

Variabilitat isotòpica de la xarxa tròfica de l'illot den Mel (Albufera des Grau) com a aproximació a la dieta de la població de Sargantana Balear *Podarcis lilfordi*

Joan Ll. Pretus i Marta Massana

Departament d'Ecologia, Universitat de Barcelona, Diagonal 643, 08028 Barcelona

Resum

S'han analitzat les signatures isotòpiques de carboni, nitrogen i sofre de brots, flors i fruits de les plantes dominants a l'illot den Mel, dels artròpodes més abundants i de la sargantana balear, a fi d'establir un diagrama de proximitats entre espècies que permeti algunes inferències sobre la dependència tròfica d'aquesta darrera espècie. Tot i les dificultats degudes a l'heterogeneïtat espacial en els valors isotòpics basals, la proximitat de la sargantana balear a certes espècies d'artròpodes suggereixen una dieta animal selectiva i, en general, un reduït grau d'omnivoria, i no donen peu a pensar en un descens del nivell tròfic degut a les restriccions de la vida insular des d'una posició ancestral insectívora a una de més vegetariana.

Paraules clau: ecologia evolutiva, xarxa tròfica, isòtops estables, sargantanes, illes

Abstract

We have assessed the isotopic signatures of C, N and S from sprouts, flowers and fruits of the dominant plants of the Mel islet, of their most abundant arthropods and of the endemic lizard *Podarcis lilfordi*, to produce a diagram of proximities between taxa allowing some inferences on the trophic dependence of this latter species. Despite the difficulties arisen from the spatial heterogeneity of the isotopic basal values, the close proximity of the lizard to certain arthropods suggests a selective animal diet and, in general, a reduced degree of omnivory, and do not support any suspicion of a lowered trophic level from insectivorous to vegetarian style due to restrictions of island life.

Keywords: evolutionary ecology, food web, stable isotopes, lizards, islands

1. Introducció

Aquest informe recull el treball dut a terme per a la caracterització isotòpica de la xarxa tròfica de l'illot den Mel, amb especial atenció a la sargantana Balear. El motiu de l'estudi és triple, per un costat la importància de la població de sargantana de Mel en relació a la seva posició filogeogràfica (Pretus et al., 2004), que confereix caràcter fòssil a aquest illot, presumiblement aïllat de la costa de s'Albufera tan antigament com l'aïllament d'alguns dels illots més allunyats de Menorca. En segon lloc la vulnerabilitat de la població de sargantana de Mel, per la seva aparent petita mida, i la vulnerabilitat a la presència de rates i al que pugui esdevenir a la vegetació de l'illot, que avui compta amb un recobriment de vegetació molt important. En tercer lloc la dieta mal coneguda d'aquesta població tardanament descoberta (Triay, 2000), i que en un estudi previ comparatiu entre illots mostrava dificultats alhora d'esbrinar-ne el nivell tròfic a

partir de la signatura isotòpica de C i N. Aquest fet va ser degut als elevadíssims valors basals de $\delta^{15}\text{N}$ de la vegetació trobats (Pretus et al., 2009) que semblaven assenyalar una manca de fraccionament tròfic en la cadena alimentària.

Per aquest motiu es va decidir ampliar la base analítica de l'aproximació isotòpica incorporant un tercer element d'estudi, el del ^{34}S , orientat a detectar la possible influència tròfica aquàtica (vegeu p .ex: Ramos et al, 2009), procedent dels aportats litorals des de s'Albufera, així com ampliar l'anàlisi de la vegetació de l'illot, especialment pel que fa a la signatura isotòpica de inflorescències i fruits de plantes C3 i C4, així com dels artròpodes més abundants. L'objectiu general és el d'anar desvetllant la base tròfica de la població de sargantana, el seu grau d'omnivoria i aprofundir en els elements de supervivència de la població que depenen la dependència tròfica de components específics vegetals i animals de l'illot.

Per a dur a terme aquest estudi es va decidir mostrejar l'illot den Mel dins l'interval d'una estació favorable, que va ocupar la primavera i el final de l'estiu de 2010.

2. Material i mètodes

La presa de mostres es va dur a terme entre Maig i Setembre de 2010, concretament els dies 8/5/2010, 25/5/2010, 25/6/2010, 7/9/2010 i 24/9/2010. Es van definir tres zones d'estudi, al N, E i SW (aguait de caça) de l'illot den Mel, ocupant àrees el màxim de separades entre sí dins la superfície de l'illot, a fi d'incorporar el màxim de variabilitat espacial en la signatura isotòpica i la composició florística arbustiva dominant. En cada un dels dies de visita a l'illot es mostrejaven les tres zones, com s'especifica seguidament.

