3743	-2.8479	-3.1772	2.9460	0.1806
3.285950D+09	0.8834	3.8045	3.7886	-2.3962	-2.8755	-3.2093	2.9840	0.1785
3.286591D+09	0.8911	3.8030	3.7901	-2.4172	-2.9022	-3.2406	3.0180	0.1766
3.287119D+09	0.8986	3.8012	3.7915	-2.4367	-2.9270	-3.2698	3.0530	0.1749
3.287522D+09	0.9056	3.7992	3.7928	-2.4539	-2.9488	-3.2955	3.0860	0.1733
3.287858D+09	0.9127	3.7970	3.7940	-2.4705	-2.9697	-3.3202	3.1200	0.1717
3.288138D+09	0.9195	3.7948	3.7952	-2.4862	-2.9896	-3.3437	3.1520	0.1702
3.288374D+09	0.9266	3.7925	3.7963	-2.5020	-3.0098	-3.3677	3.1860	0.1688
3.288555D+09	0.9322	3.7906	3.7973	-2.5146	-3.0258	-3.3868	3.2140	0.1677
3.288709D+09	0.9374	3.7888	3.7981	-2.5261	-3.0405	-3.4044	3.2410	0.1666
3.288827D+09	0.9420	3.7870	3.7988	-2.5354	-3.0522	-3.4184	3.2670	0.1657
3.288916D+09	0.9458	3.7855	3.7994	-2.5428	-3.0616	-3.4297	3.2890	0.1650
3.288973D+09	0.9494	3.7839	3.7999	-2.5498	-3.0704	-3.4401	3.3160	0.1644
3.289031D+09	0.9517	3.7828	3.8002	-2.5545	-3.0762	-3.4468	3.3350	0.1639
3.289089D+09	0.9530	3.7824	3.8004	-2.5571	-3.0795	-3.4509	3.3470	0.1637
3.289204D+09	0.9509	3.7841	3.8003	-2.5544	-3.0764	-3.4473	3.3490	0.1639
3.289434D+09	0.9361	3.7920	3.7986	-2.5283	-3.0440	-3.4091	3.3050	0.1664
3.289895D+09	0.9131	3.7948	3.7936	-2.4681	-2.9655	-3.3148	3.2450	0.1713
3.290356D+09	0.9050	3.7846	3.7890	-2.4224	-2.9035	-3.2398	3.2330	0.1746
3.291278D+09	0.9079	3.7557	3.7825	-2.3662	-2.8256	-3.1458	3.2610	0.1781
3.293121D+09	0.9137	3.7207	3.7752	-2.2974	-2.7330	-3.0371	3.2930	0.1827
3.294964D+09	0.9133	3.7017	3.7703	-2.2455	-2.6670	-2.9621	3.2950	0.1869
3.298651D+09	0.9087	3.6825	3.7644	-2.1714	-2.5764	-2.8617	3.2780	0.1936
3.302338D+09	0.9017	3.6708	3.7597	-2.1094	-2.5035	-2.7825	3.2510	0.1999
3.309711D+09	0.8810	3.6546	3.7505	-1.9793	-2.3565	-2.6271	3.1650	0.2152
3.324458D+09	0.7967	3.6393	3.7256	-1.6206	-1.9814	-2.2460	2.7570	0.2728
3.328145D+09	0.7794	3.6344	3.7200	-1.5485	-1.9101	-2.1755	2.6650	0.2872
3.331831D+09	0.7670	3.6274	3.7152	-1.4830	-1.8467	-2.1136	2.5880	0.3007
3.3339205D+09	0.7547	3.5976	3.7047	-1.3630	-1.7325	-2.0024	2.4820	0.3273
3.346578D+09	0.7737	3.5494	3.6974	-1.2839	-1.6603	-1.9341	2.4780	0.3459
3.353952D+09	0.8141	3.4883	3.6922	-1.2362	-1.6178	-1.8941	2.5640	0.3574
3.361325D+09	0.8664	3.4206	3.6883	-1.2087	-1.5946	-1.8731	2.7160	0.3643
3.368699D+09	0.9237	3.3518	3.6855	-1.1923	-1.5813	-1.8616	2.9170	0.3685
3.372385D+09	0.9537	3.3168	3.6842	-1.1862	-1.5765	-1.8575	3.0370	0.3701
3.376072D+09	0.9851	3.2800	3.6828	-1.1825	-1.5740	-1.8557	3.1750	0.3714
3.379759D+09	1.0173	3.2436	3.6818	-1.1788	-1.5717	-1.8544	3.3250	0.3722
3.383445D+09	1.0495	3.2071	3.6807	-1.1766	-1.5707	-1.8542	3.4910	0.3728
3.387132D+09	1.0811	3.1711	3.6796	-1.1737	-1.5689	-1.8534	3.6680	0.3736

Tabla F.4 (Continuación)								
log m = 0.1492								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log $L/L_{\odot}$	log g	log $T_{ef}$	log $k_2$	log $k_3$	log $k_4$	$\alpha$	$\beta$
3.390819D+09	1.1132	3.1341	3.6784	-1.1736	-1.5697	-1.8547	3.8660	0.3738
3.392662D+09	1.1281	3.1171	3.6779	-1.1730	-1.5695	-1.8549	3.9640	0.3740
3.394506D+09	1.1432	3.0997	3.6773	-1.1728	-1.5698	-1.8556	4.0730	0.3741
3.396349D+09	1.1588	3.0816	3.6767	-1.1732	-1.5706	-1.8567	4.1910	0.3741
3.398192D+09	1.1743	3.0637	3.6761	-1.1736	-1.5714	-1.8579	4.3130	0.3741
3.400036D+09	1.1897	3.0461	3.6755	-1.1741	-1.5723	-1.8591	4.4400	0.3740
3.401879D+09	1.2043	3.0294	3.6750	-1.1744	-1.5729	-1.8601	4.5700	0.3740
3.403722D+09	1.2191	3.0123	3.6744	-1.1749	-1.5738	-1.8613	4.7080	0.3739
3.405566D+09	1.2347	2.9943	3.6738	-1.1755	-1.5748	-1.8626	4.8540	0.3738
3.407409D+09	1.2498	2.9765	3.6732	-1.1764	-1.5760	-1.8641	5.0050	0.3737
3.408331D+09	1.2582	2.9667	3.6728	-1.1765	-1.5764	-1.8647	5.0820	0.3737
3.409252D+09	1.2650	2.9589	3.6725	-1.1769	-1.5770	-1.8654	5.1570	0.3736
3.411096D+09	1.2785	2.9432	3.6720	-1.1779	-1.5782	-1.8670	5.3160	0.3734
3.412939D+09	1.2932	2.9264	3.6715	-1.1788	-1.5795	-1.8686	5.4840	0.3732
3.413861D+09	1.3014	2.9167	3.6711	-1.1793	-1.5802	-1.8695	5.5720	0.3732
3.414783D+09	1.3088	2.9081	3.6708	-1.1798	-1.5808	-1.8703	5.6600	0.3731
3.415704D+09	1.3168	2.8987	3.6704	-1.1805	-1.5817	-1.8712	5.7550	0.3730
3.416626D+09	1.3250	2.8891	3.6701	-1.1809	-1.5823	-1.8721	5.8520	0.3729
3.417548D+09	1.3333	2.8795	3.6698	-1.1815	-1.5830	-1.8730	5.9510	0.3728
3.418449D+09	1.3413	2.8701	3.6694	-1.1818	-1.5836	-1.8737	6.0510	0.3727



Tabla F.5								
log m = 0.1987								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
0.000000D+00	0.8032	4.3231	3.8858	-2.3511	-3.0134	-3.4764	2.0000	0.2095
1.000000D+08	0.8126	4.3118	3.8853	-2.3612	-3.0215	-3.4837	2.0200	0.2080
3.000000D+08	0.8313	4.2880	3.8840	-2.3814	-3.0376	-3.4984	2.0610	0.2051
5.000000D+08	0.8506	4.2609	3.8821	-2.4032	-3.0549	-3.5141	2.1070	0.2019
6.935718D+08	0.8696	4.2306	3.8793	-2.4250	-3.0721	-3.5298	2.1580	0.1987
8.672976D+08	0.8863	4.1996	3.8757	-2.4454	-3.0879	-3.5441	2.2090	0.1956
1.026789D+09	0.9023	4.1673	3.8716	-2.4650	-3.1030	-3.5577	2.2620	0.1926
1.170474D+09	0.9171	4.1346	3.8671	-2.4833	-3.1171	-3.5704	2.3160	0.1898
1.300045D+09	0.9302	4.1010	3.8620	-2.5003	-3.1298	-3.5817	2.3720	0.1870
1.414437D+09	0.9417	4.0683	3.8567	-2.5151	-3.1407	-3.5913	2.4250	0.1846
1.520436D+09	0.9518	4.0351	3.8509	-2.5274	-3.1484	-3.5968	2.4780	0.1824
1.616497D+09	0.9616	4.0024	3.8452	-2.5369	-3.1527	-3.5982	2.5310	0.1804
1.701128D+09	0.9684	3.9717	3.8392	-2.5412	-3.1507	-3.5922	2.5760	0.1790
1.780050D+09	0.9753	3.9411	3.8333	-2.5432	-3.1455	-3.5819	2.6220	0.1778
1.851572D+09	0.9807	3.9130	3.8276	-2.5387	-3.1326	-3.5624	2.6600	0.1771
1.914317D+09	0.9842	3.8879	3.8222	-2.5293	-3.1138	-3.5358	2.6890	0.1770
1.972952D+09	0.9880	3.8633	3.8170	-2.5159	-3.0891	-3.5014	2.7170	0.1771
2.024131D+09	0.9902	3.8411	3.8120	-2.5006	-3.0630	-3.4658	2.7390	0.1775
2.070227D+09	0.9913	3.8219	3.8075	-2.4808	-3.0317	-3.4245	2.7530	0.1784
2.111613D+09	0.9920	3.8041	3.8032	-2.4602	-2.9990	-3.3814	2.7640	0.1794
2.150154D+09	0.9934	3.7871	3.7993	-2.4393	-2.9663	-3.3387	2.7750	0.1804
2.184242D+09	0.9933	3.7734	3.7959	-2.4165	-2.9330	-3.2963	2.7800	0.1817
2.214212D+09	0.9935	3.7617	3.7930	-2.3959	-2.9027	-3.2581	2.7830	0.1830
2.241792D+09	0.9947	3.7498	3.7903	-2.3776	-2.8757	-3.2242	2.7910	0.1840
2.264400D+09	0.9952	3.7412	3.7883	-2.3621	-2.8534	-3.1965	2.7950	0.1850
2.284778D+09	0.9971	3.7329	3.7867	-2.3512	-2.8369	-3.1758	2.8050	0.1855
2.301444D+09	0.9991	3.7271	3.7858	-2.3451	-2.8281	-3.1648	2.8140	0.1858
2.313929D+09	1.0019	3.7226	3.7853	-2.3442	-2.8258	-3.1615	2.8270	0.1857
2.324091D+09	1.0054	3.7189	3.7853	-2.3475	-2.8292	-3.1650	2.8440	0.1851
2.332361D+09	1.0094	3.7161	3.7856	-2.3534	-2.8360	-3.1728	2.8620	0.1844
2.339090D+09	1.0140	3.7133	3.7860	-2.3627	-2.8473	-3.1857	2.8840	0.1834
2.344311D+09	1.0190	3.7115	3.7868	-2.3748	-2.8624	-3.2033	2.9070	0.1823
2.348550D+09	1.0246	3.7099	3.7878	-2.3886	-2.8799	-3.2239	2.9330	0.1809
2.351821D+09	1.0305	3.7089	3.7890	-2.4041	-2.8996	-3.2473	2.9590	0.1795
2.354469D+09	1.0368	3.7083	3.7905	-2.4220	-2.9229	-3.2750	2.9870	0.1778
2.356613D+09	1.0431	3.7081	3.7920	-2.4403	-2.9468	-3.3037	3.0160	0.1763
2.358350D+09	1.0500	3.7080	3.7937	-2.4598	-2.9722	-3.3345	3.0450	0.1746
2.359758D+09	1.0570	3.7082	3.7955	-2.4793	-2.9979	-3.3657	3.0750	0.1729
2.360901D+09	1.0637	3.7087	3.7973	-2.4979	-3.0225	-3.3956	3.1050	0.1713
2.361830D+09	1.0711	3.7091	3.7993	-2.5172	-3.0481	-3.4269	3.1350	0.1697

Tabla F.5 (continuación)								
log m = 0.1987								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
2.362587D+09	1.0781	3.7097	3.8012	-2.5350	-3.0717	-3.4561	3.1640	0.1682
2.363205D+09	1.0855	3.7101	3.8031	-2.5534	-3.0959	-3.4858	3.1950	0.1666
2.363711D+09	1.0926	3.7104	3.8050	-2.5704	-3.1183	-3.5132	3.2250	0.1652
2.364126D+09	1.1000	3.7109	3.8069	-2.5865	-3.1396	-3.5397	3.2550	0.1639
2.364444D+09	1.1075	3.7105	3.8087	-2.6024	-3.1604	-3.5652	3.2860	0.1625
2.364707D+09	1.1148	3.7103	3.8105	-2.6166	-3.1790	-3.5880	3.3150	0.1613
2.364926D+09	1.1217	3.7101	3.8122	-2.6293	-3.1954	-3.6082	3.3450	0.1602
2.365093D+09	1.1282	3.7098	3.8137	-2.6397	-3.2085	-3.6240	3.3710	0.1592
2.365235D+09	1.1352	3.7092	3.8153	-2.6508	-3.2228	-3.6416	3.3990	0.1583
2.365343D+09	1.1402	3.7086	3.8164	-2.6608	-3.2358	-3.6574	3.4240	0.1575
2.365436D+09	1.1451	3.7079	3.8175	-2.6683	-3.2451	-3.6688	3.4490	0.1567
2.365506D+09	1.1503	3.7069	3.8185	-2.6758	-3.2545	-3.6800	3.4720	0.1560
2.365564D+09	1.1549	3.7060	3.8194	-2.6818	-3.2618	-3.6887	3.4970	0.1554
2.365593D+09	1.1575	3.7056	3.8200	-2.6859	-3.2669	-3.6949	3.5160	0.1551
2.365622D+09	1.1596	3.7052	3.8204	-2.6884	-3.2699	-3.6984	3.5310	0.1548
2.365679D+09	1.1621	3.7049	3.8210	-2.6918	-3.2740	-3.7034	3.5510	0.1545
2.365794D+09	1.1573	3.7077	3.8205	-2.6864	-3.2680	-3.6965	3.5470	0.1550
2.366023D+09	1.1339	3.7132	3.8160	-2.6522	-3.2250	-3.6445	3.4940	0.1580
2.366252D+09	1.1143	3.7105	3.8104	-2.6164	-3.1781	-3.5869	3.4600	0.1608
2.366711D+09	1.1064	3.6836	3.8017	-2.5674	-3.1066	-3.4947	3.4860	0.1637
2.367628D+09	1.1125	3.6343	3.7909	-2.5044	-3.0118	-3.3720	3.5640	0.1667
2.368545D+09	1.1148	3.6029	3.7837	-2.4476	-2.9306	-3.2708	3.6010	0.1700
2.370379D+09	1.1109	3.5704	3.7746	-2.3555	-2.8070	-3.1232	3.6080	0.1766
2.374047D+09	1.0930	3.5396	3.7624	-2.1970	-2.6093	-2.8997	3.5450	0.1905
2.377715D+09	1.0643	3.5233	3.7511	-2.0269	-2.4121	-2.6872	3.4130	0.2092
2.385052D+09	0.9620	3.5149	3.7234	-1.5922	-1.9538	-2.2192	2.8710	0.2783
2.386886D+09	0.9481	3.5077	3.7182	-1.5158	-1.8789	-2.1456	2.7710	0.2936
2.388720D+09	0.9385	3.4968	3.7130	-1.4470	-1.8125	-2.0808	2.6910	0.3083
2.392388D+09	0.9430	3.4557	3.7039	-1.3348	-1.7071	-1.9790	2.6140	0.3336
2.396056D+09	0.9789	3.3930	3.6972	-1.2678	-1.6465	-1.9219	2.6610	0.3496
2.399183D+09	1.0235	3.3321	3.6931	-1.2346	-1.6177	-1.8954	2.7730	0.3578
2.402014D+09	1.0700	3.2730	3.6899	-1.2158	-1.6021	-1.8815	2.9220	0.3626
2.404494D+09	1.1143	3.2190	3.6875	-1.2042	-1.5929	-1.8736	3.0860	0.3656
2.406725D+09	1.1559	3.1692	3.6855	-1.1972	-1.5878	-1.8698	3.2590	0.3675
2.408814D+09	1.1953	3.1224	3.6837	-1.1921	-1.5843	-1.8673	3.4440	0.3689
2.410640D+09	1.2302	3.0815	3.6821	-1.1890	-1.5826	-1.8666	3.6240	0.3699
2.412263D+09	1.2617	3.0441	3.6807	-1.1876	-1.5821	-1.8668	3.8040	0.3703
2.413797D+09	1.2915	3.0088	3.6793	-1.1858	-1.5814	-1.8669	3.9880	0.3709
2.415173D+09	1.3191	2.9764	3.6781	-1.1856	-1.5821	-1.8682	4.1710	0.3710
2.416484D+09	1.3456	2.9452	3.6769	-1.1859	-1.5832	-1.8699	4.3600	0.3712

Tabla F.5 (continuación)								
log m = 0.1987								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>☉</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
2.417651D+09	1.3689	2.9175	3.6758	-1.1857	-1.5837	-1.8710	4.5380	0.3713
2.418671D+09	1.3895	2.8931	3.6749	-1.1860	-1.5845	-1.8724	4.7050	0.3713
2.419619D+09	1.4084	2.8706	3.6740	-1.1862	-1.5853	-1.8736	4.8690	0.3713
2.420520D+09	1.4265	2.8491	3.6731	-1.1866	-1.5862	-1.8749	5.0340	0.3713
2.421390D+09	1.4442	2.8280	3.6723	-1.1873	-1.5874	-1.8765	5.2030	0.3712
2.422160D+09	1.4595	2.8100	3.6716	-1.1877	-1.5883	-1.8778	5.3560	0.3712
2.422881D+09	1.4739	2.7927	3.6709	-1.1885	-1.5894	-1.8793	5.5100	0.3711
2.423602D+09	1.4881	2.7756	3.6701	-1.1890	-1.5904	-1.8805	5.6690	0.3710
2.424289D+09	1.5017	2.7594	3.6695	-1.1898	-1.5915	-1.8821	5.8260	0.3709
2.424918D+09	1.5144	2.7443	3.6689	-1.1902	-1.5923	-1.8832	5.9770	0.3709
2.425546D+09	1.5280	2.7280	3.6682	-1.1908	-1.5933	-1.8845	6.1400	0.3708
2.426175D+09	1.5422	2.7110	3.6675	-1.1915	-1.5944	-1.8860	6.3130	0.3706
2.426786D+09	1.5559	2.6945	3.6668	-1.1921	-1.5954	-1.8873	6.4840	0.3706
2.427382D+09	1.5701	2.6775	3.6661	-1.1930	-1.5967	-1.8890	6.6630	0.3705
2.427974D+09	1.5834	2.6613	3.6654	-1.1936	-1.5977	-1.8904	6.8420	0.3703
2.428517D+09	1.5953	2.6468	3.6648	-1.1943	-1.5987	-1.8917	7.0100	0.3702
2.429036D+09	1.6067	2.6332	3.6642	-1.1950	-1.5998	-1.8931	7.1750	0.3701
2.429536D+09	1.6177	2.6200	3.6636	-1.1960	-1.6011	-1.8947	7.3400	0.3700
2.430026D+09	1.6283	2.6069	3.6630	-1.1967	-1.6021	-1.8960	7.5080	0.3699
2.430474D+09	1.6381	2.5950	3.6625	-1.1974	-1.6031	-1.8972	7.6650	0.3697

