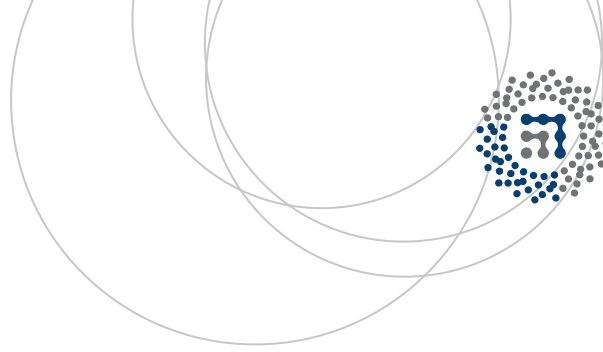


eman ta zabal zazu



Universidad  
del País Vasco

Euskal Herriko  
Unibertsitatea



ZTF-FCT

Zientzia eta Teknologia Fakultatea  
Facultad de Ciencia y Tecnología



Gradu Amaierako Lana / Trabajo Fin de Grado  
Geologiako Gradua / Grado en Geología

# Sedimentazioaren gaineko kontrolak Murgiako diapiroaren ipar-mendebaldean

Egilea/Autor:  
Larrazabal Oribe, Asier  
Zuzendaria/Director/a:  
López Horgue, Mikel

© 2015, Asier Larrazabal Oribe / Mikel López Horgue

Leioa, 2015ko ekainaren 23a

## AURKIBIDEA

Laburpena	4.orr
<b>1</b> Sarrera: Lanaren funtsa, helburuak eta metodologia	4.orr
<b>2</b> Kokapen geografikoa eta geologiko orokorra	4.orr
<b>3</b> Testuinguru geologikoa	
a) Eusko Kantauriar Arroaren erdi Kretazeoko paleogeografia	5.orr
b) Albiarra eta Valmaseda Formazioa	5.orr
c) Cenomaniarra	6.orr
<b>4</b> Fazioak: Deskripzioa eta interpretazioa	
a) Amurrio	
i. Olabazar	9.orr
ii. Amurrio-1	9.orr
iii. Amurrio-1	11.orr
b) Astobiza	
i. Astobiza	13.orr
c) Urkabustaiz	
i. Altube	15.orr
<b>5</b> Zutabeen arteko korrelazioa: Unitate sedimentarioen definizioa	
a) Korrelazio irizpideak	19.orr
b) Unitateak	
i. Unitate Siliziklastikoa	23.orr
ii. Unitate Trantzisionala	24.orr
iii. Unitate Karbonatua	26.orr
❖ Altube eta Jugo-ren arteko korrelazioa	27.orr
<b>6</b> Ondorioak	28.orr
<b>7</b> Bibliografia	30.orr

## 8 Eranskinak:

- Eranskina 1: Zutabe estratigrafikoentzako leienda 34.orr
- Eranskina 2: Amurriozutabea estratigrafikoa 35.orr
- Eranskina 3: Amurrio-2 eta Olabazar zutabe estratigrafikoak 36.orr
- Eranskina 4: Astobiza zutabe estratigrafikoa 37.orr
- Eranskina 5: Altube zutabe estratigrafikoa (1) 38.orr
- Eranskina 6: Altube zutabe estratigrafikoa (2) 39.orr
- Eranskina 7: Fazieen taula 40.orr

## **Laburpena**

Eusko Kantauriar Arroko Albiar-Cenomaniar mugaren inguruan trnsgresio orkorra gertatu zen subsidentzia tektonikoaren desazelerazio eta diapiroismoaren sortze efektuarekin batera. Honen ondorioz, kostaldeko ingurune siliziklastikoek oso erretrogradazio arina erakusten dute, hedapen handiko karbonatozko arrapal itsastar zabalaren garapenerako eremua utziz. Analisi estratigrafikoaren bidez, Murgiako diapiroaren ipar-mendebaldeko Albiar-Cenomaniar trantsizioko materialak aztertzen dira, aldaketa sedimentologiko arin honetarako ezaugarriak eta kontrolak ezagutzeko.

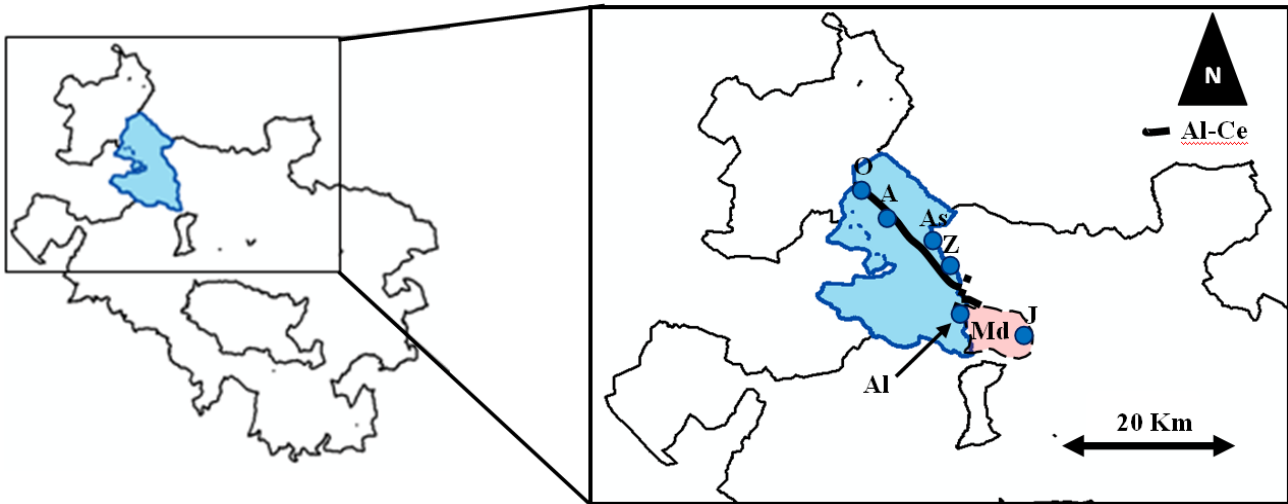
## **1.Sarrera: Lanaren funtsa, helburuak eta metodologia**

Ikerketa honetan Murgiako diapiroaren ipar-mendebaldeko Albiar eta Cenomaniar estaien arteko estratigrafia eta igarotzearen karakterizazio sedimentologikoa egin dira, ingurune sedimentarioen eboluzioa eta metaketaren gaineko kontrolak ezagutzeko helburuarekin. Itsasmailaren igoerak, prozesu halozinetikoek eta bulkanismoak eragiteagatik, bi estaien arteko trantsizioa bereziki interesgarria suertatzen da. Azterketa, ikuspuntu sedimentologiko eta estratigrafikotik jorratu egin da, zutabe estratigrafikoak, korrelazioa eta fazieen irakurketa pisuzko lanabesak izanik. Era berean, hamahiru xafla meheak (3µm) ikuspuntu bioestratigrafiko eta fazie-ezaugarrien ikuspuntutik aztertu egin dira. Korrelaziorako datazioak, ammoniteen eta orbitolinen bioestratigrafian oinarritu dira, lan honetan gehitutako datu berrietatik eta aurreko lanetatik hartutakoetatik alegia. Baliabide bibliografikoek, informazio bioestratigrafikoa gehitzeaz aparte, ikerketa osatzeko eta, autorearen, testuinguruari buruzko ezaguera zabaltzeko erabilgarriak izan dira.

Ikerketan topatutako oztoporik nabarmenena azaleramenduen eskasia izan da, batik bat, eskualde basotsua eta menditsua izateagatik, landarediak eta ezponden egonkortasunerako burututako ekintza geoteknikoak estaliak direlako.

## **2. Kokapen geografikoa eta geologiko orokorra**

Aztertutako eremua, Araba probintziaren ipar-mendebaldean kokatzen da (Irudia 1), Bizkaiko Antiklinorioaren hegoaldeko alpean; Kantauriar Isurialdearen hegoaldean eta Gorbeiaiko Mazizoaren hegomendebaldean, Altube eta Nerbioi ibaien arro hidrografikotatik hedatzen delarik. Eremu hau, Eskualdeko Albiar-Cenomaniar muga estratigrafikoak markatutako norabidean (NW-SE), Olabazarren (Amurrio) hasi eta Murgiako diapiroaren ertzean amaitzen da, tartean Amurrio eta Urkabustaiz udalerriak barne hartzen dituelarik. Hamasei eta erdi kilometrotan zehar, Albiar-Cenomaniar trantsizioa hobekien errepresentatzen dituzten sekzioak (Olabazar, Amurrio-1, Amurrio-2, Astobiza eta Altube, Irudia 1) aztertu dira. Horretaz gain, Ziorraga auzoko azaleramendu puntualak eta garaikideak diren Jugo auzoaren (Zuia) ekialdeko (Murgia diapiroaren ekialdean) materialak hartu dira kontutan analisi estratigrafikorako. Esan bezala, eskualde basotsua izateagatik, azaleramendu garrantzitsuenak eta osagarriak izate desberdinetako errepideen (AP-68, A-624 eta A-625) igarotzeari mugatuta daude, izan ere, Albiar-Cenomaniar trantsizioa Gorbeiaiko Parke Naturalaren mugen artean barneratzen da.



**Irudia 1.** Azterketa zonaren kokapen geografikoa. A-C: Albiar-Cenomaniar muga. O: Olabazar (Amurrio), A: Amurrio, As: Astobiza, Z: Ziorraga, Al: Altube, J: Jugo, Md: Murgiako diapiroa, A-C: Albiar-Cenomaniar muga.