A primera hora del matí es deixaven recipients amb fruita a les tres zones, per atraure les sargantanes, i s'abandonava l'illot per unes dues hores; de tornada, es recollien mostres de cua de les sargantanes capturades i s'alliberaven vives de nou; seguidament es prenen mostres de les plantes amb un port prou dominant de cada indret, generalment arbustives, en particular es recollia material de tres tipus d'òrgans: brots tendres, flors i fruits. També es van obtenir mostres litorals de la vegetació submergida i els artròpodes que contenia. Finalment, per a cada zona es procedia a un reconeixement en forma de prospecció visual i en recorreguts curts de la fauna d'artròpodes disponible de cada indret, prenen mostres de tots els taxa capturables amb un xupòpter o amb pinces. S'aixecaven pedres i restes vegetals per a la fauna edàfica, es prospectava la fauna dels arbusts o els murs, així com la de les concavitats de les soques de la vegetació llenyosa (p.ex. formigues *Crematogaster*).

La presa de mostres vegetals es va fer orientada a disposar de la màxima representació al tres indrets de brots, flors i fruits de les espècies dominants, a fi d'establir una signatura basal de referència de parts potencialment ingeribles per animals, i de saber-ne la seva variabilitat. Les mostres van ser netejades amb aigua destil·lada, assecades i guardades individualment en bossetes o tubs i congelades fins al seu processament.

Previ a l'anàlisi isotòpica amb l'espectròmetre de masses, el material una vegada descongelat va ser de nou netejat en aigua miliQ i submostrejat amb lupa estereoscòpica a fi d'obtenir parts uniformes de cada teixit (cas de les plantes i les cues de sargantana). Pels artròpodes no es va procedir a l'acidificació prèvia dels exemplars per descalcificar-los (per exemple alguns crustacis podrien contenir prou carbonat a l'exosquelet). Una vegada assecades les mostres es va procedir a la seva homogeneïtzació amb un molinet de boles. Posteriorment de les mostres de cua de sargantana es va extraure la fracció lipídica amb el protocol de cloroform/metanol a fi d'estabilitzar la signatura del carboni.

Per a l'anàlisi isotòpic es van preparar alíquotes de pes conegut dels homogeneïtzats, una vegada coneguda la proporció dels elements a mesurar, aproximadament de 1 mg per C i N, i 10 mg per S. Es van disposar en capsulettes d'estany, i analitzades amb un espectròmetre de masses Finnigan-Mat delta C als Serveis Científic Tècnics de la Universitat de Barcelona.

Les dades obtingudes es van depurar contrastant els valors de voltatge i la proporció de l'element finalment continguda a la mostra. Finalment es procedí a l'anàlisi de dades, que consta de dues parts. En primer lloc es presenta el valor mitjà i la variabilitat de les signatures isotòpiques de les espècies agrupades en 4 categories: Plantes C4 (*Opuntia*), Plantes C3 (resta de plantes), artròpodes i sargantana. A tal efecte, es mostren 3 gràfics comparant la signatura isotòpica de C, N i S dos a dos per aquests grups. La variabilitat ve donada per la longitud de la barra d'errors, que representa una desviació estàndard a banda i banda de la mitjana.

En segon lloc hem abordat el problema de les relacions tròfiques a partir de la proximitat en la signatura isotòpica a nivell d'espècie o taxó, com a aproximació a l'origen de la dieta de la sargantana *Podarcis lilfordi*. Els resultats de la signatura del N d'aquesta espècie, comparats amb la resta de mostres, revelaven la pràctica absència de fraccionament (Pretus et al., 2009), observacions que precisament van promoure la necessitat d'aprofundir en l'estudi de l'illot den Mel, junt amb el de les illes Bledes). La pràctica absència de fraccionament isotòpic pel N fa possible considerar aquest element també com un traçador de l'origen de la dieta, igual que es fa amb el C i el S. Per aquesta raó, i donats els resultats analítics, hem aproximat el problema de la visualització o representació gràfica de les relacions tròfiques entre les espècies analitzades a través d'un pla multifactorial on es representin el millor possible les distàncies entre totes les mostres, com a mesura de la proximitat tròfica entre elles.

El model quantitatiu es basa en la relació de proximitat en un gràfic d'optimització de les distàncies isotòpiques entre mostres. L'anàlisi dut a terme és el de coordenades principals (o *multidimensional scaling*), a partir d'una matriu de distàncies euclídees entre les tres signatures isotòpiques. El gràfic que en resulta es la representació sobre els dos primers eixos de les distàncies entre mostres tenint en compte els tres isòtops alhora. Aquest gràfic es presenta com la millor aproximació al problema plantejat aquí, en el sentit que una major proximitat sobre el gràfic implica la factibilitat d'una dependència tròfica entre les espècies involucrades, en absència de fraccionament.

3. Resultats

a. Presa de mostres

Es van recollir un total de 58 mostres biològiques (Taula 1): 26 mostres vegetals, 20 d'artròpodes i 12 individus de sargantana. De la zona 1 (aguait de caça) es van obtenir la majoria de mostres (més de la meitat), degut a que va ser també l'únic lloc on es van capturar sargantanes (tot i que se'n van poder observar a les tres zones), mentre que les mostres d'artròpodes i de plantes van ser prou equitativament obtingudes d'entre les tres zones d'estudi. Per mesos, al maig es van obtenir més de la meitat de les mostres, i durant la resta de mesos es van anar cobrint, a mesura que ho permetia la fenologia de les espècies, els objectius.