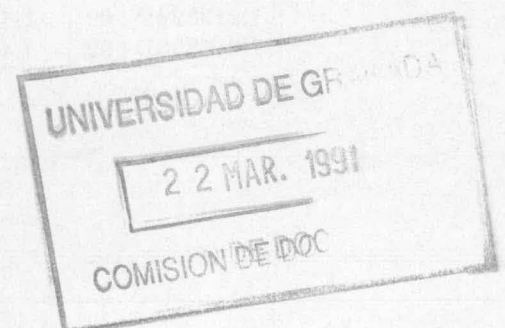




Tabla F.6								
log m = 0.2989								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
0.000000D+00	1.1993	4.3474	3.9658	-2.2821	-2.9487	-3.4140	1.9000	0.2185
1.000000D+05	1.1993	4.3474	3.9658	-2.2821	-2.9487	-3.4140	1.9000	0.2185
3.000000D+05	1.1993	4.3474	3.9658	-2.2821	-2.9487	-3.4140	1.9000	0.2185
7.000000D+05	1.1993	4.3473	3.9658	-2.2821	-2.9487	-3.4140	1.9000	0.2185
1.500000D+06	1.1994	4.3472	3.9658	-2.2822	-2.9488	-3.4141	1.9000	0.2185
3.100000D+06	1.1996	4.3468	3.9658	-2.2825	-2.9490	-3.4143	1.9010	0.2184
6.300000D+06	1.2002	4.3460	3.9657	-2.2831	-2.9495	-3.4147	1.9020	0.2183
1.270000D+07	1.2012	4.3445	3.9656	-2.2844	-2.9505	-3.4156	1.9040	0.2182
2.550000D+07	1.2034	4.3414	3.9654	-2.2873	-2.9530	-3.4178	1.9090	0.2178
5.110000D+07	1.2077	4.3351	3.9648	-2.2919	-2.9563	-3.4206	1.9170	0.2171
1.023000D+08	1.2177	4.3215	3.9640	-2.3032	-2.9653	-3.4288	1.9380	0.2154
2.047000D+08	1.2356	4.2934	3.9614	-2.3247	-2.9828	-3.4449	1.9770	0.2123
3.175903D+08	1.2572	4.2586	3.9581	-2.3500	-3.0030	-3.4633	2.0280	0.2085
4.171998D+08	1.2769	4.2231	3.9542	-2.3742	-3.0220	-3.4806	2.0810	0.2050
5.051870D+08	1.2936	4.1881	3.9496	-2.3955	-3.0386	-3.4957	2.1310	0.2017
5.863513D+08	1.3101	4.1511	3.9445	-2.4180	-3.0563	-3.5121	2.1870	0.1984
6.582425D+08	1.3265	4.1147	3.9395	-2.4382	-3.0726	-3.5273	2.2420	0.1952
7.216970D+08	1.3412	4.0783	3.9341	-2.4565	-3.0869	-3.5406	2.2980	0.1923
7.776977D+08	1.3531	4.0416	3.9278	-2.4743	-3.1012	-3.5540	2.3530	0.1895
8.298714D+08	1.3639	4.0056	3.9215	-2.4898	-3.1134	-3.5655	2.4090	0.1870
8.759116D+08	1.3741	3.9687	3.9149	-2.5062	-3.1268	-3.5782	2.4670	0.1845
9.176718D+08	1.3818	3.9332	3.9079	-2.5194	-3.1374	-3.5882	2.5220	0.1823
9.555280D+08	1.3899	3.8966	3.9008	-2.5321	-3.1474	-3.5977	2.5810	0.1801
9.888143D+08	1.3961	3.8618	3.8936	-2.5442	-3.1575	-3.6073	2.6360	0.1781
1.018946D+09	1.4011	3.8278	3.8864	-2.5547	-3.1659	-3.6152	2.6910	0.1763
1.046196D+09	1.4054	3.7945	3.8791	-2.5642	-3.1735	-3.6223	2.7450	0.1747
1.070786D+09	1.4086	3.7629	3.8721	-2.5723	-3.1800	-3.6285	2.7960	0.1733
1.092920D+09	1.4124	3.7315	3.8652	-2.5806	-3.1867	-3.6347	2.8500	0.1718
1.112007D+09	1.4137	3.7034	3.8584	-2.5860	-3.1904	-3.6377	2.8960	0.1707
1.129745D+09	1.4160	3.6761	3.8522	-2.5925	-3.1955	-3.6421	2.9440	0.1695
1.145303D+09	1.4173	3.6526	3.8467	-2.5971	-3.1991	-3.6454	2.9840	0.1687
1.159644D+09	1.4193	3.6289	3.8412	-2.6019	-3.2022	-3.6474	3.0300	0.1677
1.172092D+09	1.4207	3.6106	3.8370	-2.6049	-3.2044	-3.6493	3.0640	0.1671
1.182785D+09	1.4225	3.5955	3.8337	-2.6071	-3.2055	-3.6498	3.0940	0.1665
1.191952D+09	1.4246	3.5838	3.8313	-2.6095	-3.2071	-3.6507	3.1200	0.1661
1.198989D+09	1.4279	3.5750	3.8299	-2.6124	-3.2092	-3.6522	3.1460	0.1655
1.204727D+09	1.4312	3.5701	3.8295	-2.6150	-3.2115	-3.6544	3.1650	0.1651
1.209407D+09	1.4349	3.5676	3.8298	-2.6175	-3.2140	-3.6571	3.1810	0.1647
1.213224D+09	1.4389	3.5671	3.8307	-2.6210	-3.2178	-3.6612	3.1950	0.1643
1.216338D+09	1.4430	3.5681	3.8319	-2.6234	-3.2206	-3.6645	3.2060	0.1642

Tabla F.6 (Continuación)								
log m = 0.2989								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>☉</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
1.218675D+09	1.4483	3.5689	3.8335	-2.6284	-3.2253	-3.6691	3.2240	0.1634
1.221194D+09	1.4539	3.5742	3.8362	-2.6309	-3.2288	-3.6735	3.2300	0.1633
1.222709D+09	1.4596	3.5790	3.8388	-2.6341	-3.2324	-3.6774	3.2390	0.1629
1.223940D+09	1.4651	3.5849	3.8417	-2.6367	-3.2351	-3.6802	3.2460	0.1627
1.224940D+09	1.4713	3.5916	3.8449	-2.6399	-3.2389	-3.6847	3.2520	0.1624
1.225752D+09	1.4773	3.5988	3.8482	-2.6426	-3.2420	-3.6881	3.2570	0.1621
1.226413D+09	1.4837	3.6063	3.8517	-2.6453	-3.2450	-3.6915	3.2620	0.1618
1.226950D+09	1.4900	3.6138	3.8551	-2.6479	-3.2479	-3.6946	3.2670	0.1616
1.227389D+09	1.4970	3.6213	3.8587	-2.6502	-3.2506	-3.6977	3.2720	0.1614
1.227715D+09	1.5039	3.6271	3.8619	-2.6538	-3.2544	-3.7015	3.2820	0.1610
1.227982D+09	1.5109	3.6326	3.8650	-2.6571	-3.2576	-3.7049	3.2950	0.1606
1.228200D+09	1.5185	3.6389	3.8685	-2.6607	-3.2614	-3.7089	3.3040	0.1602
1.228379D+09	1.5251	3.6448	3.8717	-2.6634	-3.2641	-3.7118	3.3130	0.1599
1.228526D+09	1.5322	3.6503	3.8748	-2.6669	-3.2678	-3.7155	3.3240	0.1596
1.228647D+09	1.5391	3.6552	3.8778	-2.6699	-3.2708	-3.7185	3.3350	0.1592
1.228748D+09	1.5454	3.6599	3.8805	-2.6729	-3.2741	-3.7220	3.3460	0.1589
1.228825D+09	1.5514	3.6634	3.8829	-2.6758	-3.2770	-3.7250	3.3590	0.1585
1.228889D+09	1.5570	3.6663	3.8850	-2.6786	-3.2798	-3.7279	3.3730	0.1582
1.228943D+09	1.5631	3.6687	3.8871	-2.6811	-3.2823	-3.7304	3.3880	0.1579
1.228984D+09	1.5681	3.6705	3.8888	-2.6843	-3.2854	-3.7335	3.4030	0.1575
1.229015D+09	1.5716	3.6719	3.8900	-2.6862	-3.2872	-3.7354	3.4170	0.1573
1.229040D+09	1.5757	3.6730	3.8913	-2.6882	-3.2892	-3.7375	3.4420	0.1570
1.229065D+09	1.5792	3.6737	3.8924	-2.6909	-3.2916	-3.7398	3.4650	0.1566
1.229091D+09	1.5828	3.6738	3.8933	-2.6923	-3.2931	-3.7415	3.4830	0.1564
1.229141D+09	1.5781	3.6759	3.8926	-2.6898	-3.2906	-3.7388	3.4840	0.1568
1.229242D+09	1.5562	3.6739	3.8867	-2.6769	-3.2778	-3.7258	3.4650	0.1582
1.229343D+09	1.5351	3.6620	3.8784	-2.6669	-3.2675	-3.7152	3.4710	0.1592
1.229545D+09	1.5229	3.6134	3.8632	-2.6683	-3.2673	-3.7143	3.5790	0.1583
1.229949D+09	1.5301	3.5193	3.8415	-2.6870	-3.2826	-3.7277	3.8320	0.1551
1.230354D+09	1.5331	3.4459	3.8239	-2.6952	-3.2865	-3.7280	4.0340	0.1532
1.230758D+09	1.5323	3.3929	3.8105	-2.6842	-3.2663	-3.6987	4.1690	0.1530
1.231566D+09	1.5211	3.3257	3.7909	-2.6141	-3.1629	-3.5626	4.2940	0.1568
1.233182D+09	1.4774	3.2542	3.7621	-2.3332	-2.7843	-3.1009	4.2260	0.1779
1.234799D+09	1.3899	3.2371	3.7359	-1.8847	-2.2618	-2.5340	3.7400	0.2291
1.235607D+09	1.3427	3.2383	3.7244	-1.6753	-2.0406	-2.3079	3.4380	0.2630
1.236415D+09	1.3176	3.2252	3.7149	-1.5121	-1.8774	-2.1461	3.2170	0.2943
1.237224D+09	1.3208	3.1905	3.7070	-1.3995	-1.7690	-2.0404	3.1220	0.3187
1.238840D+09	1.3854	3.0822	3.6961	-1.2847	-1.6642	-1.9412	3.2340	0.3455
1.240126D+09	1.4594	2.9835	3.6899	-1.2467	-1.6319	-1.9121	3.5020	0.3550
1.241214D+09	1.5265	2.8982	3.6853	-1.2301	-1.6190	-1.9014	3.8200	0.3595

Tabla F.6 (Continuación)								
log m = 0.2989								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
1.242152D+09	1.5866	2.8233	3.6816	-1.2216	-1.6132	-1.8973	4.1650	0.3619
1.242897D+09	1.6353	2.7629	3.6787	-1.2172	-1.6108	-1.8964	4.4910	0.3632
1.243547D+09	1.6791	2.7090	3.6762	-1.2146	-1.6099	-1.8966	4.8230	0.3641
1.244092D+09	1.7169	2.6621	3.6739	-1.2140	-1.6105	-1.8982	5.1440	0.3645
1.244597D+09	1.7523	2.6188	3.6720	-1.2131	-1.6109	-1.8995	5.4720	0.3648
1.245016D+09	1.7819	2.5823	3.6702	-1.2129	-1.6117	-1.9012	5.7720	0.3651
1.245430D+09	1.8116	2.5456	3.6685	-1.2127	-1.6126	-1.9029	6.0970	0.3653
1.245805D+09	1.8385	2.5125	3.6669	-1.2118	-1.6128	-1.9040	6.4120	0.3657
1.246164D+09	1.8647	2.4798	3.6653	-1.2114	-1.6133	-1.9053	6.7440	0.3659
1.246484D+09	1.8878	2.4510	3.6639	-1.2110	-1.6138	-1.9064	7.0570	0.3661



Tabla F.7								
log m = 0.3997								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
0.000000D+00	1.5878	4.3525	4.0389	-2.2122	-2.8801	-3.3460	1.8100	0.2276
1.000000D+05	1.5860	4.3524	4.0385	-2.2114	-2.8791	-3.3449	1.8090	0.2277
3.000000D+05	1.5858	4.3523	4.0385	-2.2111	-2.8789	-3.3448	1.8090	0.2278
7.000000D+05	1.5870	4.3517	4.0387	-2.2122	-2.8799	-3.3457	1.8100	0.2276
1.500000D+06	1.5876	4.3513	4.0387	-2.2127	-2.8802	-3.3460	1.8110	0.2275
3.100000D+06	1.5886	4.3504	4.0387	-2.2135	-2.8811	-3.3468	1.8120	0.2275
6.300000D+06	1.5878	4.3495	4.0383	-2.2137	-2.8808	-3.3465	1.8130	0.2274
1.270000D+07	1.5904	4.3460	4.0381	-2.2174	-2.8844	-3.3501	1.8180	0.2269
2.550000D+07	1.5941	4.3402	4.0375	-2.2217	-2.8879	-3.3532	1.8250	0.2263
5.110000D+07	1.6048	4.3266	4.0368	-2.2330	-2.8973	-3.3618	1.8430	0.2246
1.023000D+08	1.6227	4.2993	4.0345	-2.2538	-2.9141	-3.3771	1.8780	0.2216
1.633840D+08	1.6457	4.2632	4.0312	-2.2798	-2.9347	-3.3957	1.9260	0.2176
2.170999D+08	1.6674	4.2264	4.0274	-2.3060	-2.9560	-3.4152	1.9750	0.2138
2.655685D+08	1.6877	4.1892	4.0232	-2.3307	-2.9760	-3.4340	2.0270	0.2101
3.075829D+08	1.7066	4.1523	4.0187	-2.3540	-2.9950	-3.4517	2.0780	0.2066
3.447309D+08	1.7224	4.1159	4.0135	-2.3747	-3.0116	-3.4672	2.1280	0.2034
3.791159D+08	1.7396	4.0782	4.0084	-2.3959	-3.0290	-3.4835	2.1820	0.2002
4.095388D+08	1.7539	4.0406	4.0026	-2.4153	-3.0447	-3.4983	2.2370	0.1971
4.364379D+08	1.7674	4.0033	3.9966	-2.4337	-3.0596	-3.5126	2.2920	0.1943
4.601996D+08	1.7797	3.9665	3.9905	-2.4503	-3.0730	-3.5253	2.3470	0.1916
4.817263D+08	1.7894	3.9307	3.9840	-2.4654	-3.0857	-3.5376	2.3990	0.1892
5.012279D+08	1.7993	3.8943	3.9774	-2.4802	-3.0980	-3.5495	2.4550	0.1868
5.183742D+08	1.8075	3.8593	3.9707	-2.4935	-3.1091	-3.5602	2.5090	0.1847
5.338827D+08	1.8148	3.8252	3.9640	-2.5056	-3.1193	-3.5701	2.5620	0.1827
5.478858D+08	1.8217	3.7913	3.9572	-2.5165	-3.1285	-3.5793	2.6160	0.1809
5.600925D+08	1.8266	3.7590	3.9504	-2.5269	-3.1371	-3.5875	2.6680	0.1792
5.710711D+08	1.8313	3.7289	3.9440	-2.5363	-3.1454	-3.5957	2.7160	0.1776
5.808974D+08	1.8345	3.7002	3.9376	-2.5437	-3.1516	-3.6019	2.7630	0.1765
5.893354D+08	1.8380	3.6723	3.9315	-2.5522	-3.1588	-3.6087	2.8110	0.1750
5.971288D+08	1.8416	3.6492	3.9267	-2.5588	-3.1648	-3.6148	2.8500	0.1739
6.042801D+08	1.8445	3.6262	3.9217	-2.5649	-3.1701	-3.6200	2.8930	0.1729
6.104884D+08	1.8479	3.6067	3.9176	-2.5710	-3.1756	-3.6253	2.9310	0.1719
6.158247D+08	1.8508	3.5914	3.9145	-2.5756	-3.1798	-3.6295	2.9620	0.1711
6.204036D+08	1.8539	3.5797	3.9124	-2.5793	-3.1833	-3.6331	2.9890	0.1706
6.239214D+08	1.8574	3.5701	3.9108	-2.5837	-3.1872	-3.6369	3.0160	0.1699
6.267870D+08	1.8608	3.5651	3.9104	-2.5865	-3.1898	-3.6394	3.0350	0.1694
6.291217D+08	1.8648	3.5632	3.9109	-2.5893	-3.1925	-3.6421	3.0490	0.1690
6.310230D+08	1.8688	3.5634	3.9120	-2.5916	-3.1948	-3.6445	3.0610	0.1687
6.325722D+08	1.8731	3.5654	3.9136	-2.5933	-3.1967	-3.6465	3.0690	0.1686
6.337557D+08	1.8781	3.5674	3.9153	-2.5963	-3.1994	-3.6491	3.0820	0.1681

