

ACTIVITAT ASTRONÒMICA EN EL REGNE DE LA CORONA D'ARAGÓ: JACOB BEN DAVID BONJORN

Trini Cadefau Surroca (1) i M. A. Català Poch (2)

1) IES Pere Borrell. Puigcerdà

2) Departament d'Astronomia i Meteorologia. Universitat de Barcelona

Paraules clau: *astronomia a l'edat mitjana, Jacob ben David Bonjorn.*

The astronomical activity of the Regne de la Corona d'Aragó: Jacob ben David Bonjorn

Summary: For many students knowledge of science of Middle Ages is reduced to the Arabic world and it is usually the great unknown if it is compared to later periods because of the laws stated or because of the knowledge of some of the scientifics. We think that to introduce a mediaeval great astronomer, and locate him, could help us to give a general outlook of knowledge about this time, how they worked, their proceedings... and understand the break out, in the Renaissance, with a new idea of universe. In order to get our objective, we studied Jacob ben David Bonjorn's work, a Catalan Jewish astronomer from Perpinya (latitude 42°30' longitude 2°52' E) in the middle 14th Century.

Key words: *astronomy in Middle Ages, Jacob ben David Bonjorn.*

L'estudi de l'astronomia medieval ens proporciona una línia per veure quina ha estat la seva evolució i com des d'una astronomia basada en l'observació s'arriba a l'astronomia actual molt més teòrica i exacta. L'activitat està adreçada als alumnes de batxillerat (16-17 anys), ja sigui com a treball de recerca o com a apunt previ a l'estudi del camp gravitatori a l'assignatura de Física.

Els motius que ens han portat a centrar el treball en Jacob ben David Bonjorn són: primer, durant els segles XIII i XIV destaca un grup d'astrònoms, al qual pertany Jacob ben David Bonjorn, per les seves aportacions; la seva obra es troba reproduïda en bastants manuscrits i contribuïren a qüestionar les idees de Ptolemeu. Segon, Jacob ben David Bonjorn elaborà unes taules, fet que ens dóna peu a poder treballar a diferents nivells. I tercer, la proximitat geogràfica: Perpinyà, latitud 42° 30' i longitud 2° 52' E (Rosselló), està molt a prop de Puigcerdà, latitud 42° 26' i longitud 1° 56' E (Cerdanya), i han estat històricament unides, Comtat de Rosselló i Cerdanya.

Presentem un conjunt d'activitats que s'hauran d'ajustar i prioritzar d'acord amb els objectius que el professor determini. Es proposa:

1. Estudi del moviment aparent del Sol i el moviment de la Lluna

Actualment hem minimitzat la importància d'aquests dos astres a diferència d'èpoques anteriors, quan l'activitat de l'home en depenia molt més directament. Ens interessa que l'alumne conegui el seu moviment, i, encara que sigui qualitativament, quines condicions s'han de donar perquè hi hagi eclipsi.

Activitat 1. Observació del moviment aparent del Sol, moviment de la Lluna i els planetes.

Activitat 2. Conèixer alguns termes com: moviment directe, moviment retrògrad, sizígia, oposició, conjunció, equació del temps..., eclíptica, llunació, mes draconític, any draconític, mes anomalístic..., inclinació de l'òrbita lunar, argument de la latitud de la Lluna, cicle de recurrència Saros...

2. Pere II el Cerimoniós i la seva època

Una mica d'història ens ajudarà a situar el rei Pere el Cerimoniós en la seva època, i una anàlisi de l'activitat astronòmica en general ens ajudarà a ésser més crítics.

A principis del segle x els musulmans coneixien amb tota seguretat els diferents sistemes cosmològics de l'antiguitat a través de les traduccions, però possiblement per motius religiosos rebutjaren *a priori* qualsevol alteració del sistema astronòmic tradicional. Així, es dedicaren més a l'estudi del moviment dels planetes, i elaboraren unes doctrines que, deixant a part l'heliocentrisme, són molt properes a les desenvolupades per Copèrnic.

En el regne de Castella, entre els tractats científics del rei Alfons X el Savi (1221-1284), hi figuren els *Libros del saber de astronomia* que es basen en el geocentrisme d'Hiparc i Ptolemeu.

D'altra banda, en general, l'astronomia a l'edat mitjana estava fortament lligada a l'astrologia, moltes vegades l'estudi de la primera estava orientada a trobar una aplicació en la segona, és a dir, estava estesa la creença de la dependència dels esdeveniments segons la posició dels astres.