El pes fresc de les mostres era molt variable, ja que no era limitant en el cas de la vegetació, i si ho va ser en bona part dels artròpodes dels que sols es disposava d'un o pocs exemplars de la mateixa espècie. Aquest fet va resultar limitant per poder-ne analitzar la signatura isotòpica del sofre, per a la que es necessita un pes sec més alt que per analitzar C i N, donat que la concentració de S és petita (i inicialment desconeguda). Així, es disposa de 58 parells de dades de valors isotòpics pel C i pel N, però sols de 46 valors pel S, els 12 valors mancants de S van ser deguts a 8 artròpodes (5 formícids, un iúlid, un oníscid i un tenebríonid) i tres sargantanes (de les que no es va obtenir prou mostra inicial), en canvi es disposa de tota la informació de les mostres vegetals excepte d'una, la del fruit d'*Ephedra*. Durant l'anàlisi de la qualitat de les analítiques isotòpiques es va decidir prescindir de dues mostres: fulla de *Potamogeton* i un dels brots de *Pistacia*. En resum, l'anàlisi gràfic i estadístic de les dades de C, N i S es basa en 41 mostres de les 58 inicialment analitzades, i es reparteixen en 23 plantes, 9 artròpodes i 9 sargantanes.

b. Anàlisi isotòpica

Els resultats isotòpics es mostren sintèticament a les figures 1-3.

Al gràfic de la figura 1 es comparen les posicions dels taxa en relació al C i al S, dels que es suposa que reflecteixen la base tròfica o producció primària de partida. Destaca la posició separada del conjunt de mostres de *Opuntia* sobre l'eix del $\delta^{13}\text{C}$, per tenir un metabolisme diferencial del tipus C4. Tant els artròpodes com la sargantana es relacionen estretament amb les espècies de plantes de tipus C3, amb una tendència cap als valors menys negatius del rang de variació d'aquestes. Pel carboni es constata en aparença un elevat solapament entre la sargantana i plantes C3, degut als valors baixos en plantes, però en realitat aquest punt és degut a molt pocs casos: parts florals de *Olea* (17.66‰) i fruits de *Pistacia* (20.77‰), així com les fulles de la planta aquàtica *Ruppia cirrhosa* (18.52‰), la resta de plantes estan per damunt de la mitjana de la sargantana. Pel que fa al sofre tenim una situació semblant, els valors més baixos sols els trobem a les flors de *Scirpus* (8.22 ‰) i *Juncus* (8.71 ‰) i als fruits de *Opuntia* (10.41 ‰ i 10.61 ‰ en les dues mostres obtingudes), aspecte que convida a suggerir per a la sargantana una base tròfica basada en part en la figa de moro, tot i que, per contra, la proporció

de l'element S a la figa de moro és baixa o molt baixa (0.04-0.15% del pes sec, comparat amb la composició d'altres espècies vegetals, que arriben a màxims de 0.30%).

A la figura 2, pel que fa al $\delta^{15}\text{N}$ els valors de l'illot den Mel en general són alts o molt alts. La posició de *Opuntia* sobrepassa també al de la resta d'espècies, tot i que algunes mostres entren dins del rang de variació d'artròpodes i sargantana. La distància de les mitjanes de plantes (11.89 ‰) i sargantana (14.41 ‰) és sols de 2,52 ‰, dada que indica i corrobora el baixos valors de fraccionament del ^{15}N que ja esperàvem a aquest illot (Pretus, 2009). La figura 3 reordena els mateixos valors comentats fins aquí, pel que valen els mateixos comentaris.

c. Relacions tròfiques

A la figura 4 es sintetitzen els resultats conjunts de l'anàlisi de coordenades principals i del dendrograma resultant d'aplicar el mètode d'aglomeració basat en la distància mitjana sobre la matriu de distàncies euclídees entre mostres resultant de les dades isotòpiques prèviament estandarditzades a Z-valors. Al gràfic hi consten per tant dos tipus d'informació. Per un costat la posició de dues mostres al gràfic reflecteix el grau de semblança en la signatura isotòpica, més a prop com més semblants. Per altra banda, els encerclaments jerarquitcats indiquen els agrupaments derivats del dendrograma. Els agrupaments més robustos són enumerats del 1 al 5. A efectes d'interpretació, s'han destacat en 3 colors les mostres de plantes (verd), artròpodes (groc) i sargantana (vermell).

Les mostres procedents de plantes són les que presenten una major dispersió sobre el pla i també les que pertanyen a més tipus d'agrupaments. Per a una mateixa espècie vegetal i tipus d'òrgan es troben posicions també molt diferents, de manera que no els podem assignar un valor isotòpic conjunt de referència. Tot i així, les coordenades de les diferents mostres d'*Opuntia* tendeixen a estar a la dreta de l'eix principal, però en general ocupen posicions i agrupaments distants respecte la massa principal de dades (grup 5). A l'esquerra de l'eix principal s'ubica el grup 4, format també exclusivament per brots, flors o fruits de plantes C3 (*Phyllirea*, *Olea*, *Rhamnus*, *Pistacia*, *Rubia*).