Tabla F.7 (Continuación)

log m = 0.3997								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>☉</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
6.347175D+08	1.8825	3.5719	3.9176	-2.5976	-3.2006	-3.6504	3.0890	0.1680
6.354992D+08	1.8877	3.5780	3.9204	-2.6000	-3.2032	-3.6530	3.0940	0.1677
6.361341D+08	1.8927	3.5846	3.9233	-2.6017	-3.2049	-3.6546	3.0980	0.1675
6.366504D+08	1.8980	3.5920	3.9265	-2.6035	-3.2069	-3.6567	3.1010	0.1673
6.370703D+08	1.9031	3.5994	3.9296	-2.6053	-3.2086	-3.6585	3.1050	0.1672
6.374123D+08	1.9085	3.6071	3.9329	-2.6067	-3.2101	-3.6601	3.1080	0.1670
6.376910D+08	1.9145	3.6141	3.9361	-2.6095	-3.2128	-3.6627	3.1150	0.1666
6.379184D+08	1.9203	3.6232	3.9398	-2.6105	-3.2143	-3.6644	3.1150	0.1667
6.380891D+08	1.9257	3.6292	3.9427	-2.6126	-3.2163	-3.6664	3.1230	0.1665
6.382290D+08	1.9331	3.6352	3.9460	-2.6164	-3.2200	-3.6700	3.1340	0.1660
6.383435D+08	1.9384	3.6417	3.9490	-2.6182	-3.2217	-3.6718	3.1410	0.1658
6.384374D+08	1.9474	3.6482	3.9529	-2.6220	-3.2259	-3.6760	3.1490	0.1653
6.385147D+08	1.9524	3.6546	3.9557	-2.6233	-3.2271	-3.6774	3.1570	0.1651
6.385784D+08	1.9584	3.6603	3.9586	-2.6264	-3.2303	-3.6804	3.1650	0.1648
6.386265D+08	1.9629	3.6645	3.9608	-2.6278	-3.2316	-3.6818	3.1750	0.1647
6.386668D+08	1.9677	3.6680	3.9629	-2.6307	-3.2343	-3.6845	3.1870	0.1644
6.387006D+08	1.9769	3.6705	3.9658	-2.6354	-3.2392	-3.6894	3.2030	0.1637
6.387263D+08	1.9811	3.6733	3.9676	-2.6375	-3.2412	-3.6914	3.2150	0.1635
6.387481D+08	1.9858	3.6755	3.9693	-2.6398	-3.2436	-3.6938	3.2280	0.1632
6.387644D+08	1.9893	3.6773	3.9706	-2.6417	-3.2453	-3.6954	3.2400	0.1629
6.387753D+08	1.9935	3.6781	3.9719	-2.6432	-3.2468	-3.6971	3.2580	0.1627
6.387788D+08	1.9955	3.6782	3.9724	-2.6443	-3.2479	-3.6982	3.2660	0.1625
6.387859D+08	1.9984	3.6788	3.9733	-2.6459	-3.2495	-3.7000	3.2800	0.1623
6.388001D+08	2.0010	3.6800	3.9742	-2.6481	-3.2516	-3.7019	3.2980	0.1620
6.388284D+08	1.9966	3.6823	3.9737	-2.6442	-3.2479	-3.6984	3.3030	0.1624
6.388852D+08	1.9709	3.6782	3.9663	-2.6309	-3.2345	-3.6846	3.2900	0.1640
6.389419D+08	1.9505	3.6610	3.9569	-2.6217	-3.2249	-3.6751	3.3090	0.1648
6.390554D+08	1.9439	3.6012	3.9402	-2.6300	-3.2317	-3.6817	3.4460	0.1632
6.392823D+08	1.9575	3.4909	3.9161	-2.6585	-3.2583	-3.7080	3.7390	0.1588
6.393957D+08	1.9614	3.4422	3.9049	-2.6695	-3.2686	-3.7181	3.8730	0.1571
6.396227D+08	1.9631	3.3623	3.8853	-2.6838	-3.2818	-3.7306	4.0980	0.1548
6.400765D+08	1.9520	3.2274	3.8488	-2.6981	-3.2935	-3.7396	4.4930	0.1522
6.405303D+08	1.9269	3.0930	3.8090	-2.6958	-3.2850	-3.7239	4.8980	0.1514
6.409842D+08	1.8830	2.9819	3.7702	-2.5593	-3.0918	-3.4740	5.1110	0.1606
6.412111D+08	1.8515	2.9530	3.7551	-2.3979	-2.8757	-3.2110	5.0260	0.1734
6.416649D+08	1.7567	2.9333	3.7265	-1.8904	-2.2737	-2.5489	4.4450	0.2296
6.418919D+08	1.7206	2.9263	3.7157	-1.6739	-2.0433	-2.3131	4.1490	0.2642
6.421188D+08	1.7129	2.8976	3.7066	-1.5142	-1.8822	-2.1527	3.9880	0.2945
6.423457D+08	1.7342	2.8470	3.6993	-1.4116	-1.7833	-2.0568	3.9880	0.3161
6.427995D+08	1.8089	2.7307	3.6889	-1.3124	-1.6925	-1.9711	4.2630	0.3390

Tabla F.7 (Continuación)

log m = 0.3997								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
6.432534D+08	1.8914	2.6194	3.6817	-1.2733	-1.6596	-1.9420	4.7260	0.3489
6.436417D+08	1.9616	2.5273	3.6762	-1.2563	-1.6464	-1.9312	5.2440	0.3535
6.440301D+08	2.0339	2.4342	3.6710	-1.2468	-1.6404	-1.9274	5.8950	0.3562
6.443330D+08	2.0911	2.3613	3.6671	-1.2428	-1.6388	-1.9275	6.5040	0.3576
6.445804D+08	2.1381	2.3007	3.6637	-1.2416	-1.6394	-1.9294	7.0910	0.3583
6.447928D+08	2.1797	2.2476	3.6608	-1.2408	-1.6402	-1.9314	7.6680	0.3587
6.449911D+08	2.2189	2.1973	3.6580	-1.2403	-1.6412	-1.9336	8.2780	0.3591
6.451549D+08	2.2511	2.1559	3.6557	-1.2386	-1.6409	-1.9343	8.8280	0.3597
6.453057D+08	2.2809	2.1177	3.6536	-1.2369	-1.6405	-1.9347	9.3810	0.3603
6.454489D+08	2.3098	2.0809	3.6516	-1.2360	-1.6412	-1.9366	9.9570	0.3608



Tabla F.8								
log m = 0.4997								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
0.000000D+00	1.9641	4.3485	4.1071	-2.1420	-2.8102	-3.2762	1.7270	0.2369
1.000000D+05	1.9642	4.3485	4.1071	-2.1420	-2.8102	-3.2762	1.7270	0.2369
3.000000D+05	1.9642	4.3484	4.1071	-2.1421	-2.8102	-3.2762	1.7270	0.2369
7.000000D+05	1.9644	4.3481	4.1071	-2.1424	-2.8104	-3.2764	1.7280	0.2369
1.500000D+06	1.9649	4.3474	4.1070	-2.1429	-2.8109	-3.2768	1.7280	0.2368
3.100000D+06	1.9660	4.3460	4.1070	-2.1441	-2.8119	-3.2777	1.7300	0.2366
6.300000D+06	1.9680	4.3432	4.1068	-2.1464	-2.8138	-3.2795	1.7330	0.2363
1.270000D+07	1.9743	4.3382	4.1071	-2.1508	-2.8179	-3.2836	1.7390	0.2357
2.550000D+07	1.9850	4.3246	4.1064	-2.1630	-2.8281	-3.2927	1.7570	0.2338
5.110000D+07	2.0027	4.3007	4.1048	-2.1836	-2.8454	-3.3089	1.7880	0.2308
8.492818D+07	2.0267	4.2645	4.1018	-2.2111	-2.8676	-3.3292	1.8330	0.2267
1.142471D+08	2.0509	4.2274	4.0985	-2.2388	-2.8907	-3.3505	1.8790	0.2227
1.411369D+08	2.0744	4.1896	4.0950	-2.2653	-2.9118	-3.3697	1.9290	0.2187
1.644497D+08	2.0955	4.1524	4.0909	-2.2907	-2.9333	-3.3901	1.9780	0.2149
1.850642D+08	2.1143	4.1148	4.0862	-2.3141	-2.9522	-3.4077	2.0290	0.2114
2.033354D+08	2.1333	4.0781	4.0818	-2.3357	-2.9700	-3.4245	2.0800	0.2079
2.187473D+08	2.1492	4.0417	4.0767	-2.3567	-2.9877	-3.4413	2.1290	0.2048
2.330284D+08	2.1637	4.0047	4.0711	-2.3763	-3.0037	-3.4565	2.1810	0.2018
2.456634D+08	2.1779	3.9694	4.0658	-2.3939	-3.0187	-3.4710	2.2310	0.1990
2.570749D+08	2.1903	3.9338	4.0600	-2.4101	-3.0321	-3.4840	2.2820	0.1964
2.673959D+08	2.2022	3.8976	4.0539	-2.4274	-3.0469	-3.4984	2.3350	0.1938
2.764733D+08	2.2129	3.8642	4.0482	-2.4420	-3.0595	-3.5107	2.3860	0.1915
2.844341D+08	2.2217	3.8315	4.0423	-2.4550	-3.0705	-3.5217	2.4350	0.1894
2.916117D+08	2.2298	3.7989	4.0362	-2.4675	-3.0813	-3.5324	2.4850	0.1874
2.980661D+08	2.2376	3.7672	4.0302	-2.4801	-3.0926	-3.5435	2.5340	0.1854
3.038547D+08	2.2443	3.7366	4.0242	-2.4912	-3.1023	-3.5532	2.5830	0.1837
3.090321D+08	2.2509	3.7069	4.0184	-2.5022	-3.1120	-3.5630	2.6320	0.1819
3.138099D+08	2.2561	3.6799	4.0130	-2.5108	-3.1199	-3.5710	2.6760	0.1805
3.179043D+08	2.2603	3.6556	4.0080	-2.5188	-3.1270	-3.5782	2.7170	0.1793
3.216594D+08	2.2647	3.6322	4.0032	-2.5263	-3.1336	-3.5849	2.7600	0.1781
3.249648D+08	2.2686	3.6129	3.9993	-2.5328	-3.1395	-3.5908	2.7950	0.1771
3.279683D+08	2.2737	3.5952	3.9962	-2.5397	-3.1459	-3.5972	2.8320	0.1760
3.304901D+08	2.2788	3.5807	3.9938	-2.5456	-3.1515	-3.6030	2.8660	0.1750
3.324492D+08	2.2827	3.5719	3.9926	-2.5498	-3.1555	-3.6069	2.8900	0.1744
3.340437D+08	2.2864	3.5663	3.9921	-2.5529	-3.1586	-3.6102	2.9090	0.1739
3.352712D+08	2.2903	3.5636	3.9924	-2.5558	-3.1614	-3.6130	2.9240	0.1735
3.362693D+08	2.2942	3.5634	3.9933	-2.5582	-3.1637	-3.6152	2.9360	0.1732
3.370811D+08	2.2980	3.5650	3.9947	-2.5607	-3.1660	-3.6176	2.9460	0.1729
3.377419D+08	2.3025	3.5671	3.9964	-2.5634	-3.1685	-3.6200	2.9580	0.1724
3.382798D+08	2.3063	3.5733	3.9989	-2.5633	-3.1688	-3.6205	2.9580	0.1726

Tabla F.8 (Continuación)								
log m = 0.4997								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
3.386921D+08	2.3111	3.5775	4.0011	-2.5657	-3.1710	-3.6225	2.9680	0.1722
3.390272D+08	2.3154	3.5840	4.0038	-2.5674	-3.1725	-3.6238	2.9720	0.1720
3.392996D+08	2.3199	3.5914	4.0068	-2.5687	-3.1738	-3.6250	2.9740	0.1719
3.395211D+08	2.3246	3.5993	4.0099	-2.5699	-3.1750	-3.6262	2.9770	0.1718
3.397013D+08	2.3293	3.6074	4.0131	-2.5711	-3.1762	-3.6273	2.9790	0.1717
3.398481D+08	2.3328	3.6146	4.0158	-2.5718	-3.1767	-3.6277	2.9810	0.1717
3.399679D+08	2.3377	3.6218	4.0188	-2.5734	-3.1783	-3.6294	2.9850	0.1715
3.400657D+08	2.3433	3.6286	4.0219	-2.5759	-3.1806	-3.6314	2.9920	0.1711
3.401457D+08	2.3479	3.6366	4.0251	-2.5763	-3.1813	-3.6322	2.9930	0.1712
3.402071D+08	2.3547	3.6422	4.0282	-2.5792	-3.1843	-3.6352	3.0040	0.1708
3.402577D+08	2.3613	3.6488	4.0315	-2.5820	-3.1871	-3.6378	3.0110	0.1704
3.402992D+08	2.3668	3.6552	4.0345	-2.5841	-3.1891	-3.6397	3.0170	0.1702
3.403336D+08	2.3724	3.6610	4.0373	-2.5861	-3.1912	-3.6418	3.0250	0.1700
3.403596D+08	2.3773	3.6654	4.0396	-2.5883	-3.1932	-3.6438	3.0350	0.1696
3.403814D+08	2.3819	3.6695	4.0418	-2.5905	-3.1952	-3.6456	3.0450	0.1694
3.403996D+08	2.3874	3.6728	4.0440	-2.5926	-3.1972	-3.6478	3.0570	0.1691
3.404133D+08	2.3929	3.6754	4.0460	-2.5958	-3.2005	-3.6509	3.0690	0.1687
3.404249D+08	2.3976	3.6778	4.0478	-2.5978	-3.2024	-3.6528	3.0810	0.1684
3.404346D+08	2.3989	3.6805	4.0488	-2.5987	-3.2029	-3.6531	3.0910	0.1683
3.404417D+08	2.4079	3.6804	4.0510	-2.6036	-3.2081	-3.6584	3.1120	0.1676
3.404458D+08	2.4095	3.6820	4.0518	-2.6041	-3.2083	-3.6586	3.1260	0.1675
3.404499D+08	2.4110	3.6832	4.0525	-2.6051	-3.2091	-3.6593	3.1380	0.1674
3.404539D+08	2.4137	3.6837	4.0533	-2.6066	-3.2106	-3.6608	3.1510	0.1672
3.404621D+08	2.4156	3.6849	4.0541	-2.6075	-3.2114	-3.6616	3.1660	0.1670
3.404784D+08	2.4077	3.6870	4.0526	-2.6022	-3.2063	-3.6566	3.1660	0.1677
3.405110D+08	2.3797	3.6768	4.0431	-2.5881	-3.1922	-3.6425	3.1660	0.1693
3.405436D+08	2.3655	3.6505	4.0330	-2.5856	-3.1894	-3.6399	3.2120	0.1692
3.406088D+08	2.3679	3.5763	4.0150	-2.6025	-3.2051	-3.6561	3.3910	0.1664
3.407391D+08	2.3873	3.4473	3.9876	-2.6398	-3.2412	-3.6932	3.7410	0.1610
3.408043D+08	2.3932	3.3906	3.9749	-2.6538	-3.2552	-3.7078	3.9010	0.1589
3.409347D+08	2.3943	3.2913	3.9504	-2.6726	-3.2737	-3.7263	4.1920	0.1561
3.410650D+08	2.3877	3.1953	3.9247	-2.6857	-3.2858	-3.7377	4.4880	0.1542
3.411954D+08	2.3779	3.0990	3.8982	-2.6952	-3.2950	-3.7457	4.8000	0.1526
3.413257D+08	2.3598	2.9930	3.8672	-2.7006	-3.2987	-3.7465	5.1640	0.1515
3.414561D+08	2.3317	2.8684	3.8290	-2.7002	-3.2944	-3.7367	5.6210	0.1511
3.415865D+08	2.2898	2.7198	3.7813	-2.6747	-3.2544	-3.6797	6.1930	0.1525
3.416517D+08	2.2635	2.6605	3.7600	-2.5947	-3.1405	-3.5316	6.3600	0.1581
3.417168D+08	2.2299	2.6224	3.7420	-2.4235	-2.9087	-3.2472	6.3290	0.1714
3.418472D+08	2.1466	2.5839	3.7116	-1.8780	-2.2610	-2.5363	5.7870	0.2315
3.419124D+08	2.1321	2.5559	3.7010	-1.6682	-2.0390	-2.3102	5.6050	0.2652

Tabla F.8 (Continuación)								
log m = 0.4997								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>☉</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
3.419776D+08	2.1494	2.5032	3.6921	-1.5236	-1.8942	-2.1672	5.6300	0.2925
3.420427D+08	2.1878	2.4346	3.6846	-1.4319	-1.8057	-2.0817	5.8420	0.3118
3.421731D+08	2.2727	2.3081	3.6742	-1.3455	-1.7270	-2.0081	6.4890	0.3316
3.423035D+08	2.3488	2.2031	3.6669	-1.3089	-1.6960	-1.9805	7.2560	0.3408
3.424338D+08	2.4174	2.1099	3.6608	-1.2906	-1.6819	-1.9690	8.1370	0.3458
3.425642D+08	2.4840	2.0211	3.6553	-1.2806	-1.6753	-1.9647	9.1770	0.3486
3.426946D+08	2.5499	1.9337	3.6499	-1.2761	-1.6739	-1.9654	0.0000	0.3503
3.427971D+08	2.6012	1.8655	3.6456	-1.2740	-1.6738	-1.9666	0.0000	0.3512
3.428839D+08	2.6436	1.8087	3.6420	-1.2716	-1.6732	-1.9671	0.0000	0.3520
3.429528D+08	2.6767	1.7653	3.6395	-1.2698	-1.6729	-1.9679	0.0000	0.3527