Activitat 1. És bàsic confeccionar un petit esquema cronològic i assenyalar alguns fets històrics importants que ajudin a situar-se.

Activitat 2. Fixada l'època, convé cercar algun esdeveniment local curiós.

3. Activitat astronòmica en el regne de la Corona d'Aragó

En el regne d'Aragó, a principis del segle xiv s'inicia una activitat astronòmica que comença amb Jaume II, el qual impulsa les observacions astronòmiques, i culmina amb Pere II el Cerimoniós amb la confecció de taules: d'aquesta època són els cànons i les taules de Jacob ben David Bonjorn. Joan I no continua l'obra astronòmica que cada cop s'orienta més a aspectes astrològics.

Els cànons que precedien les taules contenien les instruccions del seu maneig prescindint de tota consideració teòrica, en general hi ha molt poques referències als elements astronòmics i a les seves fonts.

Les taules astronòmiques solien contenir dades de les posicions i els moviments dels planetes, dades sobre el calendari i dades per al càlcul de les sizígies i els eclipsis... En general, es desconeixia en què estaven basades, i pels autors només calia que els càlculs realitzats amb elles estiguessin d'acord amb l'observació; normalment es barrejava el resultat de l'observació i els càlculs. Com a conseqüència, no es podrà conèixer el model utilitzat per determinar les posicions del Sol, la Lluna i els planetes en el qual estan basades les taules i només es podrà descobrir analitzant-ne detalladament el contingut i comparant-lo amb d'altres de l'època.

Activitat 1. En general, de l'edat mitjana es conserven cànons, taules i almanacs (un almanac és un calendari acompanyat de dades astronòmiques, pronòstics sobre el temps, dates de les festes anyals, fires, etc.). Aquests documents, quina informació proporcionaven?

Activitat 2. Determinar les pautes que segueix l'activitat astronòmica en la Corona d'Aragó i els documents que es conserven.

4. Jacob ben David Bonjorn

Jacob ben David Bonjorn sembla que nasqué a Girona als voltants del 1333, encara que la seva activitat l'associa a Perpinyà al servei del rei Pere el Cerimoniós. El seu pare, David Bonjorn del Barri, era també astrònom reconegut al servei de la casa reial. Jacob ben David Bonjorn elaborà unes taules dedicades a les conjuncions i oposicions del Sol i de la Lluna (sizígies), i als eclipsis, precedides d'uns cànons explicatius sobre el seu maneig. Aquestes taules estan calculades per la latitud de Perpinyà, data ràdix 1361, i completen les taules i l'almanac basats en les observacions fetes per Pere Gilbert i Dalmau Sesplanes i les taules de Barcelona de Jacob Corsumo. No es descarta que el seu pare participés activament a l'inici en la confecció de les taules (estructura i càlcul), encara que, a la seva mort, Jacob acabés el treball i escrivís els cànons. Concretament hi tenim:

— TAULA DE LES SIZÍGIES VERITABLES (no mitjanes). Van del 1361 al 1391, tots dos inclosos, en 31 subtaules una per a cada any del cicle. Per a cada una de les 767 sizígies del cicle, les 9 columnes de la taula ens proporcionen: tipus de sizígia, si és conjunció o oposició, l'any (que comença el dia 1 de març), el mes i el dia (que comença al migdia), el dia de la setmana (1, diumenge; 2, dilluns...), l'hora de la sizígia en hores i minuts, l'*equatio substraenda* en minuts i segons, paràmetre necessari per ampliar la taula de les sizígies a cicles posteriors o anteriors, posició del Sol per l'instant de la sizígia veritable en signes, graus i minuts (1 signe = 30° sexagesimals) i finalment l'argument de la latitud de la Lluna en signes, graus i minuts.

— TAULA DE LES CORRECCIONS DE LES POSICIONS DEL SOL I DE LA LLUNA. Taula de doble entrada: el mes que es dona el valor per dos dies, a principi i mitjan mes, i l'*equatio substraenda* en dues columnes, en la primera, la correcció del Sol veritable i la correcció de l'argument de la latitud de la Lluna i les dades en minuts i segons d'arc.

— TAULA DE PARALLAXI. Són dotze subtaules, cada una calculada pel dia d'entrada del Sol en el signe que correspon al mes i calculades per la ciutat de Perpinyà, dona els components de la paral·laxi en longitud i latitud. La variable d'entrada és el temps local en hores i minuts i s'especifica el temps d'hora en hora abans i després del migdia local o pas del Sol pel meridiana de Perpinyà.