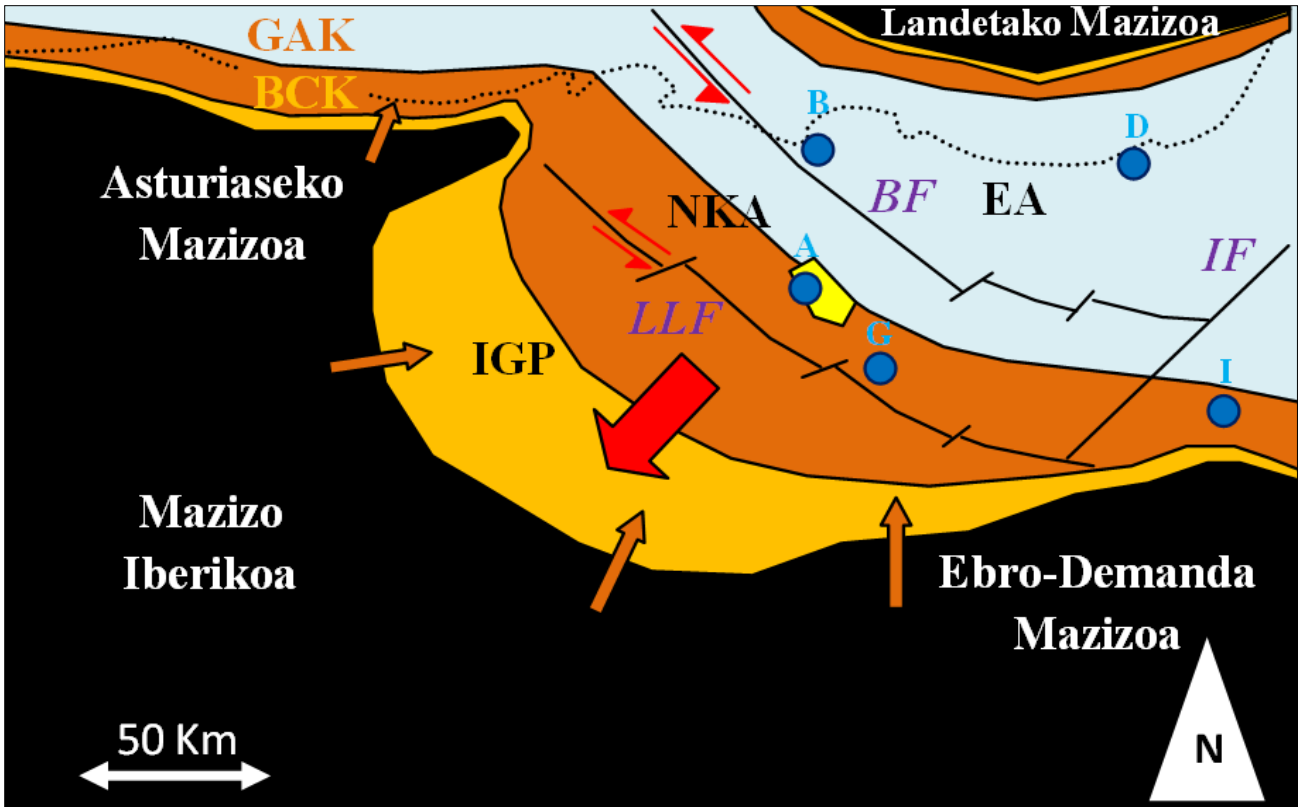
### 3. Testuinguru geologikoa

#### 3a. Eusko Kantauriar Arroa eta erdi Kretazeoko paleogeografia

Eusko Kantauriar Arroa (EKA), Ozeano Atlantikoaren zabalkuntzarekin erlazionatutako aulakogeno baten NW-SE norabideko *rift* arro asimetrikoa da. EKA-ko lehenengo erregistroak Triasikoan datatzen dira. Bestalde, Orogenia Alpetarrak arroaren subsidentziarekin amaitu eta metaketa mesozoikoak eta zenozoikoak inbertitzen ditu. Albiar-Santoniarrak adin tarterako, EKA-n lurrazalaren luzatzea eta mehetzea xurgatzen dituzten failak mugatutako eta elkarlotutako hiru azpi-arro nagusi bereizten dira (Irudia 2): Eusko Azpi-arroa (EA) EKA-ren ipar-ekialdeko ertzean, Ipargaztelako Plataforma (IGP) EKA-ren hego-mendebaldekoan eta Nafartar-Kantauriar Azpi-arroa (NKA), aurreko bien artean kokatua (Floquet, 2004). Aztertutako eremua NKA-ren zentroan kokatzen da. Azpi-arro hau geometria luzanga aurkezten du, nagusiki SE-NW norabidean 200kilometro luze eta NE-SW norabidean 50 kilometro zabal izanik. Era berean, Bilbo-Altsasu Failaren kontrolpean egon daitekeen joku tektonikoak eragindako, ipar ekialderanzko okertze topografikoa minimo bat aurkezten du (Floquet, M., 2004). Ez-jarraitasun tektoniko berak EA-rako trantsizioa gradiente batimetrikoaren gehikuntza eragiten du; hego-mendebalderako trantsizioa ordea, ez da hain nabarmena eta honek ingurune sedimentarioen sakonera-txikiagotze progresiboa dakar.

#### 3b. Albiarra eta Valmaseda Formazioa

Albiarrean, goi Albiarrean batez ere, *rifting* prozesuarekin zuzenean erlazionatutako eta EKA-ko “lehenengo etapa bolkanikoaren” (Carracedo-Sánchez *et al.*, 2012) hasierarekin bat egiten duten, subsidentzia tasa handienak erregistratzen dira, arroaren garapen osoan zehar gertatutako handienak hots. Bestetik, arroaren egituraren eta sedimentazioaren lokalki eragiten duten gertakari halozinetikoak, bereziki Albiarretik aurrera, garrantzi handikoak dira (e.g., Ábalos *et al.*, 2003), Murgiako diapiroaren kasu (e.g., López-Horgue, M.A. eta Hernández J. M<sup>a</sup>, 2003). Arro mailan garatutako akomodazioari erantzunez, gaur egun Valmaseda Formazioa (Erdi Albiar – Behe Cenomaniarra, García-Mondejar, 1982) izenarekin ezagututako eta Bilboko hegoaldean 5000 metroko erregistro maximoa duen (Pujalte eta Monge, 1985), sakonera txikiko sistema itsastar-



**Irudia 2.** Eusko-Kantauriar Arroko eskema paleogeografiko sinplifikatua Albiar-Cenomaniarrean. A: Amurrio, B: Bilbo, I: Iruña, D: Donosti, G: Gasteiz, BF: Bilboko Faila, IF: Iruñako Faila, LLF: Las Losas Faila, EA: Eusko-Azpiarroa, NKA: Nafartar-Kantauriar Azpiarroa, IGP: Ipar Gaztelako Plataforma, BCK: Behe Cenomaniarreko Kostaldea, GAK: Goi Albiarreko Kostaldea, poligono horia: azterketa zona.

-terrigenoen garapena ematen da EKA-ren hegoaldeko ertzean. Valmaseda Formazioaren 5000 metroko potentzia maximoak, Behe Kretazeoko osoan zehar Eusko Azpi-arroan metatutako 2000 metroko sedimentu potentziarekin (García-Garmilla eta Pujalte, 1988; Platt eta Pujalte, 1994) kontrastatuta, garaiko subsidentzia tasen gailentasuna agerian usten du. Hegoaldean gertatzen den moduan, EKA-ko ipar-ekialdeko ertzeko sistema terrigenoek subsidentziarierantzuten diote, Monte Grande Formazioaren kasu (Behe Albiar – Erdi Albiarra, Pujalte *et al.*, 1986-1987, Robles *et al.*, 1988). Hala ere, luzerako garapena mugatua dute sakonera aldaketa azkarrago ematen bai da arroaren ertz honetan; bestalde, arroaren iparraldeko mazizo paleozoikoaren existentzia argitzen dute sistema hauek (Robles *et al.*, 1988). Hainbat autoreek izaera deltaikoa esleitu diote Valmaseda Formazioari, (e.g. Pérez García *et al.*, 1993; López-Horgue *et al.*, 1996); era berean, mareen eraginpeko gunek eta ekaitzaldietako metaketak bereizi egin dira (e.g. Pujalte eta Monge, 1985; Pérez García *et al.*, 1997; Pérez García *et al.*, 1997; lan honetan). Sistema deltaiko hau, arto erlatiborantz Deba Formazio turbiditikoarekin (*Flysch Beltza*) eta hegoalderantz karaktere flubial-alubialeko Utrillas Formazioarekin eta Escucha Formazioarekin kronokorrelazionatzen da (Pérez García *et al.*, 1997; García-Mondejar *et al.*, 2004), azken hauek Valmaseda Formazioaren sistema litoralaren elikatzaile gisa ulertzen direlarik.

### 3c. Cenomaniarra

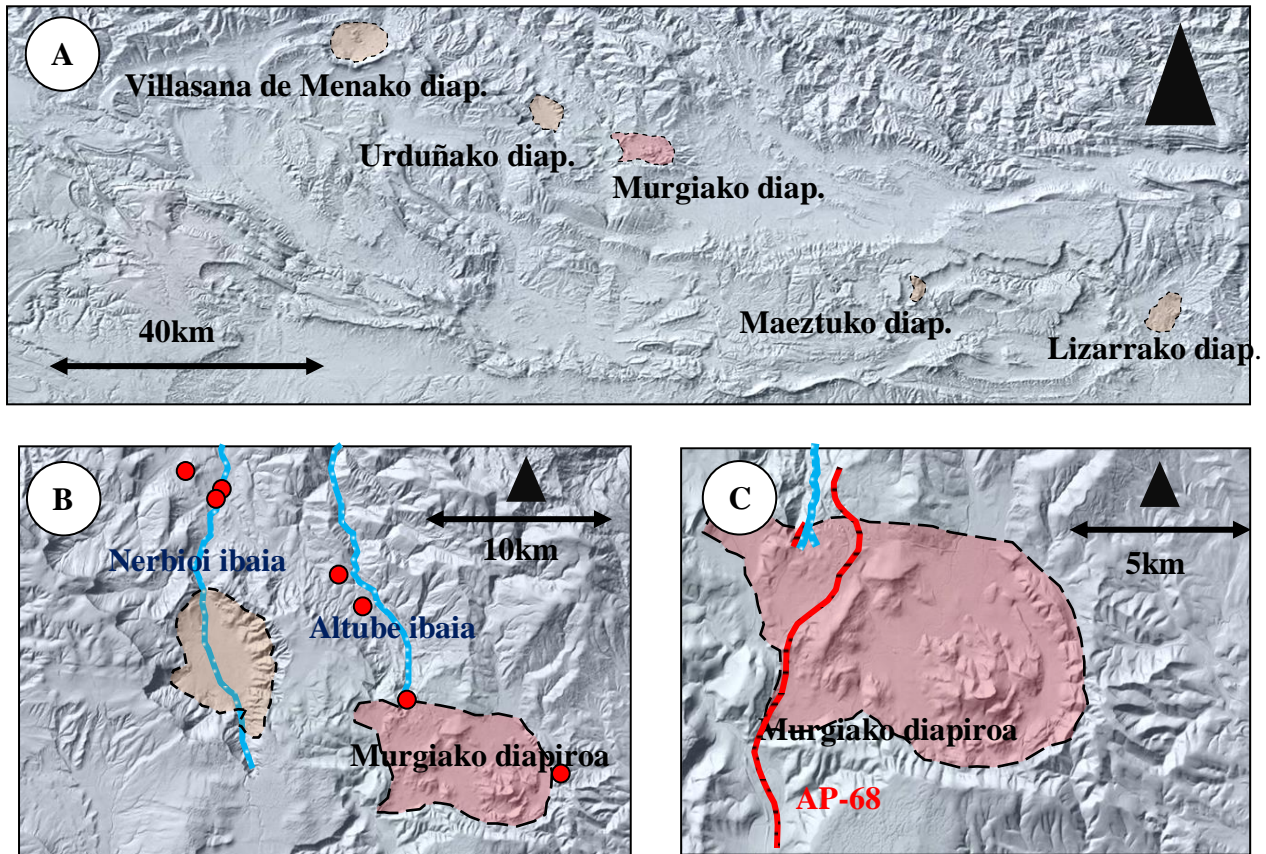
Cenomaniarraren hasierak, Goi Albiar berantiarrean hasitako, izaera globaleko ozeanoen oxigeno kontzentrazio egoera kritikoak markatzen du, OAE1d (*Oceanic Anoxic Event*1d) izeneko gertakari anoxiko

ozeanikoa hots. Haatik, OAE1a eta OAE1b (Aptiarra) eta OAE2 (Cenomaniar berantiarra) gertakari anoxikoek  $\delta^{13}\text{C}$ -aren geokimikan karakterizatzen dituen ‰ 2 puntuko txangoaren aldean, Albiar-Cenomaniar mugako gertakariak ‰ 0,5-ko txangoa besterik ez du erregistratzen, ondorioz Kretazeoko bigarren mailako gertakari anoxikotzat ulertzen da (Nederbragt *et al.*, 2000). OAE1d-ren eragilea oraindik diskusioan da, hala ere, ozeanoen zirkulazio dinamikaren aldaketari egotzi egiten zaio honen jatorria (Nederbragt *et al.*, 2000).

Honekin batera, arto mailan, failek eragindako subsidentziatik, post-rift subsidentzia termikorako aldaketarekin (García-Mondéjar *et al.*, 2004; Floquet, 2004) eta subsidentzia gainbeherarekin batera, Kretazeoko transgresiorik garrantzitsuena gertatzen da, hain zuzen, Floquetek (1998a) Albiar berantiarretik-Santoniarrerarte desberdindutako hiru ziklo transgresibo-erregresiboen lehenengo zikloaren trasgresioarekin bat dator. Transgresio hau, mekanismo eustatikoek eragindako itsasmailaren lehenengo ordeneko igoeraren (Haq *et al.*, 1987) ondorioz gertatzen da, eta Ammoniteekin egindako doitasun handiko bioestratigrafiari esker, EKA-tik kanpo, Lurreko hainbat azaleramenduekin korrelazionagarria da (López-Horgue *et al.*, 2014).