Tabla F.9								
log m = 0.5999								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
0.000000D+00	2.3423	4.3383	4.1741	-2.0797	-2.7472	-3.2133	1.6590	0.2453
1.000000D+05	2.3424	4.3382	4.1741	-2.0797	-2.7472	-3.2133	1.6590	0.2453
3.000000D+05	2.3425	4.3379	4.1740	-2.0799	-2.7474	-3.2134	1.6590	0.2453
7.000000D+05	2.3430	4.3373	4.1740	-2.0805	-2.7479	-3.2139	1.6600	0.2452
1.500000D+06	2.3440	4.3360	4.1739	-2.0816	-2.7488	-3.2147	1.6610	0.2451
3.100000D+06	2.3461	4.3334	4.1738	-2.0838	-2.7506	-3.2164	1.6640	0.2447
6.300000D+06	2.3501	4.3283	4.1735	-2.0885	-2.7551	-3.2208	1.6700	0.2441
1.270000D+07	2.3583	4.3177	4.1729	-2.0974	-2.7626	-3.2277	1.6820	0.2428
2.550000D+07	2.3766	4.2953	4.1719	-2.1169	-2.7791	-3.2429	1.7090	0.2399
4.426502D+07	2.4038	4.2592	4.1697	-2.1460	-2.8035	-3.2654	1.7520	0.2355
6.054822D+07	2.4267	4.2260	4.1671	-2.1718	-2.8250	-3.2853	1.7920	0.2316
7.510691D+07	2.4502	4.1899	4.1639	-2.1990	-2.8478	-3.3065	1.8360	0.2276
8.809534D+07	2.4729	4.1531	4.1604	-2.2250	-2.8687	-3.3255	1.8840	0.2236
9.891605D+07	2.4939	4.1173	4.1567	-2.2496	-2.8900	-3.3459	1.9290	0.2200
1.088772D+08	2.5134	4.0809	4.1525	-2.2728	-2.9091	-3.3637	1.9760	0.2165
1.176833D+08	2.5317	4.0451	4.1481	-2.2941	-2.9267	-3.3802	2.0230	0.2131
1.254589D+08	2.5488	4.0093	4.1434	-2.3158	-2.9454	-3.3983	2.0720	0.2099
1.323206D+08	2.5639	3.9743	4.1385	-2.3348	-2.9615	-3.4138	2.1190	0.2069
1.385164D+08	2.5789	3.9381	4.1332	-2.3542	-2.9779	-3.4295	2.1700	0.2039
1.438326D+08	2.5910	3.9046	4.1278	-2.3697	-2.9907	-3.4418	2.2160	0.2014
1.487546D+08	2.6037	3.8701	4.1224	-2.3871	-3.0061	-3.4570	2.2660	0.1988
1.530676D+08	2.6147	3.8364	4.1167	-2.4020	-3.0185	-3.4690	2.3150	0.1964
1.570630D+08	2.6242	3.8044	4.1111	-2.4163	-3.0314	-3.4818	2.3620	0.1942
1.605481D+08	2.6339	3.7725	4.1055	-2.4304	-3.0437	-3.4939	2.4110	0.1920
1.636705D+08	2.6412	3.7426	4.0999	-2.4410	-3.0528	-3.5032	2.4560	0.1903
1.664627D+08	2.6495	3.7134	4.0946	-2.4539	-3.0646	-3.5149	2.5030	0.1883
1.690304D+08	2.6560	3.6869	4.0896	-2.4636	-3.0734	-3.5240	2.5460	0.1868
1.712350D+08	2.6610	3.6622	4.0847	-2.4727	-3.0814	-3.5319	2.5870	0.1854
1.732542D+08	2.6677	3.6386	4.0805	-2.4813	-3.0893	-3.5401	2.6290	0.1840
1.749664D+08	2.6730	3.6206	4.0773	-2.4890	-3.0967	-3.5476	2.6620	0.1828
1.765163D+08	2.6782	3.6036	4.0744	-2.4960	-3.1032	-3.5542	2.6960	0.1817
1.778282D+08	2.6827	3.5913	4.0724	-2.5015	-3.1083	-3.5594	2.7240	0.1809
1.788935D+08	2.6868	3.5828	4.0713	-2.5060	-3.1126	-3.5637	2.7460	0.1802
1.797600D+08	2.6918	3.5748	4.0705	-2.5108	-3.1170	-3.5681	2.7710	0.1795
1.804035D+08	2.6956	3.5724	4.0709	-2.5135	-3.1197	-3.5710	2.7860	0.1791
1.809258D+08	2.6994	3.5726	4.0719	-2.5163	-3.1223	-3.5734	2.7970	0.1787
1.813500D+08	2.7032	3.5748	4.0734	-2.5182	-3.1241	-3.5753	2.8060	0.1784
1.816946D+08	2.7068	3.5786	4.0753	-2.5198	-3.1256	-3.5767	2.8120	0.1782
1.819748D+08	2.7104	3.5835	4.0774	-2.5211	-3.1269	-3.5779	2.8170	0.1781

Tabla F.9 (Continuación)

log m = 0.5999								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
1.822029D+08	2.7137	3.5893	4.0797	-2.5225	-3.1279	-3.5787	2.8210	0.1780
1.823887D+08	2.7176	3.5944	4.0819	-2.5237	-3.1288	-3.5795	2.8290	0.1777
1.825402D+08	2.7212	3.6017	4.0846	-2.5246	-3.1297	-3.5803	2.8320	0.1776
1.826638D+08	2.7249	3.6110	4.0879	-2.5244	-3.1300	-3.5807	2.8280	0.1778
1.827590D+08	2.7295	3.6186	4.0909	-2.5257	-3.1313	-3.5819	2.8320	0.1777
1.828367D+08	2.7345	3.6261	4.0941	-2.5278	-3.1333	-3.5837	2.8370	0.1773
1.829000D+08	2.7380	3.6342	4.0969	-2.5287	-3.1340	-3.5842	2.8390	0.1773
1.829518D+08	2.7432	3.6425	4.1003	-2.5300	-3.1355	-3.5857	2.8420	0.1771
1.829941D+08	2.7482	3.6508	4.1037	-2.5307	-3.1362	-3.5864	2.8440	0.1770
1.830289D+08	2.7513	3.6579	4.1062	-2.5321	-3.1373	-3.5873	2.8490	0.1768
1.830574D+08	2.7563	3.6650	4.1092	-2.5336	-3.1389	-3.5889	2.8530	0.1767
1.830795D+08	2.7612	3.6707	4.1119	-2.5358	-3.1412	-3.5910	2.8600	0.1765
1.830979D+08	2.7663	3.6761	4.1145	-2.5380	-3.1433	-3.5930	2.8680	0.1762
1.831131D+08	2.7710	3.6811	4.1169	-2.5400	-3.1453	-3.5949	2.8770	0.1759
1.831249D+08	2.7757	3.6852	4.1191	-2.5422	-3.1473	-3.5970	2.8860	0.1756
1.831349D+08	2.7818	3.6888	4.1215	-2.5443	-3.1495	-3.5993	2.8960	0.1753
1.831424D+08	2.7856	3.6919	4.1233	-2.5460	-3.1512	-3.6010	2.9050	0.1750
1.831488D+08	2.7889	3.6946	4.1248	-2.5477	-3.1528	-3.6025	2.9150	0.1748
1.831536D+08	2.7922	3.6966	4.1261	-2.5495	-3.1545	-3.6041	2.9260	0.1745
1.831576D+08	2.7960	3.6982	4.1274	-2.5524	-3.1575	-3.6070	2.9400	0.1742
1.831596D+08	2.7989	3.6991	4.1284	-2.5543	-3.1592	-3.6086	2.9540	0.1739
1.831616D+08	2.8016	3.6998	4.1293	-2.5559	-3.1607	-3.6101	2.9670	0.1737
1.831636D+08	2.8041	3.7004	4.1300	-2.5574	-3.1621	-3.6116	2.9790	0.1734
1.831677D+08	2.8062	3.7017	4.1309	-2.5581	-3.1629	-3.6124	2.9930	0.1733
1.831758D+08	2.7996	3.7038	4.1297	-2.5536	-3.1584	-3.6079	2.9970	0.1738
1.831920D+08	2.7766	3.6957	4.1220	-2.5403	-3.1450	-3.5946	2.9980	0.1753
1.832244D+08	2.7617	3.6394	4.1042	-2.5434	-3.1469	-3.5970	3.1100	0.1743
1.832569D+08	2.7671	3.5686	4.0878	-2.5624	-3.1645	-3.6152	3.2780	0.1714
1.833217D+08	2.7884	3.4419	4.0615	-2.6023	-3.2037	-3.6558	3.6140	0.1656
1.833542D+08	2.7959	3.3848	4.0491	-2.6182	-3.2201	-3.6731	3.7740	0.1633
1.834190D+08	2.7997	3.2798	4.0238	-2.6417	-3.2442	-3.6986	4.0790	0.1600
1.834839D+08	2.7972	3.1766	3.9973	-2.6607	-3.2641	-3.7195	4.4000	0.1574
1.835487D+08	2.7882	3.0672	3.9677	-2.6760	-3.2801	-3.7356	4.7640	0.1553
1.836136D+08	2.7719	2.9441	3.9329	-2.6878	-3.2919	-3.7462	5.2050	0.1536
1.836784D+08	2.7463	2.7975	3.8899	-2.6950	-3.2970	-3.7471	5.7830	0.1525
1.837433D+08	2.7040	2.6066	3.8316	-2.6942	-3.2892	-3.7289	6.6360	0.1520
1.837757D+08	2.6765	2.4959	3.7970	-2.6858	-3.2727	-3.7025	7.1910	0.1523
1.838081D+08	2.6409	2.3704	3.7567	-2.6424	-3.2051	-3.6091	7.8560	0.1550
1.838406D+08	2.5964	2.2825	3.7236	-2.3992	-2.8698	-3.1940	8.1210	0.1732
1.838568D+08	2.5729	2.2595	3.7120	-2.2142	-2.6395	-2.9348	8.0430	0.1901
1.838892D+08	2.5335	2.2169	3.6915	-1.8007	-2.1755	-2.4475	7.7540	0.2425



Tabla F.10								
log m = 0.6998								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
0.000000D+00	2.7072	4.3297	4.2381	-2.0159	-2.6830	-3.1496	1.5920	0.2542
1.000000D+05	2.7072	4.3295	4.2381	-2.0160	-2.6832	-3.1497	1.5920	0.2542
3.000000D+05	2.7076	4.3290	4.2381	-2.0165	-2.6835	-3.1500	1.5930	0.2541
7.000000D+05	2.7085	4.3279	4.2380	-2.0175	-2.6844	-3.1508	1.5940	0.2540
1.500000D+06	2.7103	4.3257	4.2379	-2.0195	-2.6861	-3.1524	1.5960	0.2537
3.100000D+06	2.7138	4.3213	4.2377	-2.0235	-2.6896	-3.1555	1.6010	0.2531
6.300000D+06	2.7251	4.3112	4.2380	-2.0339	-2.6990	-3.1645	1.6130	0.2516
1.270000D+07	2.7398	4.2926	4.2370	-2.0509	-2.7133	-3.1774	1.6350	0.2491
2.341757D+07	2.7690	4.2572	4.2355	-2.0815	-2.7396	-3.2017	1.6750	0.2444
3.292839D+07	2.7945	4.2222	4.2331	-2.1096	-2.7636	-3.2240	1.7160	0.2402
4.139267D+07	2.8208	4.1860	4.2306	-2.1389	-2.7889	-3.2480	1.7590	0.2358
4.874017D+07	2.8451	4.1498	4.2277	-2.1666	-2.8124	-3.2700	1.8030	0.2316
5.511746D+07	2.8668	4.1144	4.2242	-2.1922	-2.8341	-3.2903	1.8460	0.2278
6.097451D+07	2.8883	4.0783	4.2206	-2.2163	-2.8541	-3.3090	1.8920	0.2240
6.602534D+07	2.9079	4.0423	4.2165	-2.2409	-2.8754	-3.3294	1.9390	0.2204
7.050189D+07	2.9263	4.0063	4.2121	-2.2635	-2.8946	-3.3476	1.9860	0.2169
7.446689D+07	2.9438	3.9706	4.2075	-2.2849	-2.9126	-3.3648	2.0340	0.2136
7.796470D+07	2.9598	3.9355	4.2027	-2.3050	-2.9299	-3.3815	2.0810	0.2105
8.119194D+07	2.9757	3.8995	4.1977	-2.3255	-2.9479	-3.3990	2.1320	0.2074
8.389727D+07	2.9881	3.8662	4.1925	-2.3422	-2.9621	-3.4129	2.1780	0.2048
8.639642D+07	3.0012	3.8321	4.1873	-2.3591	-2.9768	-3.4272	2.2280	0.2021
8.858625D+07	3.0126	3.7999	4.1820	-2.3751	-2.9911	-3.4413	2.2750	0.1997
9.055230D+07	3.0229	3.7682	4.1767	-2.3897	-3.0040	-3.4540	2.3220	0.1974
9.231470D+07	3.0324	3.7376	4.1714	-2.4026	-3.0151	-3.4651	2.3690	0.1953
9.389039D+07	3.0412	3.7090	4.1665	-2.4149	-3.0265	-3.4767	2.4130	0.1934
9.529408D+07	3.0487	3.6821	4.1616	-2.4271	-3.0374	-3.4874	2.4560	0.1916
9.657964D+07	3.0562	3.6540	4.1565	-2.4391	-3.0479	-3.4978	2.5050	0.1898
9.768479D+07	3.0628	3.6324	4.1527	-2.4474	-3.0554	-3.5055	2.5420	0.1884
9.868881D+07	3.0699	3.6114	4.1493	-2.4580	-3.0654	-3.5156	2.5820	0.1868
9.956817D+07	3.0756	3.5942	4.1464	-2.4650	-3.0722	-3.5226	2.6150	0.1857
1.003280D+08	3.0806	3.5809	4.1443	-2.4713	-3.0781	-3.5286	2.6450	0.1848
1.009442D+08	3.0856	3.5702	4.1429	-2.4771	-3.0835	-3.5341	2.6720	0.1839
1.014279D+08	3.0897	3.5642	4.1424	-2.4813	-3.0874	-3.5381	2.6920	0.1833
1.018210D+08	3.0940	3.5598	4.1424	-2.4852	-3.0911	-3.5418	2.7100	0.1827
1.021295D+08	3.0978	3.5594	4.1432	-2.4878	-3.0937	-3.5444	2.7230	0.1823
1.023804D+08	3.1012	3.5611	4.1445	-2.4899	-3.0957	-3.5463	2.7320	0.1820
1.025845D+08	3.1045	3.5643	4.1461	-2.4916	-3.0972	-3.5478	2.7390	0.1817
1.027509D+08	3.1078	3.5690	4.1481	-2.4929	-3.0986	-3.5491	2.7450	0.1816
1.028864D+08	3.1110	3.5748	4.1504	-2.4940	-3.0996	-3.5501	2.7490	0.1815
1.029970D+08	3.1142	3.5815	4.1528	-2.4948	-3.1004	-3.5508	2.7520	0.1814



Tabla F.10 (Continuación)

log m = 0.6998								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>☉</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
1.030872D+08	3.1174	3.5874	4.1551	-2.4952	-3.1006	-3.5510	2.7570	0.1813
1.031582D+08	3.1202	3.5941	4.1575	-2.4970	-3.1021	-3.5522	2.7610	0.1812
1.032163D+08	3.1239	3.6020	4.1604	-2.4979	-3.1031	-3.5531	2.7630	0.1811
1.032637D+08	3.1287	3.6114	4.1640	-2.4987	-3.1043	-3.5544	2.7630	0.1809
1.033024D+08	3.1316	3.6201	4.1668	-2.4991	-3.1046	-3.5545	2.7640	0.1809
1.033340D+08	3.1353	3.6285	4.1699	-2.4996	-3.1050	-3.5547	2.7660	0.1808
1.033600D+08	3.1382	3.6352	4.1723	-2.5009	-3.1061	-3.5557	2.7720	0.1806
1.033814D+08	3.1423	3.6441	4.1755	-2.5008	-3.1066	-3.5565	2.7710	0.1808
1.033973D+08	3.1467	3.6488	4.1778	-2.5037	-3.1092	-3.5589	2.7810	0.1804
1.034105D+08	3.1520	3.6548	4.1806	-2.5053	-3.1107	-3.5604	2.7890	0.1801
1.034214D+08	3.1563	3.6606	4.1831	-2.5080	-3.1135	-3.5630	2.7960	0.1798
1.034304D+08	3.1606	3.6660	4.1856	-2.5097	-3.1153	-3.5649	2.8030	0.1796
1.034374D+08	3.1646	3.6704	4.1877	-2.5116	-3.1172	-3.5666	2.8110	0.1793
1.034433D+08	3.1684	3.6743	4.1896	-2.5135	-3.1187	-3.5679	2.8210	0.1790
1.034481D+08	3.1722	3.6778	4.1914	-2.5155	-3.1207	-3.5698	2.8300	0.1788
1.034519D+08	3.1757	3.6807	4.1930	-2.5170	-3.1223	-3.5717	2.8400	0.1785
1.034549D+08	3.1789	3.6829	4.1944	-2.5189	-3.1241	-3.5735	2.8500	0.1783
1.034571D+08	3.1819	3.6846	4.1955	-2.5208	-3.1258	-3.5752	2.8620	0.1780
1.034588D+08	3.1863	3.6860	4.1970	-2.5237	-3.1286	-3.5779	2.8830	0.1776
1.034604D+08	3.1899	3.6873	4.1982	-2.5261	-3.1309	-3.5801	2.9020	0.1772
1.034621D+08	3.1926	3.6885	4.1992	-2.5282	-3.1329	-3.5820	2.9180	0.1769
1.034654D+08	3.1935	3.6904	4.1999	-2.5285	-3.1331	-3.5823	2.9360	0.1768
1.034721D+08	3.1819	3.6896	4.1968	-2.5203	-3.1250	-3.5742	2.9430	0.1777
1.034853D+08	3.1590	3.6600	4.1837	-2.5117	-3.1157	-3.5651	2.9910	0.1785
1.034986D+08	3.1515	3.6088	4.1690	-2.5177	-3.1203	-3.5699	3.1010	0.1772
1.035252D+08	3.1715	3.4902	4.1444	-2.5558	-3.1574	-3.6086	3.4050	0.1715
1.035518D+08	3.1869	3.3775	4.1200	-2.5894	-3.1910	-3.6438	3.7220	0.1667
1.035783D+08	3.1950	3.2698	4.0951	-2.6171	-3.2195	-3.6742	4.0470	0.1628
1.036049D+08	3.1971	3.1625	4.0688	-2.6406	-3.2444	-3.7007	4.3970	0.1597
1.036315D+08	3.1934	3.0493	4.0396	-2.6617	-3.2673	-3.7252	4.7970	0.1570
1.036580D+08	3.1843	2.9247	4.0062	-2.6817	-3.2893	-3.7480	5.2790	0.1546
1.036846D+08	3.1681	2.7803	3.9660	-2.7005	-3.3095	-3.7676	5.9030	0.1524
1.037112D+08	3.1426	2.6044	3.9157	-2.7152	-3.3222	-3.7751	6.7700	0.1506
1.037244D+08	3.1265	2.5061	3.8871	-2.7193	-3.3229	-3.7707	7.3170	0.1499
1.037377D+08	3.1056	2.3915	3.8532	-2.7203	-3.3178	-3.7575	8.0190	0.1494
1.037510D+08	3.0806	2.2537	3.8125	-2.7171	-3.3036	-3.7303	8.9740	0.1490
1.037643D+08	3.0498	2.0823	3.7620	-2.6995	-3.2638	-3.6671	0.0000	0.1490
1.037709D+08	3.0329	1.9935	3.7355	-2.6606	-3.2000	-3.5787	0.0000	0.1508
1.037776D+08	3.0132	1.9231	3.7130	-2.5310	-3.0138	-3.3435	0.0000	0.1590
1.037842D+08	2.9909	1.8768	3.6958	-2.3075	-2.7280	-3.0169	0.0000	0.1767