El centre de l'eix principal del gràfic l'ocupa un conjunt jeràrquic de mostres, que consta de 3 grups. El grup més extern (grup 3) és compost de brots i flors de plantes (inclosos l'aquàtica *Ruppia cirrhosa* i restes de plantes en forma d'excrements d'ànec) però no hi consten fruits de cap planta de l'illot. També queden representats diferents artròpodes (eruga, dos oniscoids, un aràcnid, la formiga *Crematogaster* sp. i l'isòpode aquàtic *Sphaeroma hookeri*). Els grups 1 i 2 conformen l'agrupament més homogeni de tot el dendrograma, i és on consten les mostres de sargantana, repartides equitativament. A aquests grups no hi consten plantes terrestres, i sols al grup 1 trobem posicionades mostres de flors de plantes litorals (*Juncus* i *Scirpus*). També hi consten artròpodes: 2 formícids (però no *Crematogaster*), un oniscoid i el dermàpter *Forficula*. Les coordenades de les 9 mostres de sargantana mostren força similaritat entre elles, ocupant una posició al marge inferior dret del conjunt de dades, informant d'un perfil tròfic relativament homogeni per a l'espècie.

4. Discussió

Per tal de procedir a una interpretació dels resultats d'aquest treball hem de donar resposta a la qüestió dels mecanismes que poden concórrer a proporcionar l'estructura de les dades observades: Quin significat tenen les agrupacions sorgides del dendrograma? Quin sentit prenen els eixos de l'anàlisi de coordenades principals. A la taula 2 es detallen els valors isotòpics mitjans dins dels grups, així com el mes i la zona d'obtenció de la mostra.

Les mitjanes dels grups 4 i 5 del dendrograma, diferenciats i distanciats del núvol principal de dades isotòpiques, permeten interpretar l'ordenació subjacent de la figura 4: L'eix horitzontal separa bàsicament grups de mostres vegetals als extrems del qual mostren o bé elevats valors en la signatura de S i baixos valors en la signatura de N (grup 4), o bé baixos valors en la signatura de C i elevats valors en la signatura de N (grup 5). A més, la majoria de mostres del grup 4 pertanyen a la zona 1 (aguait de caça), seguit de la zona 3, en canvi les del grup 5 pertanyen a la zona 2. Com que el grup 5 sols conté mostres de diferents òrgans de *Opuntia*, és lògic que el grup es diferenciï per una baixa signatura de C (espècie de metabolisme C4), però l'elevat valor del N l'hem d'interpretar com degut a la font d'aquest element al sòl, molt més relacionada amb aportos orgànics dels ocells ictiòfags que pernocten a aquest sector més protegit del vent de l'illot i que fertilitzen diferencialment la zona. La mostra de fruit de figuera de moro de la zona 2 té una signatura de $\delta^{15}\text{N}$ de 28‰, mentre que a la zona 1 és de 16‰. Veiem per tant que a l'illot den Mel es pot donar una important heterogeneïtat espacial en les fonts i signatures de N que dificulta o complica la interpretació del senyal isotòpic de la seva xarxa tròfica. Igual sembla passar amb els valors de $\delta^{34}\text{S}$, inusualment elevats a les mostres d'origen vegetal del grup 4, que bàsicament pertanyen a la zona 3, encarada al Nord i potser amb major influència marina.

L'eix horitzontal de l'anàlisi de coordenades principals separa per tant mostres distribuïdes en zones amb una important heterogeneïtat els valors isotòpics basals de les tres signatures analitzades.

En canvi, els animals analitzats, artròpodes i sargantanes, no reflecteixen aquesta heterogeneïtat espacial, donat que les coordenades de totes les espècies s'ubiquen dins dels tres grups centrals (1, 2 i 3) independentment de la zona de procedència de la mostra. En aquests 3 grups trobem també mostres vegetals, però mai són mostres de fruits. L'únic fruit proper a l'agrupament, si bé aïllat en el dendrograma, és el fruit de *Opuntia* del setembre a la zona 1. Els seus valors isotòpics són però diferents dels de sargantana, especialment té més $\delta^{15}\text{N}$ (16.86‰) que aquesta (14.41‰ \pm 1.32), i valors prou allunyats també de ^{13}C .

Pel que fa a la sargantana, que queda repartida en dos grups (1 i 2), la comparació de les mitjanes isotòpiques revela que la diferència entre els dos grups de sargantanes és deguda a la signatura del $\delta^{15}\text{N}$ (13.63‰ \pm 0.57 σ pel grup 1, i 15.30 ‰ \pm 0.57 σ pel grup 2), essent els valors mitjans de $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{34}\text{S}$ molt més propers (22.78 ‰ \pm 1.23 σ envers 21.5‰ \pm 1.16 σ , i 9.11 ‰ \pm 1.67 σ envers 10.50‰ \pm 1.36 σ , respectivament). Les diferències del N poden ser atribuïbles merament a la variabilitat que assoleixen les diferents espècies d'artròpodes (des de 9.23 ‰

fins a 15,90 ‰, aquest darrer valor trobat en *Forficula*, l'artròpode que també ostenta el valor més alt de $\delta^{13}\text{C}$, de 20,03‰ i amb qui també es podrien vincular els valors relativament baixos de la sargantana).