Itsasmailaren igoerak, EKA-ko hego-mendebaldeko sedimentazio aurre-cenomaniarrak eragindako gradiente topografiko baxuei eta subsidentziaren aldaketari esker, EKA-ko hegoaldean hedapen handikotransgresioa eta arrapala motatako plataforma karbonatatuaren garapena eragiten ditu, Arceniega Formazioaren kasu (Amiot, 1982). Arceniega Formazioa, tupen, tupa-karetsuen, tupa nodulotsuen eta kalkarenita bioklastikoen arteko 1200 metroko txandakatzek osatzen du (Rodríguez-Lázaro *et al.*, 2003). Transgresio honek, ikerketako eremuan, analisi faunistikoen (López-Horgue *et al.*, 2014; Rodríguez-Lázaro *et al.*, 2003) egiaztatzen dituzten ekosistemen aldaketa dakartza. Bestetik, sedimentuaren ezaugarrietan espero daitezkeen aldaketak erregistratzen dira. Hala ere, transgresioa ez da azterketako eremuan sedimentazioan eragiten duen faktore bakarra, aurretik aipatutako gertakari halozinetikoen arkitektura deposizionalean eta fazie elkarrekin eragiten dute, hain zuzen ere, Murgiako diapiroa honen adibide garbia da.

Diapiro honek, Murgia eta Izarra udalerrien artean kokatua, Villasana de Menako (Burgos), Urduñako (Araba-Bizkaia), Maeztuko (Araba) eta Lizarrako (Nafarroa) diapiroekin N120E norabideko lerrokatzea osatzen du (Irudia 3). Murgiako diapiroa EKA-ko historia luzeeneko eta konplexutasun estruktural handienekoa da (e.g. B. Ábalos *et al.*, 2003). Azken ideia hau frogatzen dituzten ezaugarrien artean, diapiroaren perimetro eliptikoa eta tximiniaren okerdura izanik (Ábalos *et al.*, 2003), baita jatorri alpetarrek indar konbergenteen influentzia adierazten dute ere. Nagusiki buztinez eta igeltsuz osatutako bultzatzaile triasiarrak, 15.000 kilometrotako metaketa mesozoikoa ezegonkortzeko eta zeharkatzeko gai da (López-Horgue eta Hernández, 2003). Halozinezia Albiarrean hasten da (e.g. López-Horgue eta Hernández, 2003), bestalde, ekialdeko ildo periferikoen (primario eta sekundarioa) azterketatik, Ábalos *et al.*-ek (2003) diapiroaren fase halozinetikoa fase diapirikotik desberdintzen dute, bi faseen arteko trantsizioa Turoniar erdirako datatzen dutelarik. Era berean, ekialdeko ildoan, Albiar eta Cenomaniarrerako, fazieen eboluzio bertikalak aktibitate tektoniko garrantzitsua adierazten dute (B. Ábalos *et al.*, 2003). Beraz, sedimentazioaren gaineko kontrol halozinetikoa, mendebaldeko metaketanere (lan honen ikerketa-gunean) eragiten duela aurreuposatu daiteke. Ondorioz, karaktere lokaleko kontrolak, eskualde mailan sedimentazioan eragiten duten kontrolak, hala nola itsasmailaren igoera ezkutuan gorde ditzake. Ipar-mendebalderago ordea, Amurriorantz, diapiroaren influentziapeko erradiotik kanpo, beste kontrolak aztertzea posiblea egiten da. Hemen, Albiar-Cenomaniar muga Valmaseda Formazioaren gainak erregistratzen du, edukipaleontologikoa eta sedimentarioa testuinguru geologikoarekin bat datozen ezaugarriak aurkezten dituztelarik.



**Irudia 3.** Eskala desberdinetako erliebe-mapak. A) Villasana de Menako, Urduñako, Murgiako, Maeztuko eta Lizarrako diapiroen lerrokadura. B) Murgiako eta Urduñako diapiroak, Altube eta Nerbioi ibaien sorburu. Puntu gorriak (●) ikertutako azaleramenduak SE→NW noranzkoan: Jugo, Altube, Ziorraga, Astobiza, Amurrio-1, Amurrio-2 eta Olabezar. C) Murgiako diapiroa. Iturria: **IBERPIX**.

#### 4. Fazioak eta ingurune sedimentarioen interpretazioa

Atal honetan Albiar-Cenomaniar trantsizioa hartzen duten sekzio estratigrafiko garrantzitsuen deskribapen txiki bat, hauek aurkezten dituzten fazioen deskribapena eta dagozkien interpretazioak egiten dira ikerketa-gunearen ipar-mendebaldeko azaleramenduetatik hego-mendebaldeko azaleramenduetara ordenaturik. Eranskina 8-an identifikatutako fazioen laburpena egiten da.

##### 4a. Amurrio

Amurrio-1 eta Amurrio-2 sekzioak, Amurrio udalerriaren sarreran kokatzen dira A-624 errepidearen ezpondan azaleratuz (43° 3' 56.69" N, 2° 59' 54.69" W, ETRS89, Irudia 3 eta Irudia 6), aitzitik Olabezar sekzioa Amurrioko Olabezar auzoan kokatzen da (43° 3' 49.43" N, 3° 0' 26.27" W, ETRS89, Irudia 3 eta Irudia 6). Estratifikazioak N147°E, 17°SW norabide eta okerdura aurkezten du Amurrioko sarreran eta guztira 54 metroko erregistroa osatzen dute. Olabezarren, estratifikazioak N125°E, 19°SW norabide eta okerdura aurkezten du, hemen erregistroa 15 metrokoa da. Ammoniteak eta foraminifero bentonikoak erabilita (Taula 1), Amurrio-1 zutabea Albiar berantiarrean datatu da *Mortoniceras (Durnovarites) perinfatum* biozonan. Amurrio-2 zutabea, *Oribitolina sefini* (Henson) eta *Mesorbitolina aperta* (Erman) espezieen agerpenak, Cenomaniar goiztiarrean kokatzen dute. Sekzio hauek, Olabezar sekzioarekin batera, Valmaseda Formazioaren eta Arceniega Formazioaren arteko trantsizioa erregistratzen dutela onartzen da.



#### 4a.i. Olabezar(Eranskina 3)

##### **1 Tupa mikatsuak (O-1.1)**

Tarte metrikoak (1-5m) osatzen dituzte. Tupa mikatsu hauek disgregatzeko joera aurkezten dute, eta ez ditu ezaugarri makro-paleontologiko ezta sedimentario esanguratsurik aurkezten. Sedimentazio karbonatatu autoktonoa eta esekidurazko detritu finak heltzen diren ingurunearen metaketa adierazten dute.

##### **2 Kareharri hareatsuak (O-1.2)**

Purutasun txikiko kareharri hareatsu eta mikatsuak dira. Geruza zentimetroko tabularretan antolatzen dira eta oina eta gaina gradualak, baina, azkarrak dira. Barne egitura masiboa da eta eduki makro-paleontologiko txiropa erakusten dute.

Sedimentazio karbonatatu ematen den ingurunera heltzen den urruneko metaketa distalatzat interpretatu daiteke fazie hau, O-1.1 faziekiko desberdintasun nabarmena ezpurutasunen pikor tamaina besterik ez da.

#### 4a.ii. Amurrio-1 (Eranskina 2)

##### **1 Lutita ilun nodularrak (A-1.1)**

Kolore beltzeko lutita hauskor eta xaflatuak. Amurrio-1 zutabeko lehenengo 10 metroak osatzen dituzte. Barne egitura masiboa eta egitura kontzentrikoa aurkezten dituzten, 10-20 zentimetro luze diren siderita masiboko noduluak dira lutiten bereizgarritasun bat eta orokorrean, patroirik gabeko antolaketa mantentzen dute. Lutiten xafladura horizontala, noduluen geometriara egokitzen da, diagenesi goiztiarreko produktuak direla adieraziz. Eduki paleontologikoa oso baxua da.

Dekantazioaren bidezko metaketa mekanismoa nagusitzen den energia txikiko ingurune itsastarra adierazten dute, bestalde, ondo garatutako xafladura horizontala eta izaera azoikoak oxigenazio baldintza mugatuak edo sedimentazio tasa altuak adierazten dituzte (Johnson eta Baldwin, 1996).

##### **2 HCS-dun hareharriak (A-1.2)**

1-7 zentimetro lodierako pikor fineko hareharri geruzak dira. Nodulu sideritikoak hauetan lerrotzeko joera aurkezten dute. Orokorrean potentzia txikienerako geruzetan mika zurien kontzentrazioa handia da eta batzuetan pasatze hauek soilik mikaz osatuta daude. Alboetarantz, hareharrien potentzia aldakorra da, sarritan desagertzera edo jarraipen etena izatera heltzen direlarik. Bestalde, osagai mikatsua konstantea mantentzen da alboetarantzko jarraipen handia aurkeztuz. Gaina graduala baina azkarra da eta oina garbia da, geruza lodienetan higakorra. Hemen, zentimetro bat ingurukoskip motatako korrante (N160°E – N320°E) egiturak agertzen dira. Pasatze lodienak HCS (*Hummoky Cross Stratification*) egitura erakusten dute eta eduki paleontologikoa pasatze lodien oina eta gainean kontzentrazio txikitan agertzen diren, *Planolites* izan zitezkeen, bioturbazio *burrow* horizontalei mugatzen da.

Ekaitzaldietako olatuek *offshore*-an metatutako depositu tenpestitiko meheak dira (Aigner, 1985). Osagai mikatsua esekiduran garraiatzeko ahalmen handiagoagatik, pasatze mikatsuak dentsitate txikiko tenpestita metaketatzat jo daitezke. Aitzitik, potentzia mugatuak ekaitzaldietako olatuen oinarritik gertuko metaketa adierazi zezakeen (Johnson eta Baldwin, 1996).

### 3 Lohitarri mikatsuak (A-1.3)

A-1.1 faziearen *continuuma* dela onartu daiteke, hala ere, hemen pikor tamaina eta miken kontzentrazioa handitzen da, tarteka hareatsua izatera ailegutzen delarik. Fazie honek tarte metrikoak (<2,5m) osatzen ditu eta A-1.4 hareharriekin tartekatzen da. 5mm diametroko orbitolinak ditu, hala ere, tarteka desagertzen dira. Honekin batera, kontzentrazio aldaketak erregistratzen dituen, eta zutabeen goranzko kontzentrazio-handiagotze orokorra erregistratzen duen osagai karbonatua minimo bat erakusten du. Lan honetan egindako datazioetariko bat, fazie honetan aurkitutako Ammonitearen (AM1-7) bitartez egin da (Taula 1).

Energia txikiko baldintza itsastarretan metatutako sedimentua osatzen du fazie hau. A-1.1 faziearekin konparatuta, pikor tamaina handiagoa denez, erlatiboki metaketa proximalagotzat jo daiteke. Halaber, orbitolinen eta osagai karbonatuaren kontzentrazio aldaketak baldintza ekologikoen eta sedimentarioen aldaketen bitartean metatutako lohiak direla adierazten dute, orbitolinen agerpena oxigeno kontzentrazioa A-1.1 faziearen metaketan baino handiagoa iradokitzen duten bitartean, karbonatoaren presentzia, honen ekoizpen handiagoa edo sarrera siliziklastikoaren jaitsiera adierazi dezake.

### 4 Nodulizatutako hareharriak (A-1.4)

Alboranzko jarraipen handiko, geruza tabular dezimetrokoak dira, gehiengoa 20-35cm lodierako heinean daudelarik, baina 1 metrokoak izatera ailegatu daitezke. Barne egiturarik gabeko itxura nodulizatu eta masiboa aurkezten dute, gaina eta oina garbia izanik. Pikor fina-ertaineko hareharri hauek sideritak zementatzen du, ondorioz, prozesu supergenikoen menpe gelditzen diren azalera kolore gorrixkak jasotzen dituzte, hala, pikor finagoko fazieetatik, A-1.1 eta A-1.3 alegia, desberdintzen dira, azken hauetan sideritazko zementazioa mugatua bai da eta kolore grisak nagusitzen dira.