Tabla F.11								
log m = 0.7993								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
0.000000D+00	3.0633	4.3172	4.2992	-1.9585	-2.6247	-3.0914	1.5360	0.2622
1.000000D+05	3.0635	4.3169	4.2992	-1.9588	-2.6249	-3.0917	1.5360	0.2622
3.000000D+05	3.0643	4.3160	4.2991	-1.9596	-2.6257	-3.0924	1.5370	0.2621
7.000000D+05	3.0659	4.3142	4.2991	-1.9613	-2.6272	-3.0938	1.5390	0.2618
1.500000D+06	3.0701	4.3097	4.2990	-1.9668	-2.6316	-3.0977	1.5460	0.2609
3.100000D+06	3.0787	4.3023	4.2993	-1.9734	-2.6385	-3.1048	1.5520	0.2600
6.300000D+06	3.0939	4.2859	4.2990	-1.9901	-2.6527	-3.1177	1.5720	0.2575
1.270000D+07	3.1242	4.2506	4.2977	-2.0229	-2.6818	-3.1448	1.6110	0.2526
1.857774D+07	3.1512	4.2151	4.2956	-2.0536	-2.7083	-3.1695	1.6510	0.2480
2.369685D+07	3.1792	4.1790	4.2936	-2.0842	-2.7346	-3.1940	1.6940	0.2433
2.814794D+07	3.2050	4.1427	4.2910	-2.1145	-2.7613	-3.2195	1.7370	0.2388
3.202296D+07	3.2291	4.1064	4.2879	-2.1426	-2.7853	-3.2421	1.7820	0.2345
3.539536D+07	3.2508	4.0709	4.2845	-2.1685	-2.8076	-3.2633	1.8260	0.2306
3.832710D+07	3.2719	4.0352	4.2808	-2.1944	-2.8299	-3.2843	1.8710	0.2267
4.094741D+07	3.2911	4.0000	4.2768	-2.2179	-2.8500	-3.3035	1.9170	0.2231
4.328750D+07	3.3091	3.9647	4.2725	-2.2412	-2.8703	-3.3228	1.9630	0.2195
4.537770D+07	3.3254	3.9289	4.2676	-2.2634	-2.8893	-3.3411	2.0110	0.2162
4.724608D+07	3.3421	3.8944	4.2632	-2.2839	-2.9074	-3.3588	2.0590	0.2130
4.890921D+07	3.3570	3.8596	4.2582	-2.3035	-2.9244	-3.3753	2.1080	0.2100
5.039033D+07	3.3714	3.8247	4.2531	-2.3227	-2.9411	-3.3915	2.1590	0.2070
5.167783D+07	3.3831	3.7928	4.2480	-2.3397	-2.9559	-3.4060	2.2040	0.2045
5.286350D+07	3.3956	3.7595	4.2428	-2.3571	-2.9721	-3.4222	2.2560	0.2017
5.388818D+07	3.4056	3.7297	4.2379	-2.3715	-2.9850	-3.4351	2.3010	0.1995
5.482898D+07	3.4155	3.6995	4.2328	-2.3852	-2.9970	-3.4470	2.3480	0.1973
5.566366D+07	3.4247	3.6713	4.2280	-2.3993	-3.0101	-3.4602	2.3950	0.1952
5.640144D+07	3.4325	3.6463	4.2237	-2.4107	-3.0206	-3.4707	2.4370	0.1935
5.707383D+07	3.4405	3.6217	4.2196	-2.4221	-3.0311	-3.4814	2.4800	0.1917
5.766342D+07	3.4478	3.5998	4.2159	-2.4324	-3.0407	-3.4912	2.5210	0.1901
5.817759D+07	3.4538	3.5823	4.2131	-2.4408	-3.0486	-3.4991	2.5560	0.1888
5.864034D+07	3.4598	3.5664	4.2106	-2.4489	-3.0561	-3.5068	2.5910	0.1876
5.900766D+07	3.4651	3.5546	4.2090	-2.4561	-3.0627	-3.5132	2.6220	0.1865
5.930563D+07	3.4694	3.5477	4.2083	-2.4604	-3.0669	-3.5177	2.6420	0.1859
5.954038D+07	3.4732	3.5439	4.2083	-2.4642	-3.0705	-3.5213	2.6600	0.1853
5.973122D+07	3.4767	3.5428	4.2089	-2.4672	-3.0734	-3.5242	2.6740	0.1849
5.988655D+07	3.4800	3.5438	4.2100	-2.4695	-3.0756	-3.5264	2.6840	0.1845
6.001311D+07	3.4831	3.5466	4.2115	-2.4713	-3.0774	-3.5281	2.6930	0.1843
6.011633D+07	3.4863	3.5493	4.2130	-2.4733	-3.0793	-3.5300	2.7020	0.1840
6.019788D+07	3.4894	3.5545	4.2150	-2.4746	-3.0805	-3.5311	2.7080	0.1838
6.026442D+07	3.4922	3.5610	4.2173	-2.4755	-3.0813	-3.5319	2.7120	0.1837
6.031872D+07	3.4952	3.5670	4.2196	-2.4770	-3.0826	-3.5329	2.7180	0.1834

Tabla F.11 (Continuación)								
log m = 0.7993								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
6.036307D+07	3.4979	3.5748	4.2222	-2.4775	-3.0831	-3.5333	2.7200	0.1834
6.039931D+07	3.5007	3.5830	4.2250	-2.4774	-3.0833	-3.5337	2.7200	0.1835
6.042795D+07	3.5039	3.5907	4.2277	-2.4783	-3.0842	-3.5345	2.7230	0.1834
6.045139D+07	3.5070	3.5989	4.2305	-2.4790	-3.0849	-3.5351	2.7250	0.1833
6.047058D+07	3.5101	3.6071	4.2333	-2.4797	-3.0857	-3.5358	2.7270	0.1832
6.048631D+07	3.5132	3.6151	4.2361	-2.4797	-3.0854	-3.5353	2.7300	0.1832
6.049922D+07	3.5164	3.6229	4.2389	-2.4812	-3.0869	-3.5367	2.7330	0.1830
6.050984D+07	3.5193	3.6297	4.2413	-2.4822	-3.0878	-3.5376	2.7390	0.1828
6.051859D+07	3.5226	3.6368	4.2439	-2.4829	-3.0888	-3.5387	2.7420	0.1828
6.052528D+07	3.5261	3.6422	4.2461	-2.4852	-3.0910	-3.5407	2.7490	0.1825
6.053084D+07	3.5298	3.6472	4.2483	-2.4871	-3.0929	-3.5425	2.7580	0.1823
6.053546D+07	3.5336	3.6518	4.2504	-2.4892	-3.0949	-3.5445	2.7660	0.1820
6.053929D+07	3.5375	3.6560	4.2524	-2.4914	-3.0970	-3.5466	2.7750	0.1817
6.054248D+07	3.5407	3.6598	4.2542	-2.4932	-3.0988	-3.5483	2.7850	0.1814
6.054490D+07	3.5438	3.6629	4.2557	-2.4941	-3.0994	-3.5489	2.7940	0.1812
6.054682D+07	3.5468	3.6655	4.2571	-2.4959	-3.1011	-3.5506	2.8040	0.1810
6.054838D+07	3.5496	3.6677	4.2584	-2.4978	-3.1029	-3.5523	2.8150	0.1807
6.054946D+07	3.5543	3.6695	4.2600	-2.5012	-3.1062	-3.5557	2.8390	0.1802
6.055053D+07	3.5582	3.6711	4.2614	-2.5043	-3.1093	-3.5587	2.8610	0.1797
6.055161D+07	3.5612	3.6725	4.2625	-2.5064	-3.1113	-3.5607	2.8800	0.1794
6.055376D+07	3.5626	3.6747	4.2634	-2.5073	-3.1120	-3.5614	2.9050	0.1792
6.055806D+07	3.5525	3.6724	4.2603	-2.4999	-3.1044	-3.5537	2.9220	0.1800
6.056665D+07	3.5328	3.6342	4.2458	-2.4941	-3.0979	-3.5475	2.9970	0.1803
6.057525D+07	3.5295	3.5710	4.2292	-2.5052	-3.1079	-3.5580	3.1440	0.1783
6.059244D+07	3.5509	3.4214	4.1971	-2.5526	-3.1542	-3.6064	3.5520	0.1713
6.060963D+07	3.5680	3.2716	4.1640	-2.5966	-3.1991	-3.6541	4.0160	0.1652
6.062682D+07	3.5755	3.1182	4.1275	-2.6345	-3.2392	-3.6970	4.5500	0.1602
6.064402D+07	3.5744	2.9508	4.0854	-2.6698	-3.2780	-3.7385	5.2170	0.1559
6.066121D+07	3.5639	2.7535	4.0334	-2.7060	-3.3179	-3.7798	6.1400	0.1518
6.066981D+07	3.5540	2.6429	4.0033	-2.7242	-3.3377	-3.7991	6.7360	0.1499
6.067840D+07	3.5405	2.5147	3.9679	-2.7425	-3.3563	-3.8154	7.5070	0.1480
6.068700D+07	3.5221	2.3608	3.9248	-2.7603	-3.3712	-3.8243	8.5680	0.1460
6.069559D+07	3.4990	2.1692	3.8711	-2.7708	-3.3698	-3.8078	0.0000	0.1441
6.069989D+07	3.4853	2.0592	3.8402	-2.7726	-3.3613	-3.7878	0.0000	0.1432
6.070419D+07	3.4694	1.9308	3.8041	-2.7685	-3.3414	-3.7517	0.0000	0.1423
6.070849D+07	3.4502	1.7761	3.7606	-2.7510	-3.2986	-3.6844	0.0000	0.1416
6.071064D+07	3.4388	1.6916	3.7366	-2.7306	-3.2596	-3.6282	0.0000	0.1418
6.071279D+07	3.4260	1.6049	3.7118	-2.6798	-3.1779	-3.5188	0.0000	0.1437
6.071494D+07	3.4103	1.5369	3.6908	-2.5422	-2.9854	-3.2834	0.0000	0.1517
6.071708D+07	3.3908	1.4913	3.6746	-2.3290	-2.7212	-2.9897	0.0000	0.1679



Tabla F.12								
log m = 0.8998								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
0.000000D+00	3.4101	4.3038	4.3574	-1.9046	-2.5691	-3.0360	1.4860	0.2699
1.000000D+05	3.4107	4.3033	4.3574	-1.9052	-2.5696	-3.0365	1.4870	0.2698
3.000000D+05	3.4151	4.3005	4.3578	-1.9090	-2.5734	-3.0402	1.4910	0.2692
7.000000D+05	3.4147	4.2989	4.3573	-1.9102	-2.5737	-3.0402	1.4920	0.2691
1.500000D+06	3.4203	4.2927	4.3572	-1.9163	-2.5792	-3.0454	1.4990	0.2682
3.100000D+06	3.4351	4.2784	4.3573	-1.9314	-2.5933	-3.0588	1.5150	0.2658
6.300000D+06	3.4590	4.2511	4.3565	-1.9578	-2.6170	-3.0811	1.5440	0.2618
9.974732D+06	3.4884	4.2158	4.3550	-1.9914	-2.6468	-3.1092	1.5840	0.2568
1.316210D+07	3.5153	4.1808	4.3530	-2.0230	-2.6747	-3.1355	1.6230	0.2520
1.599518D+07	3.5419	4.1451	4.3507	-2.0541	-2.7020	-3.1612	1.6650	0.2473
1.847018D+07	3.5670	4.1094	4.3480	-2.0843	-2.7286	-3.1864	1.7080	0.2427
2.063196D+07	3.5905	4.0739	4.3450	-2.1133	-2.7540	-3.2106	1.7520	0.2383
2.256491D+07	3.6112	4.0387	4.3414	-2.1401	-2.7775	-3.2330	1.7950	0.2343
2.429483D+07	3.6328	4.0023	4.3377	-2.1676	-2.8016	-3.2561	1.8420	0.2301
2.580321D+07	3.6520	3.9669	4.3336	-2.1923	-2.8232	-3.2769	1.8880	0.2263
2.715278D+07	3.6696	3.9311	4.3291	-2.2167	-2.8445	-3.2973	1.9360	0.2226
2.836094D+07	3.6878	3.8949	4.3246	-2.2410	-2.8661	-3.3183	1.9870	0.2189
2.940940D+07	3.7026	3.8614	4.3199	-2.2615	-2.8843	-3.3360	2.0330	0.2158
3.037396D+07	3.7175	3.8247	4.3145	-2.2838	-2.9037	-3.3547	2.0860	0.2125
3.120988D+07	3.7318	3.7915	4.3097	-2.3032	-2.9214	-3.3723	2.1350	0.2094
3.195308D+07	3.7444	3.7584	4.3046	-2.3220	-2.9382	-3.3888	2.1860	0.2064
3.263597D+07	3.7562	3.7261	4.2995	-2.3391	-2.9538	-3.4043	2.2350	0.2039
3.322473D+07	3.7662	3.6965	4.2946	-2.3544	-2.9677	-3.4182	2.2820	0.2015
3.376406D+07	3.7758	3.6677	4.2898	-2.3683	-2.9805	-3.4311	2.3280	0.1995
3.422850D+07	3.7851	3.6397	4.2851	-2.3833	-2.9943	-3.4449	2.3770	0.1971
3.465183D+07	3.7930	3.6155	4.2810	-2.3951	-3.0050	-3.4556	2.4190	0.1953
3.503631D+07	3.8007	3.5918	4.2770	-2.4073	-3.0166	-3.4674	2.4640	0.1935
3.537368D+07	3.8077	3.5710	4.2736	-2.4186	-3.0270	-3.4778	2.5070	0.1916
3.567773D+07	3.8143	3.5530	4.2708	-2.4276	-3.0356	-3.4868	2.5440	0.1904
3.591910D+07	3.8195	3.5408	4.2690	-2.4348	-3.0424	-3.4938	2.5740	0.1893
3.611454D+07	3.8240	3.5325	4.2680	-2.4405	-3.0479	-3.4993	2.5990	0.1885
3.627314D+07	3.8279	3.5272	4.2677	-2.4451	-3.0523	-3.5037	2.6190	0.1878
3.640208D+07	3.8314	3.5248	4.2680	-2.4487	-3.0557	-3.5072	2.6360	0.1872
3.650710D+07	3.8348	3.5237	4.2686	-2.4520	-3.0588	-3.5103	2.6510	0.1867
3.659126D+07	3.8378	3.5254	4.2697	-2.4543	-3.0610	-3.5125	2.6620	0.1864
3.665992D+07	3.8405	3.5288	4.2713	-2.4559	-3.0626	-3.5140	2.6700	0.1862
3.671597D+07	3.8433	3.5333	4.2731	-2.4565	-3.0635	-3.5152	2.6740	0.1862
3.675934D+07	3.8463	3.5360	4.2745	-2.4606	-3.0665	-3.5174	2.6910	0.1853
3.680501D+07	3.8483	3.5445	4.2771	-2.4607	-3.0668	-3.5177	2.6930	0.1853
3.683485D+07	3.8505	3.5544	4.2802	-2.4581	-3.0649	-3.5163	2.6850	0.1860

Tabla F.12 (Continuación)

log m = 0.8998								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
3.685797D+07	3.8537	3.5586	4.2820	-2.4612	-3.0675	-3.5185	2.6970	0.1854
3.687691D+07	3.8563	3.5663	4.2846	-2.4621	-3.0686	-3.5196	2.7000	0.1853
3.689239D+07	3.8589	3.5744	4.2873	-2.4626	-3.0691	-3.5201	2.7030	0.1852
3.690507D+07	3.8615	3.5826	4.2899	-2.4632	-3.0697	-3.5206	2.7050	0.1852
3.691546D+07	3.8641	3.5906	4.2926	-2.4639	-3.0704	-3.5212	2.7080	0.1851
3.692399D+07	3.8667	3.5983	4.2952	-2.4647	-3.0712	-3.5219	2.7110	0.1850
3.693100D+07	3.8695	3.6056	4.2977	-2.4655	-3.0719	-3.5224	2.7150	0.1849
3.693678D+07	3.8719	3.6121	4.2999	-2.4665	-3.0729	-3.5234	2.7210	0.1847
3.694123D+07	3.8747	3.6175	4.3020	-2.4679	-3.0742	-3.5247	2.7280	0.1845
3.694493D+07	3.8779	3.6226	4.3041	-2.4696	-3.0757	-3.5261	2.7360	0.1843
3.694799D+07	3.8813	3.6273	4.3061	-2.4718	-3.0781	-3.5285	2.7450	0.1840
3.695053D+07	3.8846	3.6317	4.3080	-2.4739	-3.0800	-3.5305	2.7540	0.1837
3.695263D+07	3.8878	3.6357	4.3098	-2.4758	-3.0820	-3.5324	2.7630	0.1835
3.695425D+07	3.8905	3.6390	4.3113	-2.4775	-3.0837	-3.5341	2.7730	0.1832
3.695549D+07	3.8928	3.6416	4.3125	-2.4791	-3.0852	-3.5355	2.7830	0.1830
3.695652D+07	3.8953	3.6438	4.3137	-2.4810	-3.0869	-3.5372	2.7940	0.1827
3.695733D+07	3.8983	3.6459	4.3150	-2.4834	-3.0892	-3.5395	2.8090	0.1823
3.695777D+07	3.9013	3.6472	4.3161	-2.4858	-3.0915	-3.5418	2.8260	0.1819
3.695821D+07	3.9040	3.6485	4.3170	-2.4881	-3.0937	-3.5439	2.8420	0.1816
3.695865D+07	3.9064	3.6497	4.3180	-2.4901	-3.0955	-3.5457	2.8570	0.1813
3.695953D+07	3.9099	3.6518	4.3193	-2.4927	-3.0979	-3.5479	2.8830	0.1808
3.696128D+07	3.9105	3.6541	4.3201	-2.4930	-3.0980	-3.5480	2.9140	0.1807
3.696480D+07	3.8977	3.6456	4.3148	-2.4840	-3.0889	-3.5391	2.9460	0.1816
3.697182D+07	3.8840	3.5768	4.2941	-2.4871	-3.0907	-3.5414	3.1050	0.1805
3.697533D+07	3.8817	3.5311	4.2821	-2.4948	-3.0976	-3.5486	3.2200	0.1791
3.698236D+07	3.8926	3.4176	4.2565	-2.5284	-3.1305	-3.5832	3.5410	0.1742
3.698939D+07	3.9074	3.2960	4.2298	-2.5668	-3.1700	-3.6252	3.9300	0.1689
3.699641D+07	3.9171	3.1692	4.2005	-2.6021	-3.2069	-3.6649	4.3800	0.1642
3.700344D+07	3.9221	3.0339	4.1679	-2.6366	-3.2442	-3.7051	4.9200	0.1598
3.701046D+07	3.9224	2.8849	4.1307	-2.6705	-3.2817	-3.7454	5.5960	0.1558
3.701749D+07	3.9169	2.7128	4.0864	-2.7059	-3.3209	-3.7860	6.5060	0.1519
3.702452D+07	3.9048	2.5015	4.0305	-2.7483	-3.3670	-3.8317	7.8530	0.1476
3.702803D+07	3.8962	2.3817	3.9984	-2.7706	-3.3896	-3.8518	8.7570	0.1453
3.703154D+07	3.8844	2.2421	3.9606	-2.7950	-3.4126	-3.8702	9.9590	0.1429
3.703505D+07	3.8691	2.0728	3.9144	-2.8173	-3.4274	-3.8746	0.0000	0.1402
3.703857D+07	3.8500	1.8597	3.8564	-2.8275	-3.4159	-3.8395	0.0000	0.1375
3.704032D+07	3.8386	1.7365	3.8227	-2.8232	-3.3939	-3.8004	0.0000	0.1363
3.704208D+07	3.8246	1.5904	3.7827	-2.8091	-3.3540	-3.7363	0.0000	0.1351
3.704384D+07	3.8054	1.4116	3.7332	-2.7662	-3.2705	-3.6168	0.0000	0.1348
3.704471D+07	3.7921	1.3157	3.7059	-2.7196	-3.1948	-3.5158	0.0000	0.1360