Amb les dades disponibles i degut a l'elevada heterogeneïtat espacial descoberta en les signatures de S i C a la vegetació de l'illot den Mel, junt amb el reduït o nul fraccionament que sembla operar en la seva xarxa tròfica, no podem resoldre el perfil tròfic de la seva població de sargantana balear. Tot i així, no hem trobat cap fonament per a pensar en una dieta basada en que el component vegetal tingui certa rellevància (de tipus frugivoria sobre plantes C3 o C4), ni tan sols pel que fa a la incorporació de carboni. Els valors baixos de $\delta^{34}\text{S}$ de la sargantana la vinculen als valors trobats en dues espècies de formigues (no *Crematogaster*), properes també als valors isotòpics de les inflorescències de plantes del litoral de l'illot den Mel (*Juncus* i *Scirpus*). En darrer terme, és de destacar la dificultat de relacionar els valors de S de la sargantana amb la producció primària terrestre de l'illot excepte amb els fruits d'*Opuntia*.

5. Conclusions

En el present estudi s'ha millorat l'aproximació isotòpica a l'estudi de la xarxa tròfica dels illots de Menorca, introduint l'anàlisi isotòpic del S, a més dels de C i N.

L'estudi de l'illot den Mel revela una gran heterogeneïtat espacial en la composició isotòpica dels vegetals pels tres elements, dins d'una mateixa espècie o entre espècies. Existeixen forts gradients en la isotopia dels productors primaris basal del tres elements, el $\delta^{34}\text{S}$ és alt en especial a la zona Nord, el $\delta^{13}\text{C}$ depèn de l'abundància d'*Opuntia* i el $\delta^{15}\text{N}$ de l'ambient de deposicions animals, a redossa del vent del N. Aquest fet determina importants dificultats alhora de construir cap model determinista de xarxa tròfica. Es d'esperar que la xarxa tròfica sigui espacialment variable isotòpicament, fet que determina restringir en el futur l'estudi a parcel·les molt petites, tot i tenir en compte la mobilitat per *home range* dels animals diana.

Tots els exemplars de sargantana han estat capturats a la zona 1, i els resultats que s'expressen a continuació sols poden fer referència, donat el punt anterior, a la dieta de les que habiten aquesta zona de l'illot.

La isotopia de *Podarcis lilfordi* revela: (1) valors moderadament alts (o menys negatius que el de l'enzim RUBISCO per a plantes C3) de $\delta^{13}\text{C}$, compatible però no determinant d'una contribució de carboni a partir de fruits d'*Opuntia*, (2) baix fraccionament pel nitrogen, que complica el càlcul del seu nivell tròfic, i (3) un fort biaix en la isotopia del sofre, amb valors molt baixos comparats amb els de la majoria de plantes i artròpodes de l'illot. En absència de fraccionament tròfic pel sofre, aquest fet en cap cas desvetlla una dieta de la sargantana balear basada en una omnivoria generalitzada, sinó que la relaciona amb components específics d'artròpodes (*Forficula*, oniscoids, i dues espècies de formigues no *Crematogaster*), alguns dels quals, en particular els formícids, es vincularien isotòpicament a plantes aquàtiques emergides del litoral de l'illot.

Podem concloure, en definitiva, que els resultats isotòpics exposats no permeten suportar un descens del nivell tròfic de la sargantana de l'illot den Mel, que tendís a una dieta de base més vegetariana a partir de fruits o flors, derivada de pressions ecològiques i evolutives producte de les restriccions energètiques de la vida insular, com passa en d'altres illots i poblacions ancestrals de Menorca.

6. Bibliografia

PRETUS, J.LI., MARQUÈS, R., PÉREZ-MELLADO, V. 2004. *Holocene sea level rise and range fragmentation of Podarcis lilfordi on Minorcan islets: a vicariance scenario reviewed through a mtDNA tree*. In: The Biology of Lacertid Lizards, Evolutionary and Ecological Perspectives. Ed. IME, col Recerca (8): 279-291.

PRETUS, J.LI., CANALS, A., COS, C., GAÑAN, M., MARQUÈS, R., MARTÍN, M., OBRADOR, B., REAL, E., RIERA, T., SÁNCHEZ, S. 2009. *Estima de la variabilitat del nivell tròfic de la Sargantana Balear (Podarcis lilfordi) a partir d'isòtops estables*. Rev. Men. Manuscrit.

RAMOS, R., RAMÍREZ, F., SANPERA, C., JOVER, L., RUIZ, X. 2009. *Feeding ecology of yellow-legged gulls Larus michaellis in the western Mediterranean: a comparative assessment using conventional and isotopic methods*. Marine Ecology Progress Series 377:289-297.