Barne egituren gabeziak sedimentazio mekanismoen informazioaren falta suposatzen dute, hala ere, morfologia tabularra, granulometria eta egitura higakorren absentiarengatik erliebe deposizional txikiko itaspeko barra distaltzat jo daiteke.

### 5 Orbitolinitak A (A-1.5)

Fazie hau 20cm inguruko potentziak azaltzen dituzten geruza tabularrak dira. Zementu sideritikoaren oxidazioak kolore gorrixa ematen die geruza hauen azalari, arroka freskoaren kolorea ordea gris argia da. Gaina eta oina gradualak eta azkarrak dira, bestalde, guztiz irregularrak dira. Barnean, 2cm diametro baino txikiagoak diren orbitolinak, orokorrean, bizi posizioan eta kontzentrazio handitan agertzen dira baita, gastropodoak, kontzentrazio askoz ere txikoagotan, erakusten ditu ere. Fosilen arteko espazioa lohia-pikor fineko harea eta matrizemikroesparitikoa osatzen dute.

Kondentsazio sedimentarioaz sortutako metaketa itsastarrak direla interpretatzen da (Dabrio eta Hernando, 2003), "kondentsazio-geruzak" alegia. Orbitolinen kontzentrazio masiboak diluzio sedimentarioaren tasa txikiak adierazten dute eta geruzaren irregulartasunak zementazio goiztiar baten adierazle izan daitezke.

#### 4a.iii. Amurrio-2 (Eranskina 3)

### 1 Hareharri masiboa (A-2.1)

Alboranzko jarraipen handiko eta lodiera (1'75m) konstanteko hareharri geruza tabularra eta gorrixa. Barne egitura masiboa eta pikor tamaina ertaina-larria da. Oina zuzena eta garbia da, bestalde, gaineko

azkeneko 25 zentimetrotan, bizi posizioan agertzen diren orbitolinak kontzentratzen dira. Fazie honen eduki fosiliferoa murrizta da, hala ere, joera bertikaleko, bereizmen txikiko, 1cm diametroko bioturbazio tutu bertikalak eta zehiarrak erakusten dira. Geruza hau N152<sup>0</sup>E, 63<sup>0</sup>NE norabideko kaltzitazko zain familiak mozten du, hala ere, sistema honen agerpena geruza honetara mugatzen da.

Fazie hau barra itsastar baten metaketa moduan interpretatu daiteke. Barne egitura garatua ez badu ere, pikor tamainak eta joera bertikala duten bioturbazio tutuek, erlatiboki energia handiko ingurunean metatzen dela pentsarazten dute. Orbitolinen agerpena gainara mugatua egoteak baldintza energetikoeziak edota deposizio-abiadura handia dela adierazi dezake ere, behin barraren sedimentazioa gelditua, abandonatutako barraren kolonizazioa gertatuz. Geometria taulakarak eta alboranzko jarraipen handiak barraren geometria laxoa adierazten dute.

## 2 Sulfurodun lutita beltzak (A-2.2)

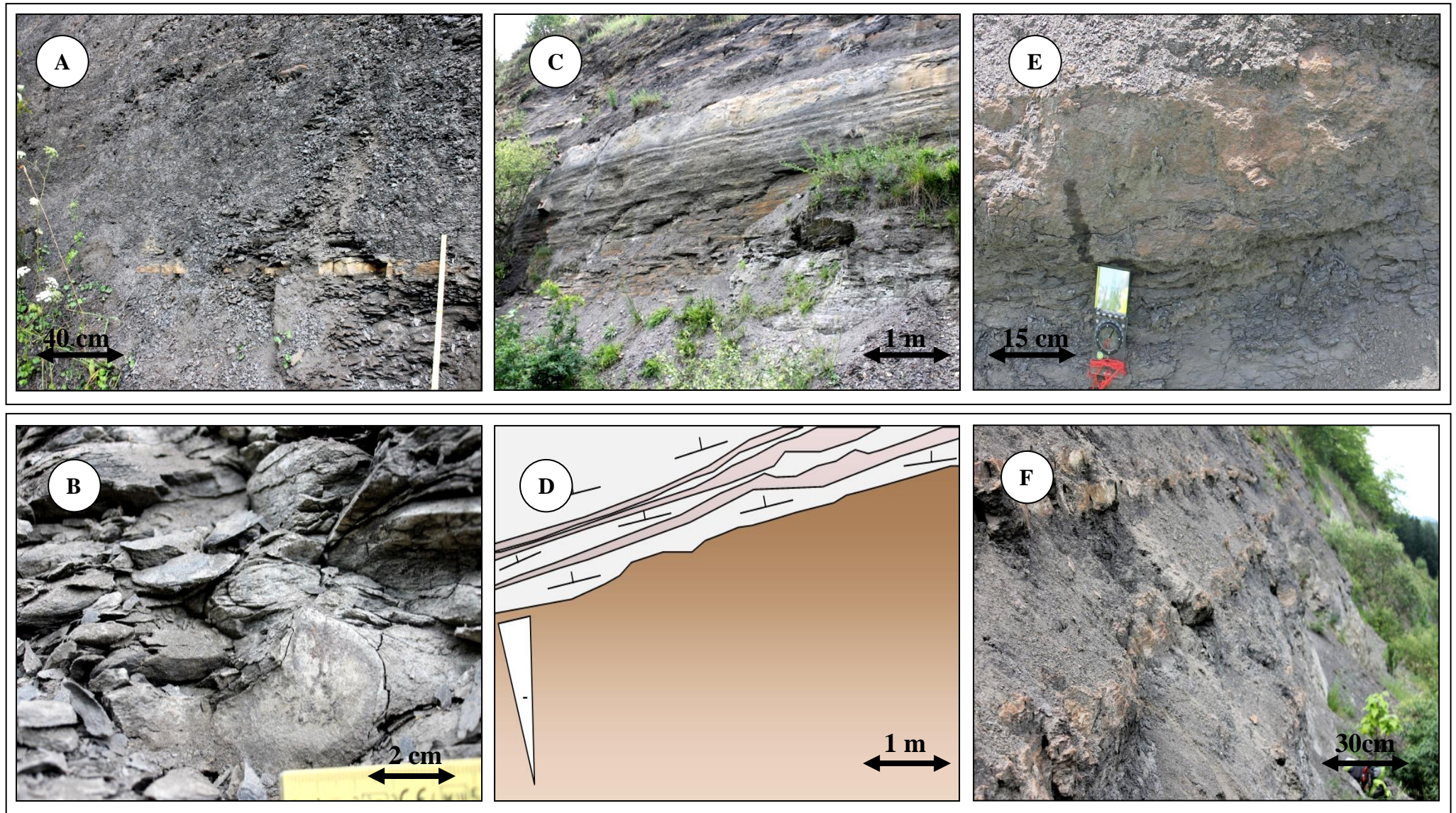
Lutita hauek 1 m inguruko lodiera eta alboranzko jarraipen handia aurkezten dute. Esan bezala, hauen oina graduala da, gaina ordea, landarediak estaltzen du. Fazie honen bereizgarritasun handiena alboranzko jarraitasun mugatutako 0,5cm inguruko sulfuro masiboeko mineralizazio estratiformeak dira. Oxidazioak eragindako tonu gorrixkek burdin osagaia salatzen du. Era berean, 10 cm inguruko luzerako eta, kaltzitaz betetako barne septaria-egitura duten noduluak agertzen dira.

Itsasoko energia txikiko sedimentazio baldintzak errepresentatzen dituzte. Kolore ilunak gai organikoaren kontzentrazioa altua adierazten dute. Bestalde, sulfuro masiboen xafla milimetrikoez baldintza erreduktoreen lekuko dira, oxigeno askearen faltan, organismo heterotrofoek materia organikoa katabolizatzeko behar duten oxigenoa itsas uretan disolbatutako sulfato ioietatik jasotzen bai dute *errekduzio disimilakorra* dela medio ( $2\text{CH}_2\text{O} + \text{SO}_4^{-2} \rightarrow 2\text{HCO}_3 + \text{H}_2\text{S}$ ), ondorioz, azido sulfidrikoa ioi metalikoekin erreakzionatu eta sulfuroak, kasu honetan burdin sulfuroak, hauspeatuko dira.

## 3 Tupa hareatsuak (A-2.3)

Kolore gris argiko tupa hauek zutabeen gora desagertzeko joera orokorra aurkezten duten haren eta miken kontzentrazio aldakorra erakusten dute. Maila hareatsuenak, erliebe diferentzial positiboak eratzen dute, hala ere, maila hauek, 10 zentimetroko potentzia maximoak osatzen dituzte. Bestalde, siliziklastikotan txiroagoak diren kareharri-tupatsuetako maila dezimetrokoak tartekatzen dira, hauek ere, erliebe positiboak ematen dituztelarik. Tarte karbonatatu hauek, 30 cm inguru luze diren mota sideritiko gorrixkak erakusten dituzte. Tupa hareatsuetan, orbitolinak, itsas trikuak, bibalboak, brakiopodoak eta 3-5cm diametroko koral bakartiak aurkitu daitezke.

Konposizio bimodaleko sedimentu hauek ingurune trantsizional itsastarreji metaketa adierazten dute. Hemen ekoizpen autoktono karbonatua eta *input* terrigenoa nahastatzen dira, sarrera terrigenoa handiagotzean erliebea ematen duten maila hareatsuagoak metatzen diren bitartean, sarrera txikiagotzen denean ordea, purutasun handiagoko maila karbonatatuak metatzen dira, hauek ere erliebe positiboak emanez eta fluido diagenetikoaren jario diferentzialen ondorioz, lekuko zementazio siderikoa jasotzen dute.



**Irudia 4.** Amurrio-1 sekzioa. A: Lutita beltzak (A-1.1) eta tenpestita (A-1.2), B: Lutiten xafladura noduluari egokitzen (A-1.1). C: Hareharriak (A-1.4), loharriak (A-1.3) eta orbitolinitak (A-1.5) azaleramenduan. D: C argazkiaren irudikapena, E: Orbitolinitak gertutik gaina eta oin irregularrak erakutsiz, F: Orbitolinitak azaleramenduan.

#### **4 Hareharri xaflatua (A-2.4)**

3 cm inguruko potentzia duen pikor fineko hareharri geruza. Oina irregularra eta garbia da, bestetik, gaina garbia eta uhinkara da. Alboetarantz potentzia aldaketak erregistratzen ditu. Beheko partean (lehenengo 2cm-tan) xafladura paraleloa bereizi daiteke, goiko parteak ordea, ez du egiturarik aurkezten.

Garapen txikiko eta dentsitate txikiko metaketa turbiditiko interpretatzen da, ikuspuntu dimentsionaletik aztertuta garrantzi txikiko faziea den arren, sistema terrigeno litoralaren birlanketa adierazten du. Beraz, fazie karbonatatuaren artean agertuta ere, aktiboa mantentzen den itsasertzeko metaketa siliziklastikoaren adierazle zuzena da.

#### **5 Orbitolinitak B (A-2.5)**

A-1.5 faziearen (ikus. A-1.5 faziea, 9.orr) antzekoa da, hala ere, honek 20-95zentimetroko potentziak erregistratzen ditu, eta oina eta gainak erregularragoak dira. Bestalde, orbitolinen diametroa 3 zentimetrotararte heldu daitezke eta hemen ere, brakiopodoak eta itsas trikuak agertzen dira.

A-1.5 faziea jasotzen duen interpretazio bera du honek, baina, hemen, zementazio goiztiarra eta kondentsazio sedimentarioa intentsitate txikiagoak dira.

#### **4b.i. Astobiza(Eranskina 4)**

Astobiza sekzioa, Amurrio udalerrian kokatzen da Astobizako herrixkan. Azaloramendua, NW-SE norabidearekin, A-624 errepidearen ezpandan kokatzen da (43° 0' 58.4" N, 2° 55' 1.56" W, ETRS89). Estratifikazioak N125°E, 25°SW norabidea eta okerdura aurkezten du, guztira 38 metroko erregistroa osatuz. Ammoniteen bitartez egindako datazioak (Rat, 1959) Albiar berantiarrean, *Mortoniceras* (*Durnovarites*) *perinfeatum* biozonan, kokatzen dute Astobizako erregistroa.