Tabla F.13								
log m = 1.0000								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
0.000000D+00	3.7411	4.2904	4.4118	-1.8557	-2.5175	-2.9841	1.4440	0.2770
1.000000D+05	3.7420	4.2895	4.4117	-1.8568	-2.5185	-2.9850	1.4450	0.2768
3.000000D+05	3.7442	4.2872	4.4117	-1.8592	-2.5207	-2.9872	1.4470	0.2764
7.000000D+05	3.7485	4.2826	4.4117	-1.8640	-2.5252	-2.9914	1.4520	0.2757
1.500000D+06	3.7573	4.2732	4.4115	-1.8739	-2.5344	-3.0002	1.4620	0.2742
3.100000D+06	3.7768	4.2528	4.4113	-1.8959	-2.5546	-3.0194	1.4850	0.2708
5.663711D+06	3.8098	4.2164	4.4104	-1.9341	-2.5894	-3.0525	1.5260	0.2650
7.807287D+06	3.8375	4.1818	4.4087	-1.9678	-2.6199	-3.0815	1.5650	0.2599
9.753618D+06	3.8676	4.1446	4.4069	-2.0050	-2.6535	-3.1134	1.6090	0.2543
1.144891D+07	3.8927	4.1092	4.4044	-2.0363	-2.6813	-3.1400	1.6510	0.2495
1.292535D+07	3.9175	4.0726	4.4014	-2.0684	-2.7095	-3.1666	1.6970	0.2446
1.421231D+07	3.9400	4.0372	4.3982	-2.0985	-2.7368	-3.1933	1.7410	0.2401
1.536567D+07	3.9610	4.0012	4.3944	-2.1276	-2.7626	-3.2180	1.7870	0.2357
1.640051D+07	3.9819	3.9643	4.3904	-2.1567	-2.7884	-3.2429	1.8370	0.2313
1.730813D+07	4.0017	3.9275	4.3862	-2.1843	-2.8131	-3.2669	1.8870	0.2271
1.810275D+07	4.0180	3.8927	4.3816	-2.2080	-2.8336	-3.2863	1.9350	0.2234
1.883364D+07	4.0355	3.8557	4.3767	-2.2344	-2.8579	-3.3105	1.9890	0.2195
1.947229D+07	4.0509	3.8203	4.3717	-2.2577	-2.8789	-3.3311	2.0400	0.2159
2.004416D+07	4.0653	3.7853	4.3665	-2.2802	-2.8991	-3.3508	2.0940	0.2124
2.056967D+07	4.0790	3.7502	4.3612	-2.3016	-2.9187	-3.3703	2.1480	0.2092
2.102613D+07	4.0907	3.7178	4.3560	-2.3206	-2.9361	-3.3877	2.1990	0.2064
2.144475D+07	4.1026	3.6847	4.3507	-2.3396	-2.9535	-3.4050	2.2540	0.2034
2.181702D+07	4.1142	3.6508	4.3451	-2.3581	-2.9703	-3.4216	2.3130	0.2006
2.213727D+07	4.1232	3.6226	4.3403	-2.3744	-2.9860	-3.4377	2.3620	0.1982
2.242936D+07	4.1316	3.5962	4.3358	-2.3887	-2.9995	-3.4514	2.4110	0.1960
2.269497D+07	4.1398	3.5710	4.3316	-2.4011	-3.0106	-3.4627	2.4590	0.1941
2.293190D+07	4.1480	3.5458	4.3273	-2.4134	-3.0231	-3.4758	2.5120	0.1919
2.313567D+07	4.1542	3.5268	4.3241	-2.4259	-3.0344	-3.4869	2.5530	0.1904
2.331645D+07	4.1605	3.5091	4.3213	-2.4363	-3.0445	-3.4973	2.5950	0.1889
2.345896D+07	4.1649	3.4968	4.3193	-2.4443	-3.0518	-3.5045	2.6290	0.1878
2.357480D+07	4.1691	3.4893	4.3185	-2.4507	-3.0583	-3.5112	2.6550	0.1868
2.366907D+07	4.1729	3.4852	4.3184	-2.4551	-3.0627	-3.5157	2.6750	0.1862
2.374590D+07	4.1761	3.4835	4.3188	-2.4591	-3.0664	-3.5194	2.6920	0.1856
2.380862D+07	4.1794	3.4825	4.3193	-2.4616	-3.0689	-3.5221	2.7090	0.1851
2.385913D+07	4.1826	3.4812	4.3198	-2.4665	-3.0731	-3.5260	2.7310	0.1842
2.390044D+07	4.1844	3.4878	4.3219	-2.4646	-3.0722	-3.5257	2.7270	0.1848
2.393274D+07	4.1872	3.4890	4.3229	-2.4696	-3.0760	-3.5287	2.7480	0.1837
2.396645D+07	4.1889	3.4990	4.3259	-2.4663	-3.0732	-3.5262	2.7410	0.1845
2.398757D+07	4.1917	3.5014	4.3272	-2.4703	-3.0769	-3.5298	2.7570	0.1838
2.400487D+07	4.1939	3.5084	4.3295	-2.4711	-3.0776	-3.5305	2.7620	0.1837

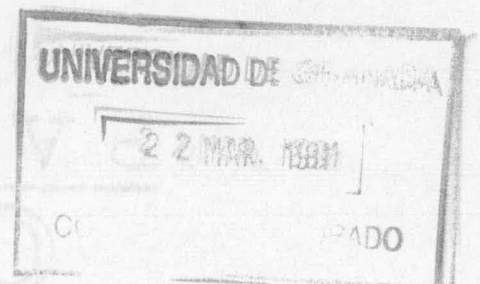




Tabla F.13 (Continuación)

log m = 1.0000								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
2.401903D+07	4.1960	3.5160	4.3319	-2.4716	-3.0781	-3.5309	2.7650	0.1836
2.403063D+07	4.1981	3.5239	4.3344	-2.4720	-3.0785	-3.5313	2.7680	0.1835
2.404013D+07	4.2003	3.5319	4.3369	-2.4739	-3.0808	-3.5335	2.7710	0.1834
2.404793D+07	4.2024	3.5398	4.3394	-2.4734	-3.0801	-3.5327	2.7740	0.1833
2.405434D+07	4.2046	3.5475	4.3419	-2.4741	-3.0807	-3.5332	2.7780	0.1833
2.405960D+07	4.2069	3.5551	4.3444	-2.4748	-3.0816	-3.5340	2.7820	0.1832
2.406393D+07	4.2090	3.5621	4.3467	-2.4745	-3.0812	-3.5337	2.7860	0.1832
2.406738D+07	4.2115	3.5678	4.3487	-2.4762	-3.0827	-3.5350	2.7940	0.1829
2.407024D+07	4.2139	3.5731	4.3506	-2.4782	-3.0843	-3.5364	2.8030	0.1826
2.407260D+07	4.2167	3.5784	4.3527	-2.4799	-3.0859	-3.5380	2.8110	0.1824
2.407455D+07	4.2194	3.5834	4.3546	-2.4817	-3.0877	-3.5397	2.8200	0.1821
2.407617D+07	4.2221	3.5880	4.3564	-2.4835	-3.0895	-3.5415	2.8290	0.1819
2.407751D+07	4.2245	3.5921	4.3580	-2.4867	-3.0930	-3.5450	2.8390	0.1815
2.407862D+07	4.2271	3.5960	4.3597	-2.4876	-3.0936	-3.5456	2.8490	0.1813
2.407946D+07	4.2294	3.5991	4.3610	-2.4892	-3.0953	-3.5472	2.8590	0.1811
2.408009D+07	4.2316	3.6016	4.3622	-2.4910	-3.0970	-3.5490	2.8710	0.1808
2.408055D+07	4.2352	3.6040	4.3637	-2.4947	-3.1005	-3.5525	2.8960	0.1803
2.408064D+07	4.2362	3.6045	4.3641	-2.4956	-3.1014	-3.5533	2.9020	0.1801
2.408082D+07	4.2379	3.6056	4.3647	-2.4972	-3.1029	-3.5548	2.9140	0.1799
2.408100D+07	4.2395	3.6066	4.3654	-2.4988	-3.1044	-3.5563	2.9260	0.1797
2.408136D+07	4.2424	3.6086	4.3666	-2.5008	-3.1058	-3.5573	2.9480	0.1792
2.408209D+07	4.2466	3.6119	4.3685	-2.5046	-3.1094	-3.5609	2.9860	0.1786
2.408353D+07	4.2477	3.6148	4.3695	-2.5055	-3.1100	-3.5615	3.0350	0.1783
2.408642D+07	4.2355	3.5977	4.3622	-2.4976	-3.1021	-3.5539	3.1030	0.1790
2.409219D+07	4.2280	3.4865	4.3325	-2.5143	-3.1174	-3.5705	3.4170	0.1760
2.409508D+07	4.2283	3.4137	4.3144	-2.5309	-3.1338	-3.5879	3.6430	0.1735
2.410085D+07	4.2435	3.2309	4.2725	-2.5867	-3.1914	-3.6496	4.2990	0.1660
2.410662D+07	4.2563	3.0199	4.2229	-2.6483	-3.2581	-3.7219	5.2170	0.1582
2.411240D+07	4.2596	2.7652	4.1601	-2.7141	-3.3314	-3.8007	6.6070	0.1508
2.411528D+07	4.2561	2.6195	4.1228	-2.7484	-3.3694	-3.8400	7.5830	0.1473
2.411817D+07	4.2501	2.4480	4.0784	-2.7882	-3.4126	-3.8827	8.9340	0.1433
2.412106D+07	4.2397	2.2346	4.0225	-2.8363	-3.4619	-3.9275	0.0000	0.1387
2.412250D+07	4.2328	2.1118	3.9900	-2.8638	-3.4874	-3.9478	0.0000	0.1360
2.412394D+07	4.2241	1.9688	3.9521	-2.8920	-3.5101	-3.9622	0.0000	0.1330
2.412539D+07	4.2126	1.7971	3.9063	-2.9167	-3.5217	-3.9591	0.0000	0.1298
2.412611D+07	4.2061	1.7029	3.8811	-2.9210	-3.5144	-3.9402	0.0000	0.1284
2.412683D+07	4.1977	1.5979	3.8528	-2.9183	-3.4946	-3.9043	0.0000	0.1271
2.412755D+07	4.1888	1.4778	3.8205	-2.9077	-3.4610	-3.8493	0.0000	0.1259
2.412827D+07	4.1765	1.3374	3.7824	-2.8814	-3.4037	-3.7646	0.0000	0.1250
2.412900D+07	4.1585	1.1681	3.7355	-2.8240	-3.3020	-3.6249	0.0000	0.1251

Tabla F.14								
log m = 1.0997								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>☉</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
0.000000D+00	4.0513	4.2792	4.4616	-1.8090	-2.4678	-2.9339	1.4050	0.2838
1.000000D+05	4.0534	4.2770	4.4616	-1.8112	-2.4696	-2.9357	1.4080	0.2833
3.000000D+05	4.0560	4.2743	4.4615	-1.8149	-2.4730	-2.9388	1.4110	0.2829
7.000000D+05	4.0625	4.2674	4.4614	-1.8226	-2.4802	-2.9457	1.4180	0.2817
1.500000D+06	4.0779	4.2518	4.4614	-1.8402	-2.4971	-2.9622	1.4350	0.2789
3.100000D+06	4.1085	4.2192	4.4609	-1.8777	-2.5321	-2.9957	1.4730	0.2732
4.621610D+06	4.1361	4.1853	4.4593	-1.9128	-2.5641	-3.0259	1.5100	0.2678
6.003288D+06	4.1656	4.1485	4.4575	-1.9517	-2.6000	-3.0607	1.5540	0.2620
7.170745D+06	4.1901	4.1141	4.4550	-1.9853	-2.6306	-3.0901	1.5950	0.2569
8.235963D+06	4.2174	4.0764	4.4524	-2.0226	-2.6648	-3.1232	1.6420	0.2511
9.188470D+06	4.2399	4.0407	4.4491	-2.0547	-2.6932	-3.1502	1.6880	0.2463
1.000686D+07	4.2613	4.0047	4.4455	-2.0869	-2.7228	-3.1793	1.7340	0.2414
1.074084D+07	4.2816	3.9684	4.4415	-2.1177	-2.7506	-3.2063	1.7830	0.2368
1.139922D+07	4.3018	3.9308	4.4371	-2.1480	-2.7772	-3.2316	1.8360	0.2321
1.197576D+07	4.3198	3.8938	4.4324	-2.1773	-2.8037	-3.2574	1.8880	0.2276
1.250587D+07	4.3364	3.8578	4.4275	-2.2049	-2.8296	-3.2835	1.9410	0.2236
1.297278D+07	4.3522	3.8214	4.4224	-2.2305	-2.8525	-3.3058	1.9950	0.2196
1.339270D+07	4.3669	3.7851	4.4170	-2.2556	-2.8752	-3.3280	2.0520	0.2158
1.377002D+07	4.3808	3.7491	4.4114	-2.2798	-2.8975	-3.3502	2.1090	0.2121
1.410859D+07	4.3938	3.7136	4.4058	-2.3040	-2.9208	-3.3740	2.1680	0.2086
1.426022D+07	4.3995	3.6974	4.4032	-2.3142	-2.9303	-3.3835	2.1950	0.2070
1.455080D+07	4.4119	3.6609	4.3971	-2.3372	-2.9517	-3.4048	2.2590	0.2036
1.480386D+07	4.4216	3.6297	4.3918	-2.3547	-2.9673	-3.4200	2.3150	0.2008
1.503529D+07	4.4315	3.5977	4.3863	-2.3744	-2.9866	-3.4402	2.3750	0.1980
1.524094D+07	4.4400	3.5697	4.3814	-2.3895	-3.0009	-3.4547	2.4290	0.1958
1.542304D+07	4.4481	3.5420	4.3765	-2.4063	-3.0168	-3.4708	2.4870	0.1932
1.558818D+07	4.4557	3.5163	4.3720	-2.4213	-3.0311	-3.4853	2.5430	0.1909
1.573327D+07	4.4619	3.4962	4.3685	-2.4334	-3.0427	-3.4970	2.5910	0.1892
1.586161D+07	4.4674	3.4796	4.3657	-2.4440	-3.0531	-3.5078	2.6340	0.1876
1.596602D+07	4.4724	3.4653	4.3634	-2.4550	-3.0644	-3.5196	2.6740	0.1861
1.604997D+07	4.4774	3.4516	4.3612	-2.4649	-3.0733	-3.5283	2.7190	0.1845
1.611757D+07	4.4808	3.4457	4.3606	-2.4706	-3.0788	-3.5338	2.7450	0.1836
1.617285D+07	4.4838	3.4425	4.3605	-2.4739	-3.0825	-3.5379	2.7640	0.1833
1.621678D+07	4.4866	3.4413	4.3610	-2.4777	-3.0862	-3.5416	2.7820	0.1828
1.625275D+07	4.4890	3.4423	4.3618	-2.4811	-3.0898	-3.5455	2.7970	0.1823
1.628222D+07	4.4912	3.4448	4.3630	-2.4833	-3.0919	-3.5476	2.8100	0.1820
1.630638D+07	4.4932	3.4488	4.3644	-2.4838	-3.0918	-3.5471	2.8190	0.1818
1.632620D+07	4.4950	3.4538	4.3662	-2.4850	-3.0928	-3.5480	2.8270	0.1816
1.634247D+07	4.4971	3.4572	4.3675	-2.4869	-3.0945	-3.5497	2.8390	0.1813
1.635542D+07	4.4992	3.4627	4.3694	-2.4883	-3.0960	-3.5512	2.8470	0.1811

Tabla F.14 (Continuación)

log m = 1.0997								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
1.636605D+07	4.5010	3.4694	4.3716	-2.4888	-3.0965	-3.5518	2.8520	0.1810
1.637478D+07	4.5028	3.4766	4.3738	-2.4908	-3.0989	-3.5541	2.8570	0.1809
1.638195D+07	4.5046	3.4841	4.3761	-2.4900	-3.0976	-3.5527	2.8610	0.1808
1.638784D+07	4.5064	3.4917	4.3785	-2.4916	-3.0995	-3.5545	2.8660	0.1807
1.639268D+07	4.5082	3.4992	4.3808	-2.4921	-3.0998	-3.5546	2.8700	0.1806
1.639667D+07	4.5100	3.5065	4.3831	-2.4934	-3.1013	-3.5563	2.8750	0.1805
1.639996D+07	4.5120	3.5135	4.3853	-2.4932	-3.1005	-3.5550	2.8810	0.1804
1.640266D+07	4.5141	3.5204	4.3876	-2.4941	-3.1014	-3.5560	2.8870	0.1802
1.640490D+07	4.5160	3.5266	4.3896	-2.4954	-3.1024	-3.5567	2.8940	0.1800
1.640675D+07	4.5181	3.5325	4.3916	-2.4968	-3.1039	-3.5582	2.9020	0.1798
1.640827D+07	4.5203	3.5381	4.3936	-2.4986	-3.1060	-3.5607	2.9100	0.1796
1.640954D+07	4.5225	3.5432	4.3954	-2.5009	-3.1083	-3.5629	2.9200	0.1794
1.641059D+07	4.5246	3.5479	4.3971	-2.5015	-3.1085	-3.5627	2.9290	0.1792
1.641145D+07	4.5266	3.5519	4.3986	-2.5040	-3.1111	-3.5654	2.9400	0.1788
1.641217D+07	4.5288	3.5557	4.4001	-2.5064	-3.1137	-3.5682	2.9520	0.1785
1.641275D+07	4.5310	3.5592	4.4015	-2.5084	-3.1156	-3.5702	2.9640	0.1783
1.641318D+07	4.5335	3.5621	4.4029	-2.5105	-3.1178	-3.5724	2.9770	0.1780
1.641344D+07	4.5367	3.5648	4.4043	-2.5139	-3.1207	-3.5750	3.0070	0.1774
1.641370D+07	4.5400	3.5674	4.4058	-2.5175	-3.1242	-3.5785	3.0340	0.1769
1.641396D+07	4.5430	3.5700	4.4072	-2.5208	-3.1273	-3.5817	3.0600	0.1764
1.641448D+07	4.5477	3.5747	4.4096	-2.5259	-3.1323	-3.5866	3.1080	0.1756
1.641552D+07	4.5515	3.5803	4.4119	-2.5290	-3.1347	-3.5888	3.1790	0.1749
1.641759D+07	4.5436	3.5680	4.4069	-2.5232	-3.1287	-3.5830	3.2750	0.1752
1.642175D+07	4.5358	3.4507	4.3756	-2.5396	-3.1443	-3.5999	3.6690	0.1722
1.642383D+07	4.5367	3.3690	4.3554	-2.5599	-3.1652	-3.6226	3.9700	0.1693
1.642591D+07	4.5417	3.2686	4.3315	-2.5886	-3.1948	-3.6544	4.3730	0.1655
1.642799D+07	4.5490	3.1540	4.3047	-2.6246	-3.2335	-3.6966	4.8940	0.1609
1.643007D+07	4.5540	3.0266	4.2741	-2.6614	-3.2735	-3.7401	5.5470	0.1564
1.643215D+07	4.5569	2.8835	4.2391	-2.7015	-3.3186	-3.7897	6.3910	0.1519
1.643423D+07	4.5559	2.7183	4.1975	-2.7445	-3.3671	-3.8419	7.5320	0.1475
1.643631D+07	4.5521	2.5208	4.1472	-2.7964	-3.4254	-3.9025	9.1850	0.1424
1.643839D+07	4.5432	2.2685	4.0819	-2.8606	-3.4942	-3.9684	0.0000	0.1364
1.643943D+07	4.5372	2.1205	4.0434	-2.8992	-3.5327	-4.0022	0.0000	0.1329
1.644047D+07	4.5271	1.9407	3.9959	-2.9407	-3.5688	-4.0288	0.0000	0.1289
1.644151D+07	4.5141	1.7091	3.9348	-2.9861	-3.5994	-4.0417	0.0000	0.1238
1.644203D+07	4.5054	1.5752	3.8991	-3.0016	-3.5995	-4.0265	0.0000	0.1212
1.644255D+07	4.4942	1.4204	3.8576	-2.9966	-3.5669	-3.9682	0.0000	0.1191
1.644307D+07	4.4784	1.2329	3.8068	-2.9578	-3.4828	-3.8439	0.0000	0.1179
1.644333D+07	4.4672	1.1280	3.7778	-2.9233	-3.4207	-3.7583	0.0000	0.1179
1.644359D+07	4.4524	1.0090	3.7443	-2.8678	-3.3305	-3.6391	0.0000	0.1186