TRIAY, R. 2000. *Nova població de sargantana balear (Podarcis lilfordi) a un illot de s'Albufera des Grau*. Rev. Men.: 241-248.

Taula 1. Material obtingut per a l'anàlisi isotòpic a les tres zones (zona 1, SW- aguait; zona 2, E; zona 3, N) durant els mesos de Maig, Juny i Setembre de 2010 (indicats als sumands). Del total de mostres, "C,N" indica el nombre de mostres de les que s'han obtingut dades isotòpiques d'aquests elements, i "C,N,S" el de les que a més s'han obtingut dades de sofre. Una vegada depurades i seleccionades les dades analítiques "Model" indica el nombre de mostres que formen part del model gràfic de la figura 4.

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Total	C,N	C,N,S	Model
Plantes	5+6+1=12	3+2+1=6	6+0+2=8	26	26	26	23
Artròpodes	7+0+0=7	3+0+4=7	6+0+0=6	20	20	12	10
Sargantana	5+5+2=12	0+0+0	0+0+0	12	12	9	9
Total mostres	31	13	14	58	58	46	41

Taula 2. Mitjanes i variabilitat isotòpica en unitats σ de desviació estàndard pel conjunt de taxa, dels 5 agrupaments definits pel dendrograma, indicant-ne les zones i mesos implicats en cada grup (n=nombre de mostres). En negreta els valors que destaquen i diferencien els grups 4 i 5 de la resta.

	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5
$\delta^{34}\text{S}$	8,99 \pm 1,15	11,0 \pm 1,5	13,93 \pm 1,56	20,53 \pm 1,78	11,98 \pm 1,91
$\delta^{13}\text{C}$	-23,99 \pm 1,64	-21,6 \pm 1,5	-21,04 \pm 2,87	-25,70 \pm 2,10	-14,04 \pm 2,21
$\delta^{15}\text{N}$	13,17 \pm 1,08	15,40 \pm 0,50	12,05 \pm 2,23	8,86 \pm 1,43	27,94 \pm 0,66
Zona	1(n=8)	1(n=6),2(n=1)	1(n=4),2(n=3),3(n=1)	3(n=5),1(n=2)	2(n=3)
Mes	M,J	M,J,S	M,J,S	M,J	M,J,S

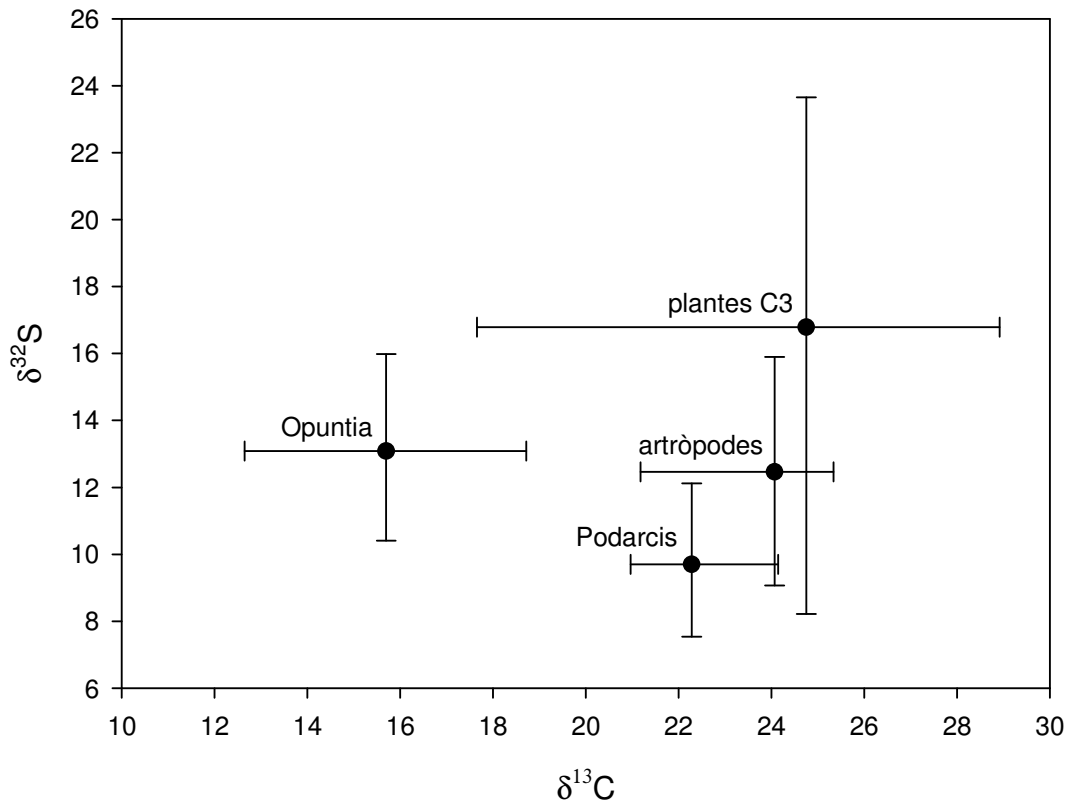


Figura 1. Mitjanes per taxa dels valors isotòpics indicats als eixos. Les barres d'error indiquen els valors màxims i mínims de cada sèrie.