#### **1Lohitarri bioturbatuak (As-1)**

Bioturbazio maila oso altuko lohitarri horixkak. Fazie honek 1 metro inguruko tartekak osatzen ditu. Batik bat *Planolites* iknofazieak izan zitezkeen, 1 cm diametroko galeria horizontalek osatutakoa bioturbazio biziak jatorrizko barne egitura ezabatzen du.

Energia txikiko ingurune itsastarreko lohitarriak. As-2 eta As-5 fazieekin osatzen duten fazie-elkarketatik eremu azpimareletako metaketa direla interpretatu daiteke (López-Horgue *et al.*, 2001). Bioturbazio maila altua baldintza oxigenatuen adierazleak dira (Johnson eta Baldwin, 1996). Galeria hauek suposatzen duten porositate gehikuntzak, fluido diagenetiko zementatzaileen jario diferentzian eragiten dute, ondorioz, zementu sideritikoaren oxidazioak ematen duen kolore eta kompetentzia erlatiboagatik, egitura hauek nabarmentzen dira.

#### **2 Pikor fineko hareharri bioturbatuak (As-2)**

Bere kolore gorrixkak *As-1* fazieetik desberdintzea ahalbideratzen du. Fazie hau 20-70 zentimetrotako pikor fineko geruzek osatzen dute. Gaina eta oinaren izatea ezagutzea zaila da, B-1 faziean deskribatutako bioturbazioak hareharri hauen mugak moldatuak egonagatik. Gainera, ezaugarri hauek, fluido zementatzaileen aktibitatea lausoa izatea eragiten dute mugaren finkatzea zailduz. Hala ere, tarteka oin garbia eta gaina graduale susmatu daiteke. Barne egiturarik gabeko fazie masiboak dira, *Thalassinoides* iknogeneroari dagozkion galeria zehar eta subertikalak adierazten duten aktibitate biologikoak ezabatuta egoteagatik agian. Eduki

paleontologikoari dagokionez, aipatutako aktibitate biologikoei dagozkien galeriak eta bizi posizioak agertzen ez diren orbitolinak dira ordezkari nagusiak, azken hauen posizioa aktibitate biologikoak ere eragin dezaketelarik.

Fase transgresionalean garatutako eta abandonatutako ubideak (López-Horgue *et al.*, 2001). Itsas hondoko izakiek, sedimentazio tasa txikitzen eta baldintza oxigenatueta abandonatutako ubidearen itsas hondoko izakien menpe gelditzen da.

### **3 Lutita ilun nodularrak (As-3=A-1.1)**

A-1.1 fazie bera (ikus. A-1.1 faziea, 9.orr.).

### **4 Hareharri uhinkarak (As-4)**

3-8 zentimetroko pikor fineko hareharri geruzak. A-1.2 faziearen antzekoa da (ikus. A-1.2 faziea, 9.orr.), hala ere, kasu honetan potentzia handiagoak dira, HCSa garapen handiagokoa da eta gainak Ripple simetrikoak erakusten ditu, bestalde, alboranzko jarraitasuna askoz ere mugatua da, hain zuzen, geruza hauek, As-3fazieetan lekutatutako hareharrizko leiarrak dira. Batzuetan nodulizatuak agertzen dira.

Ekaitzaldietako olatuen menpeko *offshore* hurbilean metatutako depositu tenpestitikoak dira.

### **5 Xafladura gurutzatu ildokareko hareharriak (As-5)**

Zutabearen beheko partean haur-ganbilak diren eta zutabearen gora morfologia tabularragoak eta lodiagoak aurkezten dituzten hareharrizko gorputz dezimetrokoak (20-40cm) osatzen dute fazie hau. Oina garbia da eta zaharragoak diren egiturak eta fazieak, hots lohitarriak eta fazie hau bera, mozten ditu, gaina ordea, graduala da sarritan trantsiziozko *flaser*-aren bitartez lohitarrietara pasatuz eta ohe forma ripplekaretaraerakusten ditu maiz. Gorputz hauek lohitarrizko geruza zentimetrokoak (>15cm) banatzen dituzte, izan ere, litosomohauak goranzko pikor fintzea erregistratzen dute, pikor fineko fazie hauetarantz eboluzionatuz. Ardatz horizontalean bifurkazioak, polifurkazioak, potentzia aldaketak edota *pinch-out* morfologiak erregistratzen dituzte kasu gehienetan, hortaz, luzerako dimensio metrikotara (3-7m) murriztutako hareharri gorputzak dira, hala ere, esan bezala, zutabearen gora, morfologia haur-ganbila galtzarekin batera, zabalerako hedapen handiagoak aurkezten dituzte (Irudia 5A eta Irudia 5B). Hareharri hauek, biraktibazio gainazalez mugatutako, okerdura txikiko (5-15°) barne xafladura gurutzatu ildokareko *set*-ak erakusten dituzte, litosomoen beheko partean garapen txikikoa izanik. Gorputzen ertzean, xafladuraren baitan, bi eskalatako erritmizitatea bereizi daiteke; (1)bi hareharri (bata bestea baino lodiagoa, Irudia 5D) eta bi lutita xaflen txandakapena, eta (2)hareharri xaflen lodiera aldaketek definitzen dutena (irudia 5C). Hareharrizko gorputzen ertzetik kanpo lehenengo eskalako erritmizitatea soilik bereizi daiteke (ez beti).

Hareharri eta lutiten txandaketaz osatutako xafladura ildokarak eta geruzen morfologia haur-ganbilak ubide marealetako betetze-segidak direla iradokitzen dute. Goranzko fintze sekuentziak eta lohitarrietaranzko eboluzioak ubideen beteketa eta abandonatzea adierazten dute. Lehenengo eskalako erritmizitatea marea ziklo baten metaketa da (Dalrymple *et al.*, 1991), non hareharrizko xaflen lodiera desberdintasunak, marea korrontearen asimetria adierazten du, goratze edo beheratze korrontea (paleokorronte egituren gabezia ez dago korronteen noranzkoa definitzerik) bestearekiko menpekoa da. Bigarren eskalako erritmizitatea ilargialdiek definitutakoa da, hareharrizko xaflen lodiera handienak marea biziei dagozkie (ilberrietan eta ilbetetan) eta lodiera txikienekoak marea-hiletan (ilbeheretan eta ilgoretan) gertatzen dira (Nio eta Yang, 1991).

Bestalde, gainako ripple simetrikoen agerpenak, eguraldi oneko olatuen menpeko, ubide-betekinen birlanketa agerian uzten du, ubideen norabideak (SSE-NNW) eta olatuen norabideak (NE-SW) elkarrekiko zehiarrak izanik. Zutabeen gora litosomoeak erregistratzen dituzten morfologia aldaketak korrante konfinatuen desagerpena eta fluxu-hedapenaren galeraren bitartez azaltzen da, ondorioz, azalera handiagotan eragiteko kapazak dira.

## 6 Hareharri geruza plano ganbilak (As-6)

Lutitazko xaflez edo tartez banatutako hareharrizko geruza dezimetrokoak (10-25cm) dira. Hareharriek morfologia tabularrak eta plano ganbilak aurkezten dituzte eta, alboranzko lodiera murrizketa txikiak erakusten dituzte. Lutitazko tartek zentimetrokoak edo milimetrokoak dira, halaber, hauek azaltzen ez diren hareharrizko geruza amalgamatuak erregistratzen dira. Hareharrizko geruzak gainjartzen diren tarte hauetan pikor tamaina larriagoa da, non ostreidoen maila bat identifikatu den. Hareharriek sarritan gain ripplekara (simetrikoa) aurkezten dute eta batzuetan gar egiturek eraldatutako oinak dituzte. Barne egitura masiboa da, joera bertikaleko bioturbazio tutuak erakusten dituztelarik.

Fazie hau marea korranteek landutako eta zenbaitetan eguraldi oneko olatuen menpe gelditzen diren barra hareatsuen erregistro direla interpretatzen da. Pikor fineko fazieekin tartekatzeak zonalde intermarealarekiko gertutasuna adierazi zezakeen (Robert, 1992).

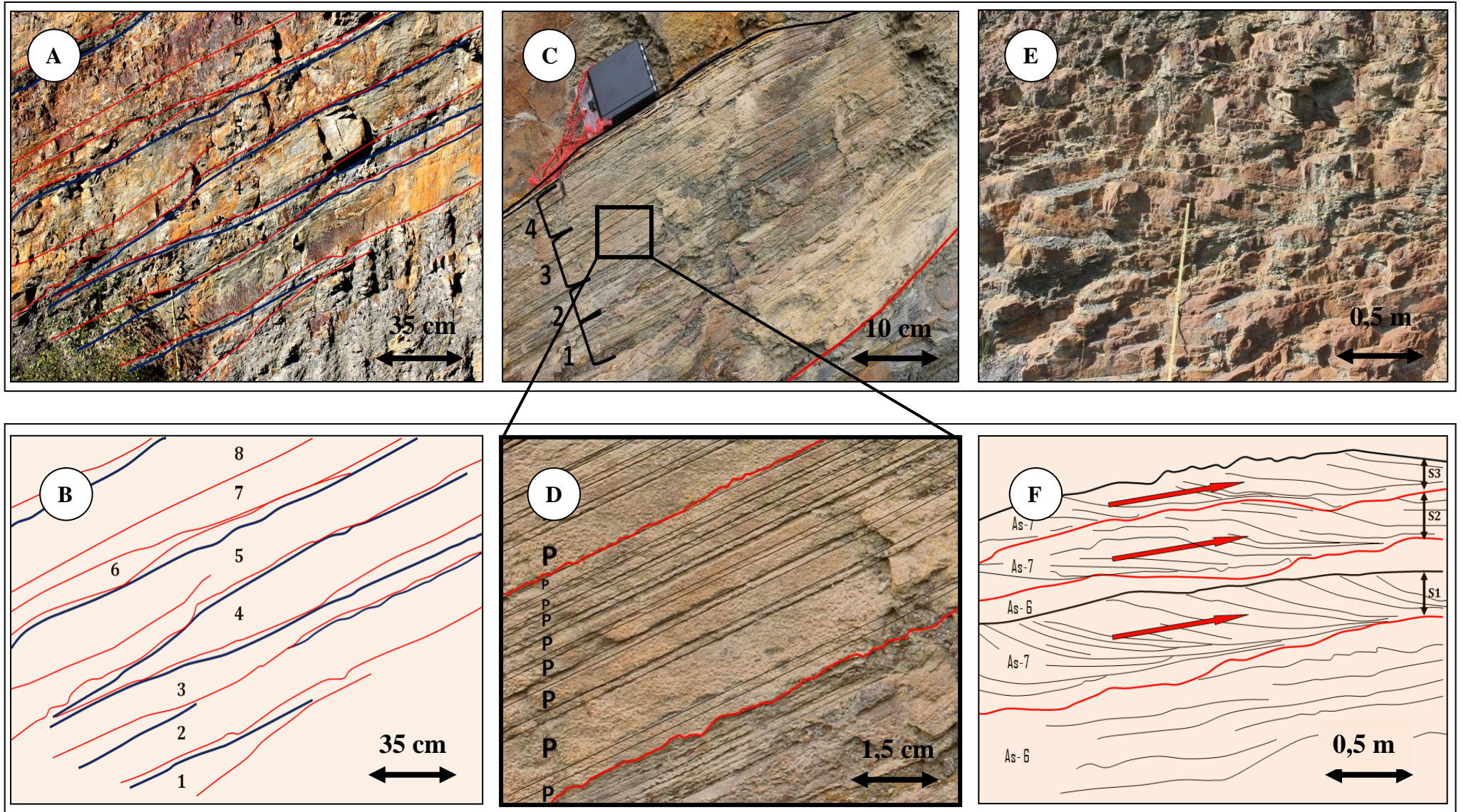
## 7 Epsilon geruzapen gurutzatuko hareharriak (As-7)

Epsilon estratifikazioa erakusten duten *set* dezimetrokotan (30-50 cm) antolatzen dira (Irudia 5E eta Irudia 5F). Era berean, barne estratifikazio gurutzatua lodiera progresiboki aldatzen duten hareharrizko estratuak (5-10cm) eta hauek banatzen dituzten lutita xaflezosaturta daude. Ardatz horizontalean, *set* hauen alboranzko irismena 7 metro ingurukoa da, oina eta gaina irregularrak izanik. Epsilon estratifikazioak goranzko pikor larritze joera aurkezten du, *bottomset*-ak (heterolitikoak) pikor finagoaz eta *foreset*-erantz galdu edo findu egiten diren lutita estalkiaz osaturta daude, *foreset*-ak ordea, pikor larriagoz osaturta daude eta hemen, estratuen lodiera handitzen da. *Bottomset*-ean ripple simetrikoen presentzia adierazi zezaketen garapen txikiko egitura uhinkarak bereizi daitezke.