Tabla F.15								
log m = 1.1998								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
0.000000D+00	4.3484	4.2672	4.5078	-1.7708	-2.4257	-2.8908	1.3760	0.2894
1.000000D+04	4.3485	4.2670	4.5078	-1.7710	-2.4259	-2.8910	1.3760	0.2893
3.000000D+04	4.3490	4.2666	4.5078	-1.7715	-2.4264	-2.8915	1.3760	0.2893
7.000000D+04	4.3499	4.2656	4.5078	-1.7727	-2.4275	-2.8926	1.3770	0.2891
1.500000D+05	4.3518	4.2637	4.5078	-1.7750	-2.4298	-2.8948	1.3790	0.2887
3.100000D+05	4.3556	4.2598	4.5078	-1.7798	-2.4344	-2.8993	1.3840	0.2880
6.300000D+05	4.3632	4.2518	4.5077	-1.7894	-2.4437	-2.9083	1.3920	0.2865
1.270000D+06	4.3785	4.2353	4.5074	-1.8093	-2.4628	-2.9269	1.4110	0.2834
2.509883D+06	4.4095	4.2004	4.5064	-1.8509	-2.5023	-2.9651	1.4510	0.2770
3.601260D+06	4.4415	4.1628	4.5050	-1.8950	-2.5432	-3.0042	1.4970	0.2703
4.507041D+06	4.4667	4.1286	4.5028	-1.9318	-2.5775	-3.0376	1.5370	0.2646
5.332854D+06	4.4914	4.0931	4.5001	-1.9698	-2.6130	-3.0727	1.5820	0.2590
6.038406D+06	4.5157	4.0562	4.4969	-2.0080	-2.6484	-3.1071	1.6290	0.2531
6.684537D+06	4.5385	4.0190	4.4933	-2.0448	-2.6824	-3.1402	1.6790	0.2475
7.255684D+06	4.5584	3.9836	4.4894	-2.0781	-2.7129	-3.1701	1.7270	0.2425
7.779884D+06	4.5804	3.9429	4.4848	-2.1163	-2.7478	-3.2042	1.7860	0.2367
8.225431D+06	4.5977	3.9069	4.4801	-2.1471	-2.7760	-3.2317	1.8380	0.2320
8.635325D+06	4.6143	3.8701	4.4751	-2.1781	-2.8044	-3.2598	1.8930	0.2274
9.008690D+06	4.6306	3.8323	4.4697	-2.2080	-2.8325	-3.2881	1.9510	0.2231
9.327209D+06	4.6438	3.7975	4.4643	-2.2335	-2.8553	-3.3104	2.0060	0.2192
9.620593D+06	4.6603	3.7546	4.4577	-2.2679	-2.8873	-3.3418	2.0800	0.2139
9.884415D+06	4.6725	3.7192	4.4519	-2.2934	-2.9112	-3.3657	2.1410	0.2100
1.012703D+07	4.6848	3.6816	4.4455	-2.3200	-2.9370	-3.3923	2.2070	0.2063
1.034012D+07	4.6966	3.6435	4.4390	-2.3456	-2.9606	-3.4156	2.2790	0.2023
1.053153D+07	4.7062	3.6105	4.4331	-2.3675	-2.9815	-3.4367	2.3430	0.1990
1.070685D+07	4.7150	3.5786	4.4273	-2.3888	-3.0023	-3.4581	2.4080	0.1960
1.086714D+07	4.7247	3.5430	4.4209	-2.4119	-3.0249	-3.4813	2.4830	0.1927
1.100687D+07	4.7321	3.5151	4.4157	-2.4288	-3.0409	-3.4975	2.5450	0.1901
1.113392D+07	4.7395	3.4861	4.4103	-2.4475	-3.0594	-3.5167	2.6130	0.1874
1.124636D+07	4.7455	3.4628	4.4060	-2.4625	-3.0741	-3.5318	2.6720	0.1853
1.134785D+07	4.7509	3.4430	4.4024	-2.4759	-3.0872	-3.5454	2.7270	0.1834
1.143168D+07	4.7559	3.4224	4.3985	-2.4891	-3.1000	-3.5585	2.7860	0.1816
1.149870D+07	4.7603	3.4103	4.3966	-2.4964	-3.1081	-3.5675	2.8230	0.1808
1.155089D+07	4.7650	3.3964	4.3943	-2.5084	-3.1195	-3.5788	2.8760	0.1787
1.159361D+07	4.7678	3.3910	4.3937	-2.5144	-3.1254	-3.5849	2.9050	0.1779
1.162862D+07	4.7704	3.3884	4.3936	-2.5190	-3.1300	-3.5896	2.9290	0.1773
1.165734D+07	4.7726	3.3878	4.3940	-2.5228	-3.1337	-3.5934	2.9500	0.1767
1.168093D+07	4.7746	3.3888	4.3948	-2.5258	-3.1366	-3.5964	2.9670	0.1763
1.170031D+07	4.7763	3.3907	4.3957	-2.5284	-3.1390	-3.5987	2.9830	0.1759

Tabla F.15 (Continuación)

log m = 1.1998								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
1.171626D+07	4.7777	3.3935	4.3968	-2.5308	-3.1410	-3.6004	2.9970	0.1756
1.172939D+07	4.7793	3.3981	4.3983	-2.5326	-3.1428	-3.6023	3.0080	0.1754
1.174020D+07	4.7809	3.4036	4.4001	-2.5337	-3.1439	-3.6033	3.0170	0.1752
1.174910D+07	4.7827	3.4104	4.4022	-2.5345	-3.1448	-3.6042	3.0230	0.1750
1.175643D+07	4.7843	3.4165	4.4041	-2.5356	-3.1459	-3.6052	3.0300	0.1748
1.176239D+07	4.7858	3.4229	4.4061	-2.5364	-3.1466	-3.6059	3.0380	0.1747
1.176730D+07	4.7874	3.4297	4.4082	-2.5372	-3.1474	-3.6068	3.0440	0.1746
1.177135D+07	4.7889	3.4367	4.4103	-2.5385	-3.1488	-3.6080	3.0510	0.1744
1.177469D+07	4.7905	3.4440	4.4126	-2.5390	-3.1493	-3.6086	3.0560	0.1743
1.177745D+07	4.7921	3.4508	4.4147	-2.5400	-3.1502	-3.6093	3.0630	0.1742
1.177972D+07	4.7937	3.4574	4.4167	-2.5410	-3.1511	-3.6101	3.0710	0.1740
1.178161D+07	4.7955	3.4637	4.4187	-2.5421	-3.1520	-3.6107	3.0790	0.1738
1.178316D+07	4.7972	3.4698	4.4207	-2.5420	-3.1520	-3.6109	3.0860	0.1738
1.178439D+07	4.7987	3.4747	4.4223	-2.5441	-3.1541	-3.6128	3.0970	0.1735
1.178541D+07	4.8002	3.4789	4.4237	-2.5460	-3.1556	-3.6141	3.1100	0.1732
1.178626D+07	4.8021	3.4831	4.4252	-2.5474	-3.1567	-3.6154	3.1220	0.1730
1.178696D+07	4.8041	3.4869	4.4267	-2.5497	-3.1591	-3.6177	3.1350	0.1727
1.178754D+07	4.8059	3.4906	4.4281	-2.5516	-3.1610	-3.6196	3.1490	0.1724
1.178801D+07	4.8077	3.4939	4.4293	-2.5536	-3.1628	-3.6215	3.1630	0.1721
1.178837D+07	4.8095	3.4968	4.4305	-2.5563	-3.1657	-3.6244	3.1770	0.1718
1.178866D+07	4.8117	3.4996	4.4318	-2.5591	-3.1684	-3.6270	3.1990	0.1713
1.178884D+07	4.8148	3.5027	4.4333	-2.5632	-3.1724	-3.6311	3.2310	0.1707
1.178902D+07	4.8177	3.5056	4.4348	-2.5670	-3.1762	-3.6349	3.2620	0.1702
1.178920D+07	4.8206	3.5084	4.4362	-2.5700	-3.1786	-3.6370	3.2930	0.1696
1.178956D+07	4.8254	3.5139	4.4387	-2.5764	-3.1850	-3.6434	3.3500	0.1687
1.179029D+07	4.8309	3.5220	4.4422	-2.5836	-3.1920	-3.6505	3.4430	0.1675
1.179173D+07	4.8294	3.5193	4.4411	-2.5823	-3.1902	-3.6487	3.5680	0.1673
1.179463D+07	4.8214	3.4224	4.4149	-2.5942	-3.2023	-3.6623	3.9830	0.1650
1.179608D+07	4.8244	3.3526	4.3982	-2.6155	-3.2238	-3.6853	4.2890	0.1622
1.179752D+07	4.8292	3.2619	4.3767	-2.6443	-3.2546	-3.7187	4.7290	0.1585
1.179897D+07	4.8338	3.1555	4.3513	-2.6776	-3.2904	-3.7580	5.2900	0.1544
1.180042D+07	4.8377	3.0330	4.3216	-2.7169	-3.3335	-3.8051	6.0170	0.1500
1.180187D+07	4.8417	2.8939	4.2878	-2.7605	-3.3827	-3.8592	6.9690	0.1452
1.180331D+07	4.8428	2.7334	4.2480	-2.8088	-3.4376	-3.9190	8.2590	0.1403
1.180476D+07	4.8418	2.5424	4.2000	-2.8670	-3.5038	-3.9888	0.0000	0.1349
1.180621D+07	4.8370	2.3063	4.1398	-2.9370	-3.5805	-4.0650	0.0000	0.1287
1.180693D+07	4.8325	2.1710	4.1048	-2.9764	-3.6210	-4.1019	0.0000	0.1254
1.180729D+07	4.8307	2.0981	4.0861	-2.9996	-3.6441	-4.1220	0.0000	0.1235
1.180802D+07	4.8229	1.9293	4.0420	-3.0452	-3.6856	-4.1544	0.0000	0.1195
1.180874D+07	4.8117	1.7193	3.9867	-3.0949	-3.7229	-4.1753	0.0000	0.1148
1.180910D+07	4.8048	1.5983	3.9547	-3.1180	-3.7348	-4.1755	0.0000	0.1121



Tabla F.16								
log m = 1.2999								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
0.000000D+00	4.6255	4.2578	4.5496	-1.7349	-2.3858	-2.8494	1.3490	0.2945
1.000000D+04	4.6245	4.2577	4.5494	-1.7346	-2.3859	-2.8500	1.3480	0.2947
3.000000D+04	4.6256	4.2568	4.5495	-1.7359	-2.3872	-2.8514	1.3500	0.2944
7.000000D+04	4.6272	4.2555	4.5496	-1.7374	-2.3881	-2.8517	1.3510	0.2942
1.100000D+05	4.6266	4.2561	4.5496	-1.7360	-2.3868	-2.8504	1.3500	0.2945
1.900000D+05	4.6284	4.2530	4.5493	-1.7410	-2.3915	-2.8553	1.3540	0.2938
3.500000D+05	4.6321	4.2491	4.5492	-1.7457	-2.3961	-2.8599	1.3580	0.2931
6.700000D+05	4.6461	4.2354	4.5493	-1.7643	-2.4142	-2.8772	1.3740	0.2901
1.310000D+06	4.6657	4.2127	4.5485	-1.7936	-2.4429	-2.9054	1.4010	0.2856
2.177670D+06	4.6960	4.1771	4.5472	-1.8393	-2.4873	-2.9491	1.4440	0.2785
2.929034D+06	4.7242	4.1408	4.5451	-1.8846	-2.5308	-2.9921	1.4900	0.2716
3.579812D+06	4.7494	4.1046	4.5424	-1.9274	-2.5714	-3.0316	1.5360	0.2650
4.175182D+06	4.7730	4.0683	4.5392	-1.9689	-2.6102	-3.0696	1.5850	0.2588
4.690668D+06	4.7937	4.0329	4.5356	-2.0075	-2.6462	-3.1050	1.6320	0.2530
5.164022D+06	4.8167	3.9928	4.5313	-2.0513	-2.6874	-3.1454	1.6910	0.2462
5.592391D+06	4.8369	3.9534	4.5265	-2.0915	-2.7246	-3.1822	1.7490	0.2403
5.956398D+06	4.8538	3.9164	4.5215	-2.1275	-2.7580	-3.2152	1.8050	0.2349
6.291950D+06	4.8706	3.8776	4.5159	-2.1641	-2.7921	-3.2491	1.8660	0.2295
6.596161D+06	4.8879	3.8352	4.5097	-2.2029	-2.8283	-3.2851	1.9370	0.2237
6.862156D+06	4.9024	3.7960	4.5035	-2.2367	-2.8599	-3.3165	2.0040	0.2186
7.103119D+06	4.9160	3.7561	4.4969	-2.2703	-2.8917	-3.3485	2.0750	0.2137
7.321226D+06	4.9278	3.7180	4.4904	-2.3006	-2.9204	-3.3775	2.1440	0.2092
7.421792D+06	4.9339	3.6984	4.4870	-2.3165	-2.9356	-3.3929	2.1820	0.2069
7.613066D+06	4.9453	3.6604	4.4803	-2.3434	-2.9619	-3.4203	2.2520	0.2033
7.776952D+06	4.9571	3.6147	4.4719	-2.3799	-2.9966	-3.4549	2.3500	0.1977
7.927680D+06	4.9661	3.5788	4.4651	-2.4057	-3.0216	-3.4803	2.4270	0.1939
8.066052D+06	4.9751	3.5405	4.4578	-2.4323	-3.0473	-3.5066	2.5130	0.1901
8.190107D+06	4.9826	3.5068	4.4513	-2.4564	-3.0715	-3.5319	2.5920	0.1868
8.303548D+06	4.9895	3.4754	4.4451	-2.4781	-3.0928	-3.5539	2.6710	0.1837
8.406987D+06	4.9968	3.4434	4.4390	-2.4976	-3.1133	-3.5759	2.7480	0.1815
8.494675D+06	5.0038	3.4065	4.4315	-2.5241	-3.1384	-3.6009	2.8560	0.1773
8.574053D+06	5.0094	3.3789	4.4260	-2.5432	-3.1575	-3.6206	2.9380	0.1747
8.639718D+06	5.0137	3.3589	4.4220	-2.5584	-3.1732	-3.6373	3.0060	0.1727
8.693532D+06	5.0174	3.3433	4.4191	-2.5704	-3.1854	-3.6500	3.0640	0.1710
8.737724D+06	5.0205	3.3316	4.4169	-2.5804	-3.1955	-3.6606	3.1140	0.1697
8.774076D+06	5.0237	3.3197	4.4147	-2.5904	-3.2059	-3.6717	3.1660	0.1684
8.803384D+06	5.0262	3.3134	4.4138	-2.5975	-3.2130	-3.6791	3.2050	0.1674
8.827531D+06	5.0283	3.3107	4.4136	-2.6026	-3.2183	-3.6846	3.2340	0.1667
8.847436D+06	5.0302	3.3098	4.4139	-2.6069	-3.2226	-3.6890	3.2600	0.1662
8.863858D+06	5.0319	3.3104	4.4145	-2.6104	-3.2261	-3.6926	3.2830	0.1657



Tabla F.16 (Continuación)