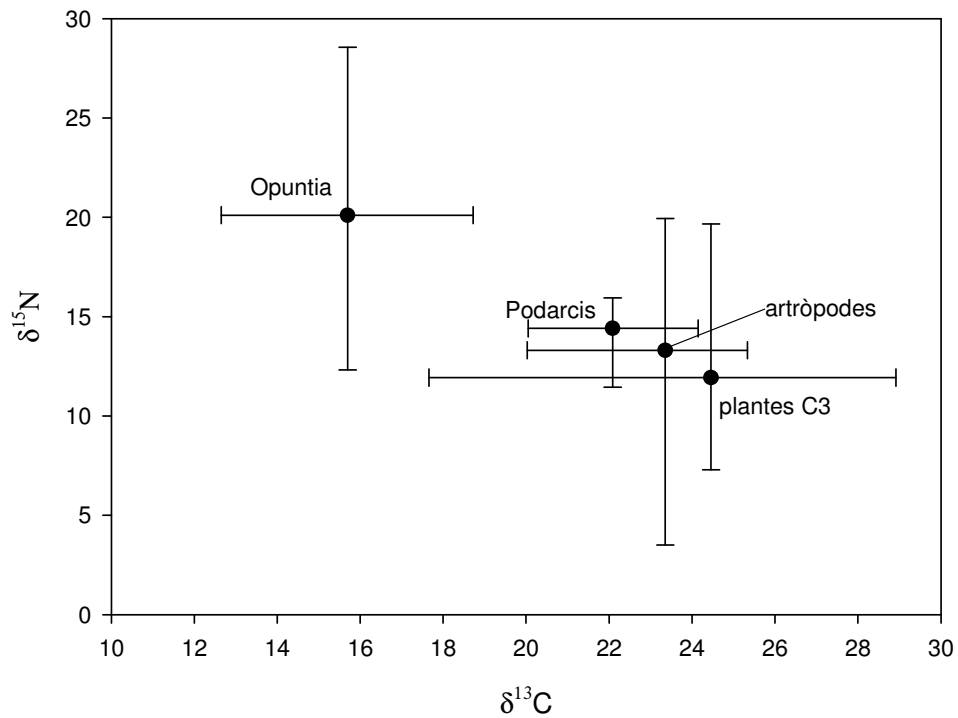


Figura 2. Mitjanes per taxa dels valors isotòpics indicats als eixos. Les barres d'error indiquen els valors màxims i mínims de cada sèrie.

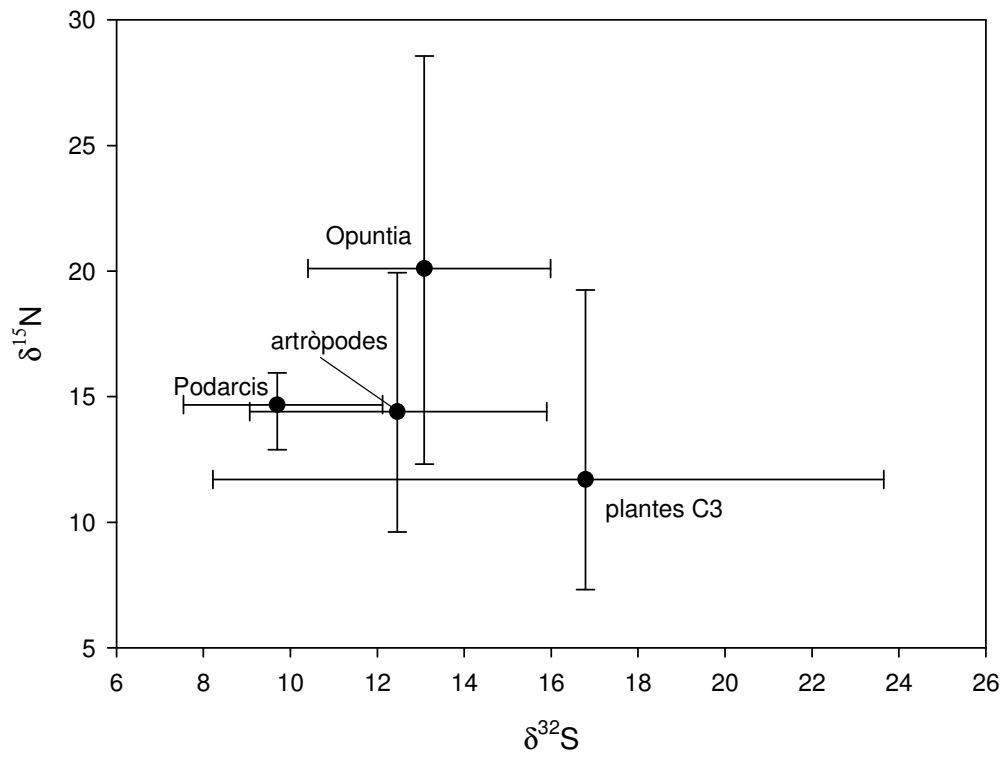


Figura 3. Mitjanes per taxa dels valors isotòpics indicats als eixos. Les barres d'error indiquen els valors màxims i mínims de cada sèrie.