Azpi-ingurune hareatsuen (As-6) arteko ubide mareal bihurtutako metaketa direla interpretatze da. Estratifikazio sigmoidalak ubidearen alboranzko migrazioa eta puntako barren alboranzko akrezioa (ESE  $\leftarrow$  WSW) adierazten dute (Robert, 1992). *Set*-en dimentsio bertikalak ubide hauen sakonera 0,5-0,3 metroen artekoa zela adierazten dute, era berean, epsilon estratuen arteko lutitazko estalkiek fluxumarealen adierazleak dira.

### 4c.i. Altube (Eranskina 5 eta Eranskina 6)

Sekzio hau aztertutako eremuaren hego-ekialdeenekoa da, hain zuzen, Murgiako diapiroaren ipar-mendebaldeko ertzean kokatzen da (42° 58' 35.77" N, 2° 52' 32.84" W, ETRS89), AP-68 autobidearen ezpondan azaleratuz, Altube mendateko bidesaritik hurbil. Estratifikazioaren norabidea N230°E, 40°SE da, material mesozoikoaren eta Keuper fazieen arteko ukipenarekiko paralelo. Guztira 134 metrotako erregistroa aztertu da.



**Irudia 5.** Astobiza sekzioko fazie batzuk. A: Ubide morfologiak (As-5), B: Ubideen irudia. C: As-5 faziearen (2) eskalako erritmizitatea, marea bizia - marea hila zikloak , D: Al-5 faziearen xehetasuna, hemen marea laukoteak eta korronte printzipalei (P) eta menpekoei dagozkien xaflak bereizi daitezke. Gorriz, orden txikiko higadura gainazala, F: As-7 faziea azaleramenduan, E: As-7 faziearen adierazpen grafiko eta interpretazioa. Lerro gorriak: gainazal higakorrak. Lerro beltzak: gainazal sedimentarioak. S1, S2, S3: set-ak. Gezi gorriak: epsilon estratifikazioaren migrazioa irudikatzen duen gezia



### **1 Lutita ilunak (A1-1=A-1.1)**

A-1.1 faziearen antzekoa da, hemen, noduluen kontzentrazioa askoz ere txikiagoa da. Interpretazioa A-1.1 faziearen berdina da.

### **2 HCS-dun hareharriak (A1-2)**

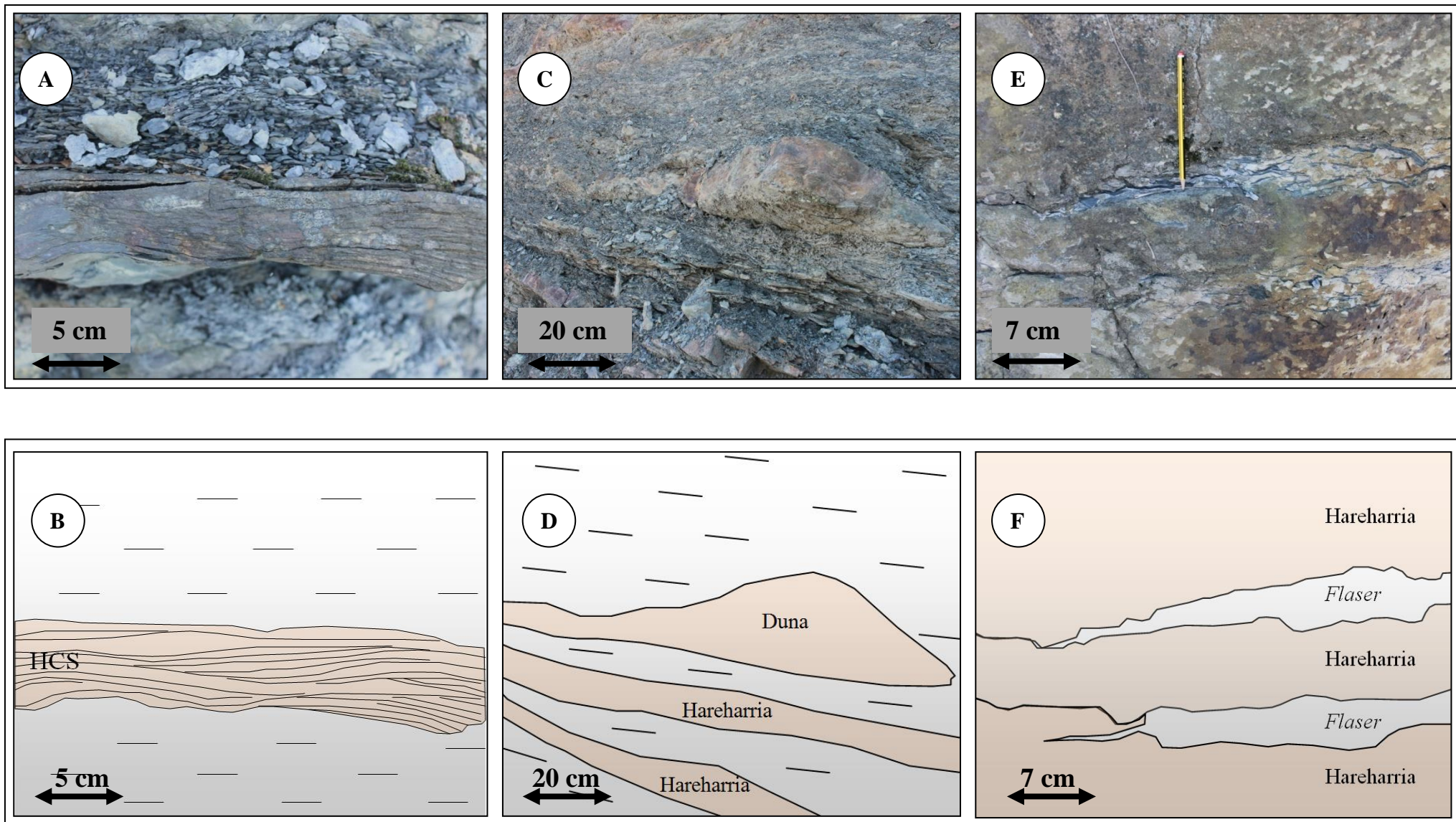
A-1.2 eta As-4 fazieen ezaugarri bertsuak aurkezten dituzten hareharriak dira. Hauen potentzia zentimetro batzuk handiagoak dira, 5-10 zentimetrotako heinean egonik. Hareharri hauen oina A-1.2 eta As-4 fazieetan baino askoz ere higakorra da, zenbait kasutan 5-10 zentimetro luze diren *gully*-ak osatuz. Aitzitik, hareharri hauen alboranzko jarraipena Amurrio-1 eta Astobizako HCS-dun geruzak baino alboranzko jarraipen luzeagoa da.

Ekaitzaldietan, olatuek kostaldetik birlantzen dituzten sedimentuek itsasaldera barneratzean sortzen duten higadura eta metaketako fazieak dira hauek (Aigner, 1985), A-1.2 eta As-4 fazieekin konparatuta, hauek, kostaldetik distantzia txikiagotan edo olatuen energia handiagotan metatutako tenpestitak dira.

### **3 Kalkarenitak (A1-3)**

Dimentsio bertikal metrikoko (1-5m) kareharrizko pakete kompetenteak osatzen dituzte. Aztergai dauden oinak eta gainak garbiak dira eta alboranzko lodiera aldaketak aurkezten dituzte. Goranzko pikor fintze sekuentzia positiboen gainan kokatzen dira maiz, hots, lutiten gainean, sekuentzia hauek mugatuz. Ábalos et al.-en, (2003) koral eta orbitolinadun kareharrien bost maila bereizten dira diapiroaren ekialdean (Jugoren ekialdekoazaleramenduan). Lan honetan, errudistak, beste bibalboak eta 3 zentimetrotako diamentrorra izatera ailegatzen diren orbitolinak ere desberdinu dira. Xafla mehean alga gorriak, koralak, itsas trikuen arantzak eta foraminifero plantonikoak bereizten dira ere (Irudia 9A, 9E). Era berean, kareharriek zutabeen duten posizioaren arabera bioklastoen mikritizazioa eta desberdina da. Kareharri hauek grainstone (Irudia 9B, 9D) edo packstone (Irudia 9A, 9C) litofazie moduan sailkatzen dira (Dunham, 1962), 0,2-1,5 milimetrotako tramaren, bereziki bioklastikoaren, arteko hutsunea matrize mikritikoa edota zementua betetzen bai dute. Ekialdean metro bateko potentzia maximoak erregistratzen dira, erdiko mailan izan ezik. Honek metro gutxi batzuetatik 20-30 metrotara doan potentzia aldakorra erregistratzen du. 1:25.000 eskalako kartografian (Arriola *et al.*, 1994), diapiroaren perimetro osotik desberdintzen dira alboranzko jarraipen mugatutako karbonatozko mihi hauek, hala ere, aztertutako sekzioaren goreneko bi maila besterik ez dira bereizten, ekialdeko ertzean bere partetik, bost mailetatik erdikoa soilik, hots, lodiena, kartografiatzen da.

Kareharri hauek karbonatozko FORAMOL motatako asoziazio biotikoaz osatuta daudela interpretatzen da. Fazie hau, uhertasun txikiko eta sakonera txikiko baldintzen lekuko da. Mikritizazio maila desberdinak, zuzenean sedimentuen esposizio denborarekin erlazionatu daitezke. Alboranzko potentzia aldaketak eta kontaktu garbiak, oin higakor garbia aurkeztu ez arren, ingurune energetiko batean higadura minimo bat sortuz metatutako kalkarenitak direla interpretatu daiteke. Litofazieek baldintza energetikoak berresten dituzte. Beste fazietan irakurritako mareen eragina (e.g. A1-4) hemen ere eragin zezakeen, bestalde, sakonera txikitzen metatzeagatik, eguraldi oneko olatuen energiapean egon zitezkeen. Gatz domoaren tektonismoak ere, alboranzko lodiera aldaketetan eragin zuzena duela interpretatzen da. Karbonato ekoizpena material terrigenoen sarrerek eragiten duten uhertasunarekin galtzen da (James eta Kendall, 1992), *input* terrigenoa tektonika halozinetikoaren menpe egon zitekeelarik ere bai.



**Irudia 6.** Altube sekzioko fazie batzuk. A: HCS (Al-2), B: HCS-ren irudia. C: Al-5 faziea azaleramenduan, D: Al-5 faziearen irudia. E: Al-4 faziea azaleramenduan, F: Alboranzko fazie aldaketa.