— TAULA DELS ECLIPSIS DE SOL. En dues subtaules, és una taula de doble entrada, el component en latitud de paral·laxi en minuts d'arc de 3 en 3 i des de 6' fins a 51' (setze files) i l'argument de latitud de la Lluna especificat en mig grau. Per a cada valor de l'argument de la latitud lunar hi ha tres columnes, les dues primeres corresponen a la part eclipsada del diàmetre solar expressada en dígits i minuts de dígit ($60 \text{ md} = 1 \text{ d}$ i el diàmetre solar de 12 d). La tercera columna correspon a la semidurada de l'eclipsi en minuts de temps.

— TAULA DELS ECLIPSIS DE LLUNA. La variable d'entrada és l'argument de latitud de la Lluna especificat de mig grau en mig grau. Per a cada valor hi ha tres columnes. La primera ens dóna la part de diàmetre lunar eclipsat en dígits, la segona columna correspon a la semidurada de l'eclipsi en hores i minuts de temps, i la tercera, la semidurada de la totalitat en minuts.

Activitat 1. Analitzar el contingut de cada taula i saber-la interpretar concretant els valors de les taules a partir d'una data que s'escaigui dins del cicle bàsic:

Per exemple, el 28 de desembre de 1362, data en què Ponç Guillem de Lora com a procurador dels còsols de la Universitat de Puigcerdà presenta una súplica sobre el privilegi de lliure obtenció del blat concedit a la Cerdanya i al Barida (Arxiu Comarcal de la Cerdanya, fons municipal de Puigcerdà, pergamí). Així també permet donar un apunt sobre la vida a l'edat mitjana.

Si consultem les taules de Bonjorn: la sizígia més propera a aquesta data correspon al 31 de desembre de 1362, és a dir, 31.10.1362 (Bonjorn). Es tracta d'una oposició, cau en dissabte, dia 7, a les 5;51 h. L'*equatio substraenda* pren un valor de 25 14/17 min. La posició del Sol és: $9 \text{ s } 18^\circ 29' = 288^\circ 29'$, i l'argument de la longitud de la Lluna és $2 \text{ s } 23^\circ 46'$. Quant a la paral·laxi (geocèntrica): mes 10, dia d'entrada al signe (Capricornius), 13. La primera columna dóna el temps en hores i minuts: signe – (+) hores abans (després) del migdia local (pas del Sol pel meridià de Perpinyà). Així, a les 11 h 0 min (temps local), el valor del component en longitud en paral·laxi seria 0 h 20 min. I el component de la paral·laxi en latitud: $0^\circ 48' 27''$. Es tracta d'una oposició, només pot ser eclipsi de Lluna. Bonjorn limita el valor de l'argument de la latitud de la Lluna entre $5 \text{ s } 18^\circ$ i $6 \text{ s } 22^\circ$ i entre $11 \text{ s } 18^\circ$ i $0 \text{ s } 12^\circ$; en el nostre cas és $2 \text{ s } 23^\circ 46 \text{ min}$; per tant, no hi haurà eclipsi. Si consultem la taula de sizígies, l'eclipsi de Lluna visible des de Perpinyà més proper a aquesta data s'escau el 29.01.1363, a les 17 h 28 min (o les 5;28 h del dia julià següent, ja que el dia comença al migdia), abans de la sortida del Sol (6 h 0 min); l'argument de la latitud de la Lluna és $5 \text{ s } 27^\circ 18'$. De la taula dels eclipsis de Lluna: la part del diàmetre lunar eclipsada és d'uns 13 dits i 2 min, la semidurada de l'eclipsi és 1 h 37 min, i la semidurada de la totalitat, 22 min.

Activitat 2. Comparar la informació sobre l'eclipsi amb la d'un anuari actual o pàgina web d'algun observatori o el *Calendari del Pagès*.

Activitat 3. Expressar quantitats en notació sexagesimal i viceversa.

Activitat 4. Buscar el significat dels termes que s'utilitzen a les taules i saber per a què són necessaris, encara que només sigui qualitativament, i/o comparar algun dels valors que utilitza en els càlculs amb els actuals.

Activitat 5. Bonjorn determina les posicions del Sol sobre l'eclíptica emprant les taules de Levi ben Gerson, basades en un model excèntric senzill. Com és aquest model?