$\log m = 1.2999$   
 $X = 0.70 \quad Z = 0.02 \quad \alpha = 0.25$

Edad	$\log L/L_{\odot}$	$\log g$	$\log T_{ef}$	$\log k_2$	$\log k_3$	$\log k_4$	$\alpha$	$\beta$
8.877413D+06	5.0334	3.3122	4.4153	-2.6133	-3.2287	-3.6950	3.3030	0.1652
8.888608D+06	5.0348	3.3150	4.4164	-2.6157	-3.2310	-3.6972	3.3210	0.1649
8.897857D+06	5.0362	3.3191	4.4177	-2.6176	-3.2328	-3.6989	3.3350	0.1646
8.905502D+06	5.0375	3.3240	4.4193	-2.6191	-3.2341	-3.7002	3.3470	0.1643
8.911823D+06	5.0387	3.3296	4.4210	-2.6203	-3.2352	-3.7012	3.3580	0.1641
8.917049D+06	5.0400	3.3357	4.4228	-2.6213	-3.2361	-3.7019	3.3670	0.1640
8.921372D+06	5.0412	3.3421	4.4247	-2.6221	-3.2368	-3.7025	3.3760	0.1638
8.924950D+06	5.0425	3.3488	4.4267	-2.6224	-3.2366	-3.7021	3.3850	0.1637
8.927911D+06	5.0438	3.3556	4.4288	-2.6226	-3.2369	-3.7023	3.3920	0.1636
8.930363D+06	5.0451	3.3622	4.4307	-2.6235	-3.2376	-3.7030	3.4010	0.1635
8.932394D+06	5.0464	3.3687	4.4327	-2.6250	-3.2387	-3.7038	3.4100	0.1633
8.934078D+06	5.0477	3.3749	4.4346	-2.6254	-3.2395	-3.7048	3.4170	0.1633
8.935403D+06	5.0491	3.3792	4.4360	-2.6270	-3.2409	-3.7061	3.4320	0.1630
8.936506D+06	5.0506	3.3834	4.4374	-2.6289	-3.2427	-3.7079	3.4470	0.1627
8.937421D+06	5.0519	3.3870	4.4386	-2.6310	-3.2446	-3.7096	3.4650	0.1624
8.938180D+06	5.0535	3.3911	4.4400	-2.6330	-3.2466	-3.7116	3.4810	0.1621
8.938808D+06	5.0551	3.3950	4.4414	-2.6356	-3.2494	-3.7146	3.4970	0.1618
8.939329D+06	5.0567	3.3988	4.4428	-2.6375	-3.2514	-3.7166	3.5130	0.1615
8.939759D+06	5.0583	3.4024	4.4441	-2.6393	-3.2533	-3.7186	3.5280	0.1612
8.940092D+06	5.0598	3.4057	4.4453	-2.6414	-3.2553	-3.7206	3.5450	0.1610
8.940349D+06	5.0611	3.4084	4.4463	-2.6435	-3.2572	-3.7225	3.5640	0.1607
8.940546D+06	5.0647	3.4136	4.4485	-2.6488	-3.2617	-3.7263	3.6200	0.1598
8.940744D+06	5.0683	3.4185	4.4506	-2.6543	-3.2672	-3.7320	3.6730	0.1590
8.940843D+06	5.0700	3.4209	4.4516	-2.6571	-3.2700	-3.7348	3.7010	0.1586
8.941040D+06	5.0732	3.4256	4.4536	-2.6622	-3.2749	-3.7398	3.7530	0.1579
8.941436D+06	5.0784	3.4343	4.4571	-2.6705	-3.2832	-3.7481	3.8500	0.1567
8.942226D+06	5.0832	3.4439	4.4607	-2.6785	-3.2912	-3.7563	4.0030	0.1555
8.943807D+06	5.0798	3.4190	4.4536	-2.6778	-3.2899	-3.7551	4.2660	0.1549
8.945388D+06	5.0758	3.3358	4.4318	-2.6920	-3.3050	-3.7723	4.7180	0.1527
8.946178D+06	5.0883	3.2928	4.4242	-2.7282	-3.3434	-3.8125	4.9460	0.1490
8.946969D+06	5.0963	3.2373	4.4123	-2.7596	-3.3766	-3.8482	5.3580	0.1454
8.947759D+06	5.1024	3.1748	4.3982	-2.7883	-3.4078	-3.8822	5.8000	0.1422
8.949340D+06	5.1081	3.0241	4.3620	-2.8424	-3.4677	-3.9480	6.9120	0.1363
8.950921D+06	5.1124	2.8398	4.3169	-2.9083	-3.5420	-4.0296	8.5370	0.1299
8.952502D+06	5.1148	2.6100	4.2601	-2.9925	-3.6381	-4.1326	0.0000	0.1224
8.953292D+06	5.1146	2.4778	4.2270	-3.0408	-3.6928	-4.1894	0.0000	0.1185
8.954083D+06	5.1130	2.3241	4.1882	-3.0973	-3.7550	-4.2512	0.0000	0.1141
8.954873D+06	5.1102	2.1440	4.1425	-3.1637	-3.8240	-4.3152	0.0000	0.1091
8.955664D+06	5.1073	1.9365	4.0899	-3.2397	-3.8959	-4.3745	0.0000	0.1032
8.956059D+06	5.1050	1.8226	4.0608	-3.2784	-3.9280	-4.3968	0.0000	0.1001

Tabla F.16 (Continuación)								
log m = 1.2999								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
8.956256D+06	5.1035	1.7628	4.0455	-3.2978	-3.9431	-4.4064	0.0000	0.0985
8.956652D+06	5.1003	1.6326	4.0121	-3.3376	-3.9714	-4.4214	0.0000	0.0951
8.957047D+06	5.0961	1.4879	3.9749	-3.3754	-3.9923	-4.4251	0.0000	0.0914
8.957244D+06	5.0938	1.4105	3.9550	-3.3913	-3.9970	-4.4195	0.0000	0.0895
8.957442D+06	5.0910	1.3291	3.9339	-3.4049	-3.9976	-4.4082	0.0000	0.0876

Tabla F.17								
log m = 1.3998								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
0.000000D+00	4.8812	4.2501	4.5868	-1.7034	-2.3500	-2.8126	1.3260	0.2994
3.000000D+05	4.8921	4.2387	4.5866	-1.7204	-2.3668	-2.8292	1.3400	0.2969
9.000000D+05	4.9176	4.2092	4.5856	-1.7624	-2.4091	-2.8713	1.3760	0.2902
1.561264D+06	4.9439	4.1758	4.5839	-1.8086	-2.4547	-2.9164	1.4180	0.2831
2.153319D+06	4.9688	4.1415	4.5815	-1.8547	-2.4997	-2.9610	1.4620	0.2760
2.684259D+06	4.9938	4.1048	4.5786	-1.9032	-2.5466	-3.0073	1.5120	0.2686
3.150217D+06	5.0170	4.0671	4.5750	-1.9509	-2.5923	-3.0526	1.5650	0.2614
3.558951D+06	5.0359	4.0319	4.5709	-1.9933	-2.6325	-3.0923	1.6160	0.2550
3.935960D+06	5.0566	3.9916	4.5660	-2.0409	-2.6776	-3.1370	1.6770	0.2479
4.266407D+06	5.0746	3.9526	4.5607	-2.0849	-2.7191	-3.1783	1.7380	0.2413
4.563578D+06	5.0903	3.9152	4.5553	-2.1250	-2.7569	-3.2158	1.7980	0.2353
4.838410D+06	5.1079	3.8708	4.5486	-2.1716	-2.8006	-3.2592	1.8740	0.2284
5.078193D+06	5.1213	3.8317	4.5422	-2.2108	-2.8379	-3.2968	1.9420	0.2227
5.300235D+06	5.1349	3.7902	4.5352	-2.2510	-2.8762	-3.3354	2.0180	0.2169
5.401376D+06	5.1408	3.7708	4.5318	-2.2691	-2.8933	-3.3525	2.0550	0.2142
5.502516D+06	5.1486	3.7437	4.5270	-2.2903	-2.9148	-3.3754	2.1080	0.2106
5.603657D+06	5.1566	3.7164	4.5222	-2.3183	-2.9406	-3.4006	2.1620	0.2071
5.768440D+06	5.1670	3.6759	4.5146	-2.3535	-2.9745	-3.4351	2.2460	0.2020
5.920778D+06	5.1767	3.6355	4.5070	-2.3875	-3.0074	-3.4683	2.3330	0.1971
6.061449D+06	5.1863	3.5919	4.4985	-2.4228	-3.0417	-3.5034	2.4320	0.1922
6.125174D+06	5.1904	3.5723	4.4946	-2.4395	-3.0585	-3.5210	2.4780	0.1899
6.186393D+06	5.1960	3.5442	4.4890	-2.4625	-3.0803	-3.5426	2.5510	0.1862
6.241873D+06	5.1993	3.5278	4.4857	-2.4756	-3.0932	-3.5562	2.5910	0.1846
6.264830D+06	5.2019	3.5150	4.4831	-2.4851	-3.1025	-3.5655	2.6230	0.1832
6.318397D+06	5.2059	3.4944	4.4790	-2.4992	-3.1173	-3.5814	2.6720	0.1816
6.379617D+06	5.2106	3.4688	4.4738	-2.5184	-3.1364	-3.6012	2.7410	0.1789
6.474304D+06	5.2177	3.4274	4.4652	-2.5501	-3.1686	-3.6349	2.8570	0.1747
6.559247D+06	5.2241	3.3872	4.4568	-2.5796	-3.1985	-3.6663	2.9750	0.1709
6.635196D+06	5.2294	3.3549	4.4500	-2.6035	-3.2231	-3.6922	3.0800	0.1676
6.704212D+06	5.2341	3.3251	4.4437	-2.6262	-3.2463	-3.7167	3.1830	0.1647
6.764653D+06	5.2386	3.2961	4.4376	-2.6477	-3.2680	-3.7393	3.2890	0.1619
6.813975D+06	5.2421	3.2746	4.4331	-2.6650	-3.2860	-3.7583	3.3770	0.1597
6.854711D+06	5.2451	3.2575	4.4296	-2.6791	-3.3005	-3.7737	3.4540	0.1579
6.888408D+06	5.2477	3.2441	4.4269	-2.6863	-3.3103	-3.7854	3.5040	0.1579
6.914268D+06	5.2512	3.2273	4.4236	-2.7022	-3.3264	-3.8021	3.5880	0.1558
6.916939D+06	5.2529	3.2158	4.4211	-2.7128	-3.3368	-3.8127	3.6380	0.1541
6.932962D+06	5.2545	3.2043	4.4186	-2.7252	-3.3473	-3.8223	3.7170	0.1517
6.947611D+06	5.2558	3.1998	4.4178	-2.7305	-3.3527	-3.8280	3.7540	0.1510
7.001484D+06	5.2636	3.1967	4.4190	-2.7519	-3.3758	-3.8526	3.9180	0.1488
7.007223D+06	5.2648	3.2004	4.4202	-2.7544	-3.3784	-3.8553	3.9380	0.1485



Tabla F.17 (Continuación)

log m = 1.3998								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
7.011979D+06	5.2660	3.2049	4.4216	-2.7562	-3.3801	-3.8570	3.9550	0.1482
7.015920D+06	5.2671	3.2099	4.4232	-2.7577	-3.3815	-3.8582	3.9720	0.1480
7.019187D+06	5.2681	3.2157	4.4249	-2.7579	-3.3811	-3.8575	3.9850	0.1479
7.021896D+06	5.2692	3.2214	4.4266	-2.7589	-3.3820	-3.8583	4.0000	0.1477
7.024142D+06	5.2703	3.2272	4.4283	-2.7600	-3.3830	-3.8592	4.0130	0.1475
7.026005D+06	5.2714	3.2330	4.4300	-2.7615	-3.3844	-3.8606	4.0270	0.1473
7.027551D+06	5.2725	3.2388	4.4317	-2.7626	-3.3854	-3.8614	4.0410	0.1471
7.028835D+06	5.2736	3.2444	4.4334	-2.7639	-3.3865	-3.8625	4.0560	0.1470
7.029901D+06	5.2747	3.2498	4.4350	-2.7651	-3.3876	-3.8635	4.0710	0.1468
7.030786D+06	5.2759	3.2550	4.4366	-2.7664	-3.3888	-3.8645	4.0860	0.1466
7.031522D+06	5.2770	3.2600	4.4382	-2.7681	-3.3906	-3.8663	4.1020	0.1464
7.032134D+06	5.2782	3.2647	4.4396	-2.7702	-3.3928	-3.8685	4.1190	0.1461
7.032642D+06	5.2793	3.2691	4.4410	-2.7719	-3.3943	-3.8700	4.1370	0.1459
7.033063D+06	5.2806	3.2733	4.4424	-2.7733	-3.3957	-3.8714	4.1560	0.1457
7.033411D+06	5.2818	3.2772	4.4437	-2.7751	-3.3974	-3.8731	4.1760	0.1454
7.033696D+06	5.2830	3.2809	4.4449	-2.7770	-3.3993	-3.8749	4.1970	0.1452
7.033926D+06	5.2843	3.2844	4.4461	-2.7792	-3.4014	-3.8770	4.2210	0.1449
7.034104D+06	5.2880	3.2912	4.4487	-2.7863	-3.4083	-3.8836	4.3010	0.1439
7.034193D+06	5.2897	3.2944	4.4499	-2.7896	-3.4117	-3.8874	4.3380	0.1435
7.034281D+06	5.2913	3.2977	4.4512	-2.7927	-3.4148	-3.8905	4.3770	0.1431
7.034459D+06	5.2944	3.3044	4.4536	-2.7984	-3.4205	-3.8961	4.4520	0.1423
7.034814D+06	5.2996	3.3170	4.4581	-2.8081	-3.4297	-3.9051	4.5950	0.1410
7.035524D+06	5.3058	3.3339	4.4638	-2.8191	-3.4405	-3.9158	4.8430	0.1393
7.036944D+06	5.3062	3.3126	4.4586	-2.8268	-3.4483	-3.9243	5.2900	0.1379
7.038364D+06	5.3034	3.2205	4.4349	-2.8465	-3.4703	-3.9494	6.0190	0.1352
7.039074D+06	5.3156	3.1686	4.4250	-2.8926	-3.5199	-4.0022	6.3660	0.1311
7.039784D+06	5.3244	3.0990	4.4098	-2.9384	-3.5699	-4.0563	7.0950	0.1265
7.040494D+06	5.3300	3.0200	4.3914	-2.9788	-3.6146	-4.1049	7.8990	0.1226
7.041915D+06	5.3358	2.8205	4.3430	-3.0635	-3.7105	-4.2099	0.0000	0.1151
7.043335D+06	5.3428	2.5882	4.2867	-3.1742	-3.8361	-4.3438	0.0000	0.1063
7.044755D+06	5.3469	2.2970	4.2149	-3.3139	-3.9895	-4.4973	0.0000	0.0965
7.045465D+06	5.3481	2.1261	4.1725	-3.4012	-4.0814	-4.5841	0.0000	0.0909
7.045820D+06	5.3485	2.0352	4.1498	-3.4443	-4.1222	-4.6179	0.0000	0.0880
7.046175D+06	5.3490	1.9387	4.1258	-3.4898	-4.1638	-4.6509	0.0000	0.0850
7.046530D+06	5.3496	1.8365	4.1004	-3.5383	-4.2057	-4.6822	0.0000	0.0817
7.046708D+06	5.3501	1.7834	4.0873	-3.5632	-4.2262	-4.6967	0.0000	0.0800
7.046885D+06	5.3503	1.7296	4.0739	-3.5872	-4.2448	-4.7085	0.0000	0.0784
7.047063D+06	5.3508	1.6739	4.0601	-3.6125	-4.2639	-4.7202	0.0000	0.0766
7.047240D+06	5.3512	1.6177	4.0461	-3.6366	-4.2806	-4.7291	0.0000	0.0749
7.047418D+06	5.3516	1.5602	4.0319	-3.6609	-4.2968	-4.7367	0.0000	0.0731

Tabla F.17 (Continuación)

log m = 1.3998								
X = 0.70 Z = 0.02 $\alpha = 0.25$								
Edad	log L/L <sub>⊙</sub>	log g	log T <sub>ef</sub>	log k <sub>2</sub>	log k <sub>3</sub>	log k <sub>4</sub>	$\alpha$	$\beta$
7.047773D+06	5.3528	1.4433	4.0029	-3.7062	-4.3228	-4.7438	0.0000	0.0695
7.048128D+06	5.3539	1.3248	3.9736	-3.7453	-4.3383	-4.7381	0.0000	0.0660
7.048483D+06	5.3552	1.2055	3.9441	-3.7757	-4.3414	-4.7178	0.0000	0.0627
7.048660D+06	5.3557	1.1452	3.9292	-3.7862	-4.3365	-4.7004	0.0000	0.0611
7.049015D+06	5.3567	1.0283	3.9002	-3.7951	-4.3120	-4.6501	0.0000	0.0582
7.049193D+06	5.3572	0.9711	3.8860	-3.7917	-4.2898	-4.6140	0.0000	0.0570
7.049370D+06	5.3577	0.9151	3.8721	-3.7799	-4.2576	-4.5670	0.0000	0.0559
7.049725D+06	5.3587	0.8116	3.8465	-3.7361	-4.1702	-4.4488	0.0000	0.0542
7.049903D+06	5.3589	0.7651	3.8349	-3.7051	-4.1177	-4.3817	0.0000	0.0538
7.050080D+06	5.3596	0.7136	3.8222	-3.6655	-4.0542	-4.3024	0.0000	0.0532
7.050435D+06	5.3604	0.6249	3.8003	-3.5798	-3.9272	-4.1485	0.0000	0.0528
7.050613D+06	5.3609	0.5792	3.7889	-3.5319	-3.8597	-4.0688	0.0000	0.0527
7.050968D+06	5.3614	0.4947	3.7680	-3.4344	-3.7295	-3.9186	0.0000	0.0528
7.051145D+06	5.3617	0.4516	3.7573	-3.3812	-3.6607	-3.8402	0.0000	0.0531
7.051500D+06	5.3622	0.3718	3.7374	-3.2765	-3.5303	-3.6944	0.0000	0.0539
7.052211D+06	5.3630	0.2258	3.7011	-3.0609	-3.2737	-3.4125	0.0000	0.0572
7.052921D+06	5.3634	0.0945	3.6684	-2.8421	-3.0257	-3.1464	0.0000	0.0630
7.053631D+06	5.3634	-0.202	3.6397	-2.6310	-2.7952	-2.9044	0.0000	0.0715
7.054341D+06	5.3633	-0.1132	3.6164	-2.4452	-2.5988	-2.7023	0.0000	0.0819
7.054696D+06	5.3630	-0.1501	3.6072	-2.3655	-2.5164	-2.6187	0.0000	0.0875
7.055406D+06	5.3628	-0.2096	3.5922	-2.2286	-2.3772	-2.4792	0.0000	0.0989
7.056826D+06	5.3639	-0.2784	3.5753	-2.0594	-2.2089	-2.3128	0.0000	0.1167
7.057536D+06	5.3650	-0.2990	3.5704	-2.0078	-2.1583	-2.2632	0.0000	0.1231
7.058246D+06	5.3668	-0.3117	3.5677	-1.9782	-2.1294	-2.2349	0.0000	0.1270
7.058956D+06	5.3690	-0.3190	3.5664	-1.9648	-2.1161	-2.2218	0.0000	0.1288
7.059666D+06	5.3717	-0.3219	3.5664	-1.9647	-2.1156	-2.2209	0.0000	0.1285
7.060376D+06	5.3748	-0.3199	3.5676	-1.9797	-2.1295	-2.2341	0.0000	0.1261
7.061086D+06	5.3786	-0.3112	3.5708	-2.0139	-2.1619	-2.2652	0.0000	0.1210
7.061796D+06	5.3833	-0.2864	3.5782	-2.0917	-2.2375	-2.3388	0.0000	0.1112
7.062507D+06	5.3885	-0.2364	3.5920	-2.2290	-2.3729	-2.4720	0.0000	0.0965
7.062862D+06	5.3910	-0.1938	3.6032	-2.3326	-2.4774	-2.5763	0.0000	0.0874
7.063217D+06	5.3932	-0.1335	3.6188	-2.4689	-2.6170	-2.7172	0.0000	0.0774
7.063927D+06	5.3962	0.0520	3.6660	-2.8383	-3.0098	-3.1237	0.0000	0.0592
7.064282D+06	5.3963	0.1677	3.6949	-3.0449	-3.2387	-3.3665	0.0000	0.0531