#### **Hareharri geruza amalgamatuak (A1-4)**

Hareharrizko gorputz metrikoak (8-11m) osatzen dituzte. Hareharrien pikor tamainaren heina ertaintetik larrira doa, tarteka mikrokonglomeratikoak izatera heldu daitekeelarik. Mika osagaia garrantzitsua da eta, kantitate askoz ere txikiagotan agertzen badira ere, ikatz zati milimetrikoak bereizi daitezke ere. Gorputz detritiko hauek karaktere irregularreko mugak, batzuetan oin higakorra, dituzten hareharri geruza amalgamatuak osatzen dituzte. Alboetarantz *flaser* egituretarako migrazioa ematen da. Garapen txikiko epsilon geruzapen gurutzatua erakusten dituzten bereiztu daitezke ere. Esan bezala, mugak irregularrak dira, batzuetan oin ahurrarekin, eta alboetarantz galtzeko joerak eta izaera etenak aurkezten dituzte, hala, geruzek ez dute morfologia definiturik aurkezten. Ohikoak dira lutitazko estalkiak, hareharrien pikor finagoko tarteeetan kontzentratzen direlarik, hala ere, pikor larriagoko tarteeetan agertzen dira ere, baina, alboranzko jarraipen mugatuarekin. Sarritan, estalki hauek bioturbazioak deformatuak agertzen dira. Batez ere, *Ophiomorpha* tutuak, isolatuak eta sareetan antolatuak, bereizten dira, hala ere, *Asterosomaposiblea* eta *Teichichnus*knogeneroakere identifikatu dira, azken honek, *flaser*-etanegituretan agertuz.

Lutitazko estalkiek eta *flaser* egiturak mareen menpeko azpi-ingurunea dela adierazten dute. Beraz, ubideraketa minimo bat pairatzen dituzten marea korronteek landutako hareazko litosomoztat interpretatu daiteke fazie hau. Korronte marealak bideratzen diren lekuetatik ohe formak garatzen dira. Energia handiko fluxuak gertatzean, marea bizietan agian, gainazal hareatsua higatu egiten da. Fluxuak bideratzen diren eremuetatik kanpo pikor finagoko eta *flaser* metaketa ematen dira. Bioturbazioaren kontzentrazio altuak oxigenatutako ingurunea dela adierazten dute, bestalde, *ophiomorphak* erlatiboki energia altuko baldintzak eta substratu higikorrek adierazten dituzte (Frey *et al.*, 1990).

#### **5 Hareharrizko geruza zentimetrokoak (A1-5)**

Pikor fineko hareharri geruza zentimetrokoak (3-30cm) potentzia aldakorreko pikor finagoko tarteeekin txandakatuta. Hareharriek nekez aurkezten dituzte egitura sedimentarioak, halere, okerdura txikiko xafladura gurutzatua erakusten dituzten gorputz plano-ganbilak (<35cm) eta hareharrizko eta pikor finagoko xaflen arteko txandakapena erakusten dituzten hareharri geruzak daude.

Gainazal sedimentarioa erlatiboki goratuta eta goratzen dagoen momentuei dagozkien metaketa sedimentarioa da fazie hau. Momentu hauetan, karga traktiboa, zailtasunez heltzen da gatz-domoaren parte honetara; hala ere, badago harea finaren sarrera minimo bat eta hau mareen menpe gelditzen da marea-eritmitak eta dunak garatuz.

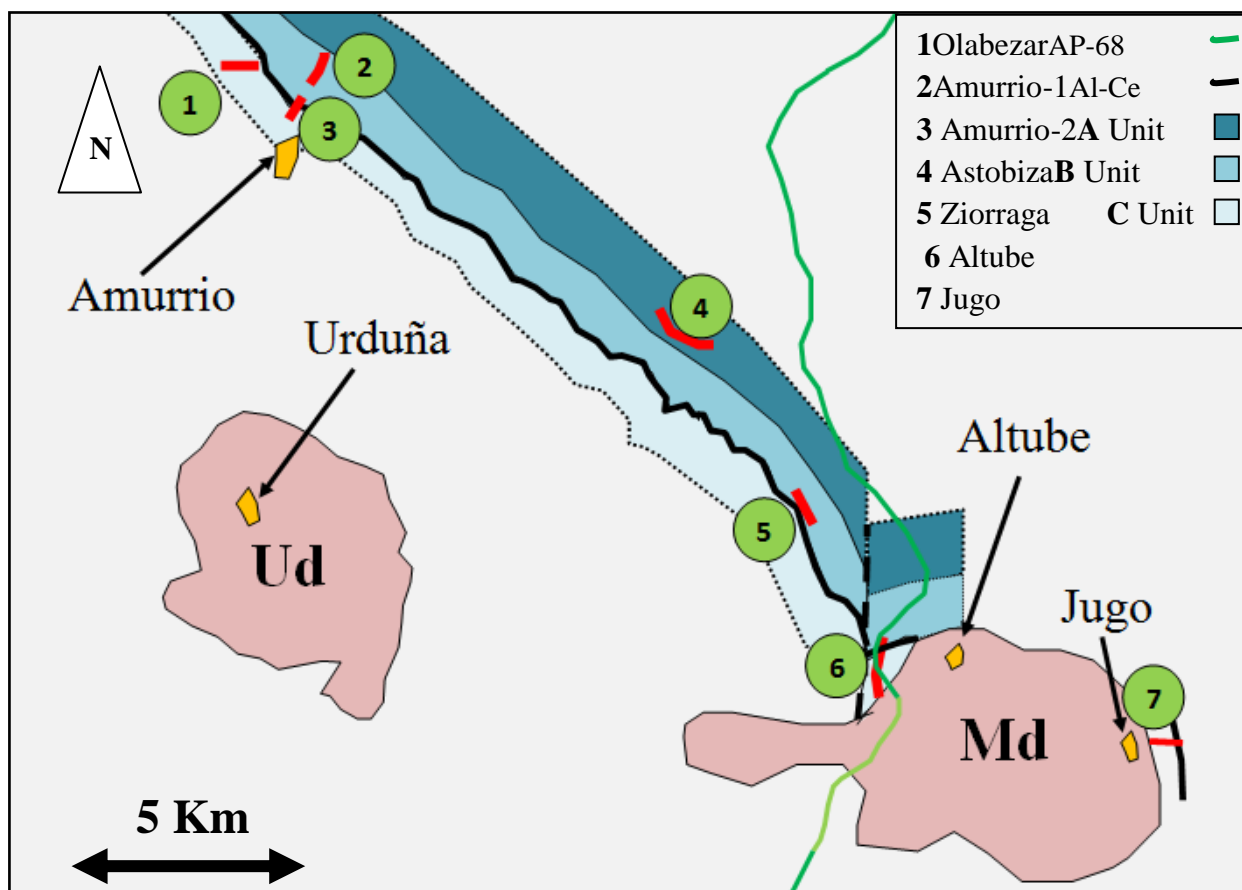
### **5. Zutabeen arteko korrelazioa: Unitate sedimentarioen definizioa**

#### *5a. Datazioa eta korrelazioa*

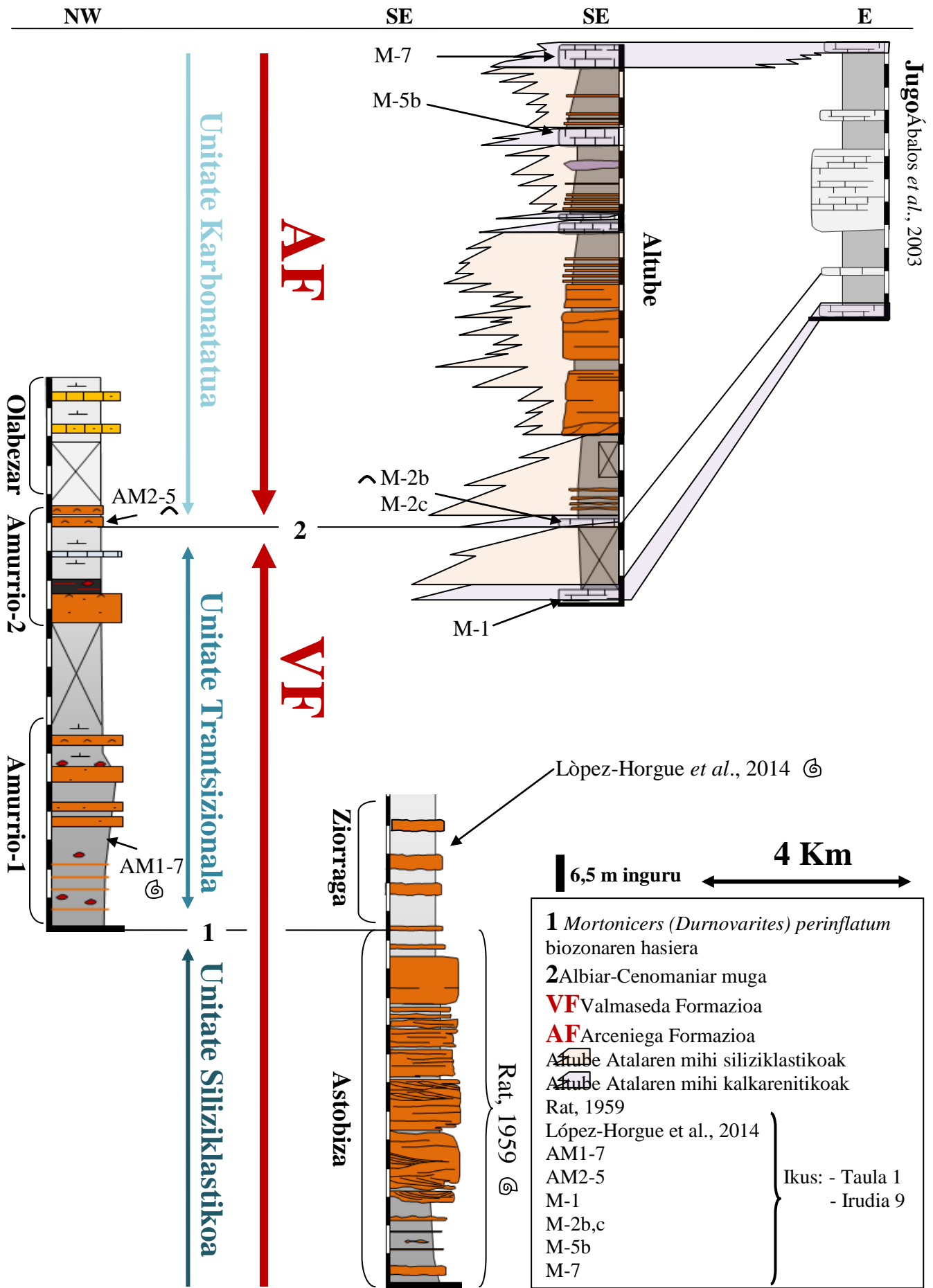
Atal honetan aztertutako sekzioak (Irudia 7)korrelazionatzen dira arroaren estratigrafia eta diapiroak sedimentazioaren gainean duen eragina ezagutzeko asmoarekin. Korrelazioa ammoniteetan eta orbitolinetan oinarritutako bioestratigrafiatik lortutako adinetan eta litologia aldaketetan du funtsa; azken hauek, arro testuinguru honetan osagai denborala dutela onartzen bai da, beti ere, ziurgabetasun denboral minimo bat aintzat hartuta. Lan honetan gehitutako datu bioestratigrafiko berriak Rat (1959) eta López-Horgueet *al.* (2014) argitalpenetako datuekin osatu egin dira. Ikerketa gunea zabaltzeko asmoarekin, Ábalos *et al.* (2003) argitalpenean, Murgiako diapiroaren ekialdean deskribatutako sekzioa (Jugo) korrelazioan gehitu dira.