Activitat 6. Recalculer a partir de les taules de Levi ben Gerson alguna de les sizígies de les taules per veure el procés i així prendre consciència del gran treball de càlcul.

Activitat 7. Jacob ben David Bonjorn troba un cicle de recurrència de les sizígies, o equivalentment de la geometria del sistema Terra Lluna i Sol d'una durada de 31 anys egipcis, 9 d, 23 h, 34 min, 10;35,18 s = 11.324,982067 d, fet que permetrà atribuir a les taules un caràcter perpetu. En què es diferencia del cicle de recurrència Saros?

Activitat 8. Calcular per a una data anterior/posterior al cicle bàsic quin dia va tenir lloc la sizígia més propera:

— Proposta I: en el dietari de Puigcerdà, el 28 de juny de 1358 hi figura:

28 juny 1358 (Nº 48): TRAIICIO FETA AL REY EN PERE (Full 8v.) Lany M CCCL VIII, ha XXVIII de juny se segui que lo Infant en jaume de mallorca, desijos de tornar regnar y posseir los comptats de rossello y cerdanya, [...] que matassen lo rey en pere de arago: y fonc descuberta la traycio [...] Pero per això, no deixaren de sentenciarlos a mort.

Quants dies faltaven per a la lluna plena? Seguint els cànons de les taules, trobem que el 6 de juliol de 1358 hi ha una conjunció a les 13.18 h (lluna nova), des del 28 de juny han passat vuit dies; per tant, per a aquest dia 28, la fase de la Lluna era quart minvant, de manera que les nits anteriors a la data eren prou clares per poder-se moure i devien permetre la intriga.

— Proposta II: en el mateix dietari, hi figura l'anomenada *reforma gregoriana* del calendari:

N.º 134.- (4 octubre 1582): LOS DEU DIES (Full 18) Lany MDLXXXII ha IIII de octubre fins ha XV de dit, per lo Summo pontifice Gregori tretze foren tornats a loc los deu dies seren enderrerits per los sis minuts se perdan cada any.

Quina és la data de la sizígia anterior al 4 d'octubre de 1582, i la sizígia posterior al 15 d'octubre de 1582 del calendari gregorià? Resulta que el dia 1 d'octubre de 1528, calendari julià, hi ha una oposició, i el dia 26 d'octubre de 1528, calendari gregorià, hi ha la conjunció (sizígia següent).

Insistim en el fet que l'anàlisi de l'obra de David Bonjorn sorprèn per l'abast del càlcul matemàtic i el seu rigor, fet que és evident quan es reproduïx qualsevol dels seus càlculs.

Agraïm al doctor Josep Chabàs el seu valuós ajut, que ens ha permès desenvolupar aquest treball basat en la seva obra *L'astronomia de Jacob ben David Bonjorn*, document bàsic per poder dur-lo a terme.

Bibliografia

- CHABÀS BERGON, J. (1992). *L'astronomia de Jacob ben David Bonjorn*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans.
- GALCERAN, S. (1977). *Dietari de la fidelíssima vila de Puigcerdà*. Barcelona: Fundació Salvador Vives Casajuana.
- GOLDSTEIN, B. R. (1974). *The astronomical tables of Levi ben Gerson*. New Haven Connecticut: Archon Books.

- MARTÍ SANJAUME, J. (1922). *Història de Puigcerdà*. Puigcerdà: folletín de Ceretania. Impremta Ceretania.
- (1926). *Dietari de Puigcerdà amb sa vegueria de Cerdanya i sotsveguerries de vall de Ribes*. Ripoll: Impremta i Llibreria de Llorens Bonet i Batller.
- MILLÀS, J. (1931). *Assaig d'història de les idees físiques i matemàtiques a la Catalunya medieval*. Barcelona: Estudis Universitaris Catalans. [Reimprès per Edicions Científiques Catalanes (1983)]
- (1962). *Las tablas astronómicas del rey Don Pedro el Ceremonioso*. Barcelona; Madrid: CSIC.
- ORUS NAVARRO, J. J.; CATALÀ POCH, M. A. (1986). *Apuntes de astronomia*. Barcelona: Departamento de la Atmosfera, Astronomía y Astrofísica, Universitat de Barcelona.
- VERNET, J. (1974). *Astrología y astronomía en el Renacimiento, la revolución copernicana*. Barcelona: Ariel.