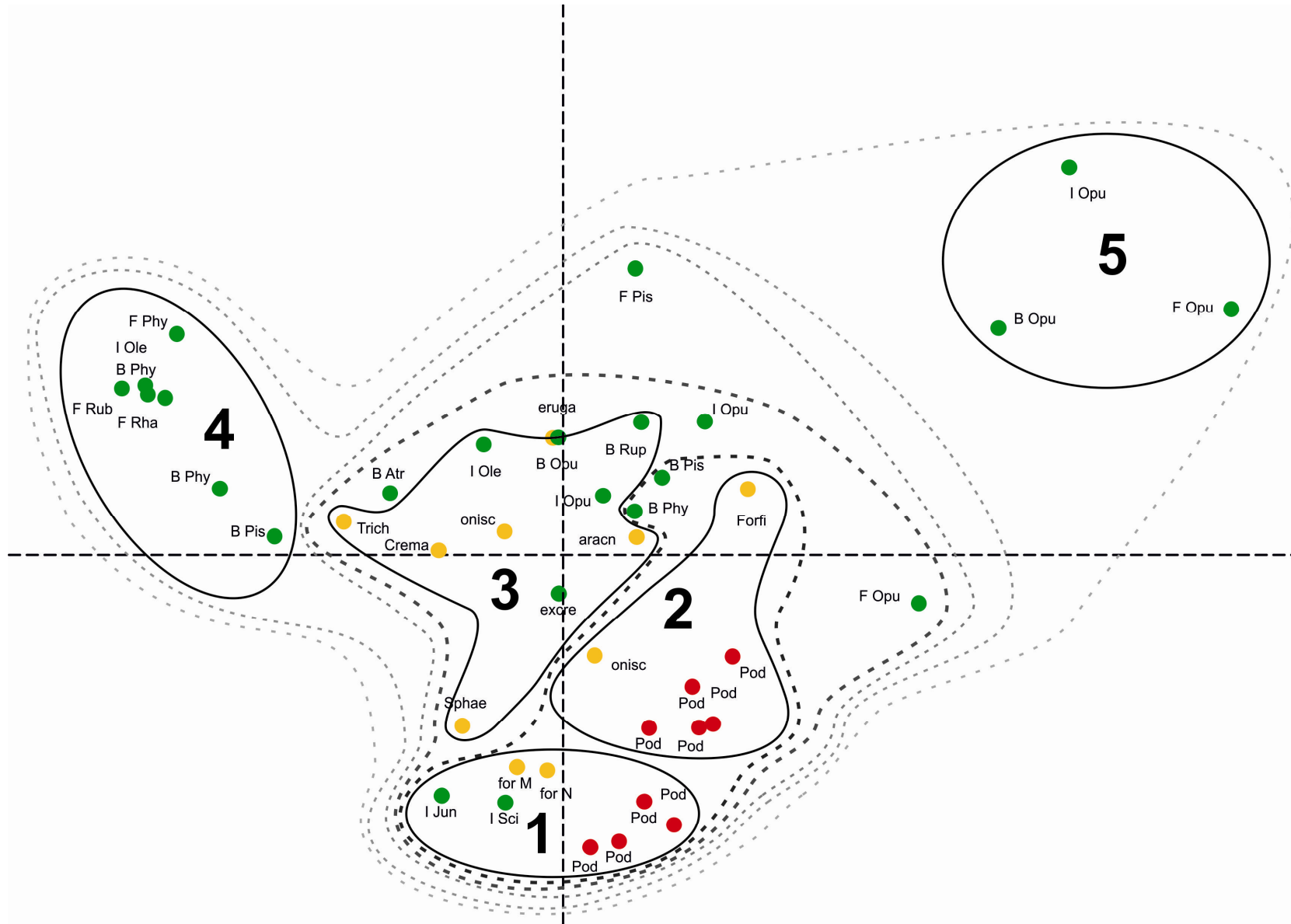


Figura 4. Model de relacions tròfiques a l'illot den Mel a partir d'un anàlisi de coordenades principals i un dendrograma (veure text). Les distàncies entre punts representen les distàncies isotòpiques estandarditzades. Els grups indiquen les aglomeracions jeràrquiques del dendrograma. En colors s'indiquen els diferents taxa (plantes en verd, artròpodes en groc, *Podarcis lilfordi* en vermell) i òrgans (B brot, I inflorescència, F fruit). A grans trets l'eix horitzontal recull la variabilitat del C i del N, creixent d'esquerra a dreta, i l'eix vertical la del S, creixent de baix a dalt.