Laginak	Sekzioa	Taxoia	Biozona	Adina
AM1-7	Amurrio-1	- <i>Stoliczkaia dispar</i> (d'Orbigy)	<i>Mortoniceras</i> ( <i>Durnovarites</i> ) <i>perinflatum</i>	Albiar berantiarrena
AM2-5	Amurrio-2	- <i>Orbitolina sefini</i> Henson - <i>Mesorbitolina aperta</i> (Erman)	-	Cenomaniar goiztiarra
(Rat, 1959)	Astobiza	- <i>Stoliczkaia aff. dispar</i> - <i>S. aff. rhamnonota</i> - <i>S. gardonica</i>	-	Albiar Berantiarra
(López- Horgue <i>et al</i> , 2014)	Ziorraga	- <i>Stoliczkaia sp.</i> - <i>Mariella sp.</i> - <i>Mortoniceras (Durnovarites) sp.</i>	<i>Mortoniceras</i> ( <i>Durnovarites</i> ) <i>perinflatum</i>	Albiar berantiarrena
M-1	Altube	- <i>Mesorbitolina aperta</i> (Erman)	-	Albiar Berantiar- Cenomaniar goiztiarra
M-2c, M-2b	Altube	- <i>Orbitolina sp.</i> - <i>Conicorbitolina conica</i> (d'Archiac) - <i>Conicorbitolina corbarica</i> Schroeder	-	Cenomaniar goiztiarra
M-7	Altube	- <i>Hensonina lenticularis</i> (Henson)	-	-

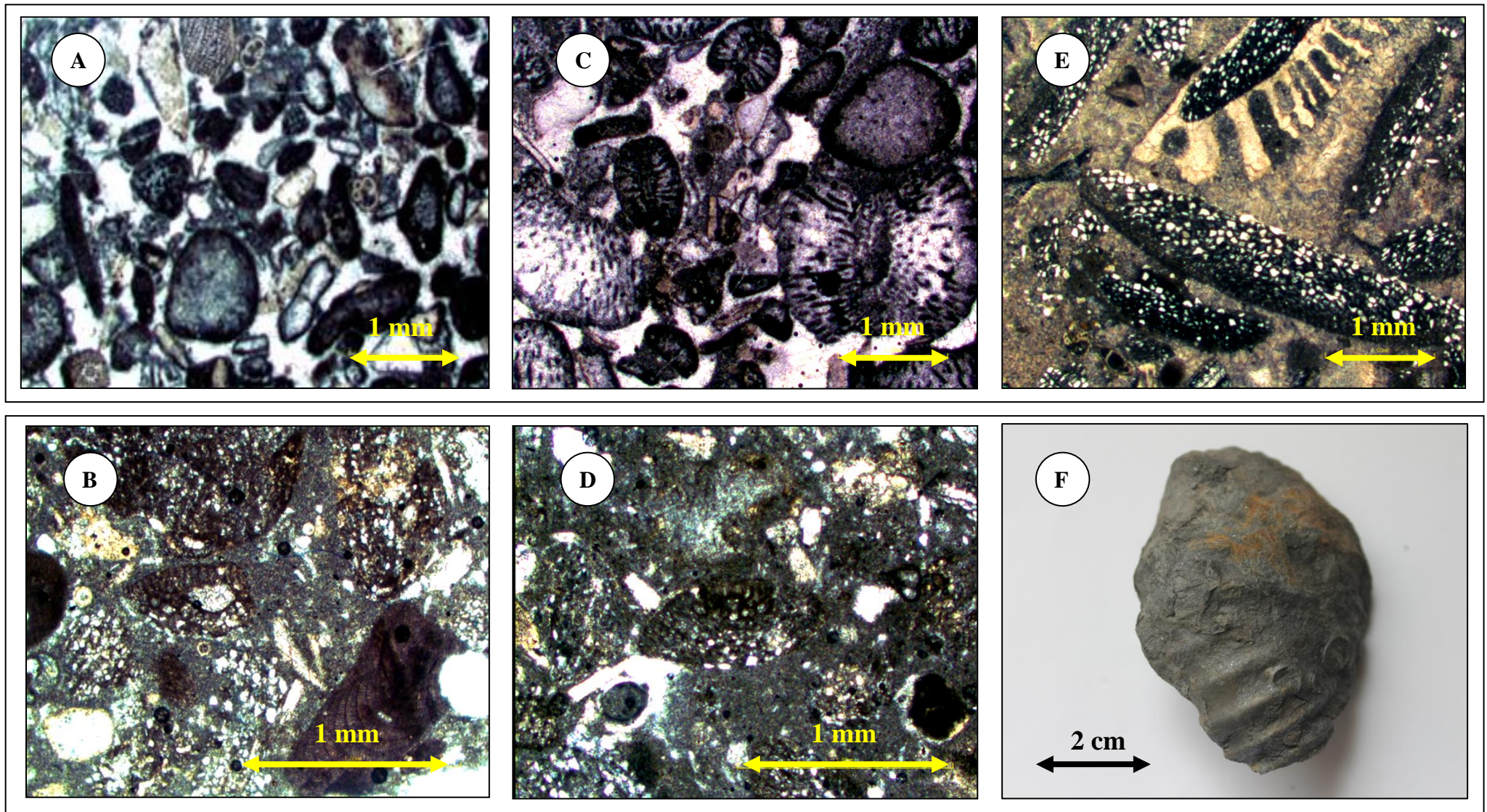
Taula 1. Korrelazioan erabilitako biostratigrafia eta adinak laburbiltzen dituen taula. Ammoniteak letra lodiz, foraminifero bentonikoak letra finez. Ikusi Irudia 9.



Irudia 7. Korrelazioak definititutako unitateen eta Albiar-Cenomaniar mugaren kartografia, aztertutako sekzioak (+ Jugo) trantsizioaren kartografia azterketa eremuan. Al-Ce: Albiar-Cenomaniar muga. A Unit: Unitate Siliziklastikoa. B Unit: Unitate Trantsizionala. C Unit: Unitate Karbonatua. Md: Murgiako diapiroa. Ud: Urduñako diapiroa.



Irudia 8. Aztertutako sekzioetako zutabe sintetikoaren arteko korrelazioa. Bertan datu bioestratigrafikoen kokapena egiten da eta bereizitako 3 unitateak zehazten dira.



**Irudia 9.** A: Kalkarenita bioklastikoa. Ekinodermatu zatiak, foram. plantoniokak eta beste izakien oskolen zatiak [M-7a]. Bi zementazio fase. , B: *Conicorbitolina conica* (d'Archiac) [M-2b], C: *Hensonina lenticularis* (Henson). Bi zementazio fase freatikoak (1) kaltzita isopakoa (*rim*) eta (2) kaltzita *blocky* [M-7], D: *Orbitolina* sp. *grainstone*-an [M-2c], E: Korala orbitolina inkrustatzen *grainstone* faltuan [M-5b], F: *Stoliczkaia dispar* (d'Orbigny) [AM1-7].

**5b. Unitateak**

Korrelazio-proposamenean hiru unitate desberdinu dira, hots, *Unitate Siliziklastikoa*, *Unitate Trantsizionala* eta *Unitate Karbonatua*, unitate bakoitzak ezaugarri litologikoen eta adinak definituak egonik. Beharrezkoa ez delako eta euren adinak, helburuek aintzat hartzen duen hein denboraletik at gelditzen direlako, Unitate Siliziklastikoaren oina eta Unitate Karbonatuaren gaina ez dira finkatu.

*Unitate Siliziklastikoaren* (Albiar berantiarra) izenak adierazten duen moduan, konposizio siliziklastikoko litologiak osatzen dute, hain zuzen ere, Valmaseda Formazioaren ondo garatutako azkeneko parasekuentzia siliziklastikoak erregistratzen ditu honek. *Unitate Trantsizionaletik Mortonicens (Durnovarites) perinflatum* biozonaren beheko mugak banatzen du.

*Unitate Trantsizionala* (Albiar berantiarra) oinarri siliziklastikotik habiatuta, progresiboki osagai karbonatatuaren aberastuz doa. Ikuspuntu litologikotik *Unitate Siliziklastikoaren* eta *Unitate Karbonatuaren* arteko unitate trantsizionala da.

Azkenik, *Unitate Karbonatua* (Cenomaniar goiztiarra) unitate gazteena da. Hemen osagai terrigenoa zeharo txikitzen da, ondorioz, karaktere litologikoa karbonatutako litologiak definitzen dute unitatea. Aitzitik, Altuberantz zenbait mihi siliziklastikoak ageri dira aktibitate halozinetikoaren eraginez (Irudia 8). Hala, litoestratigrafiaren ikuspuntutik, Unitate Karbonatuaren barnean, lan honetarako Altube Atala bereizten da.

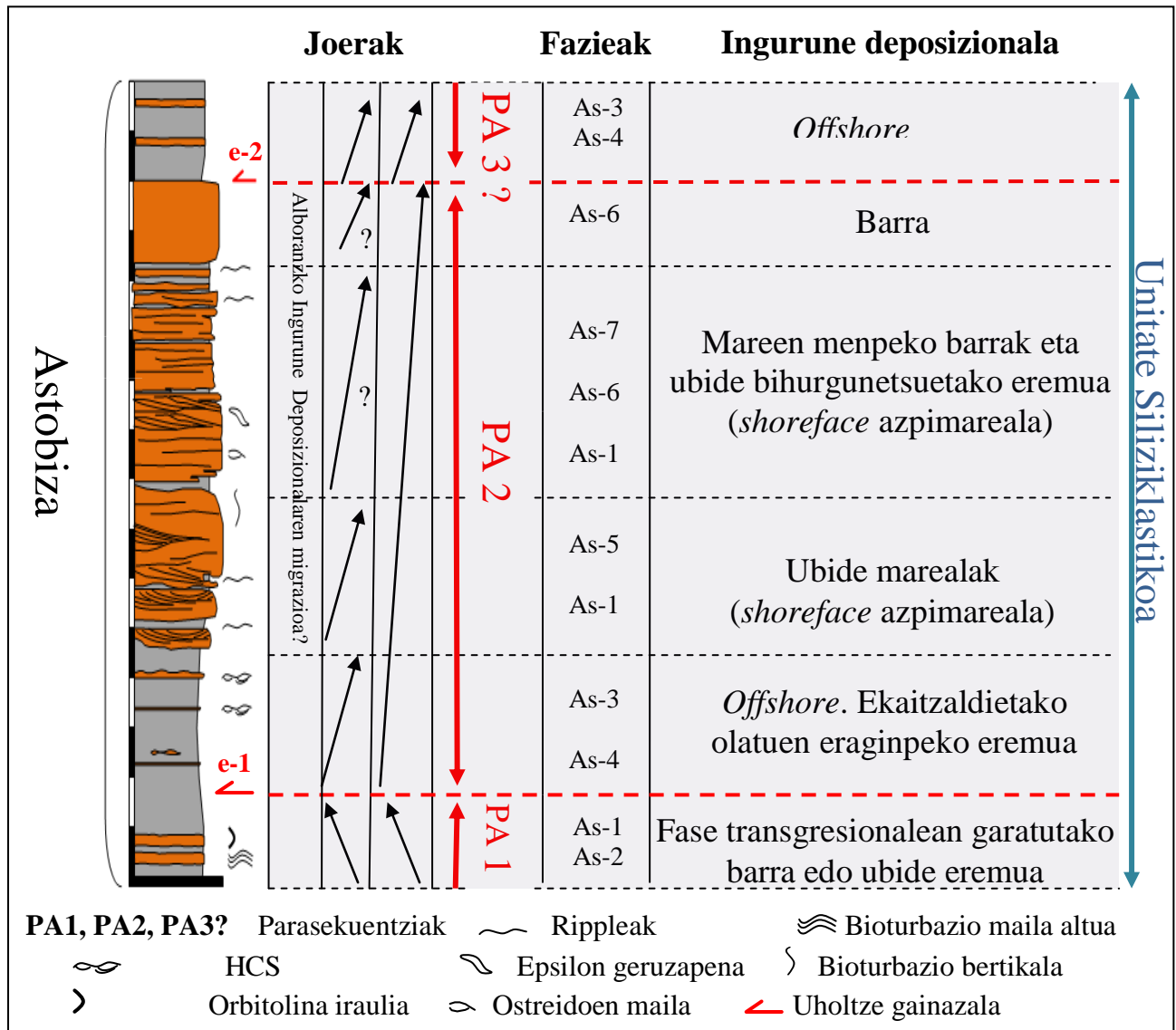
**Unitate Siliziklastikoa**

Unitate Siliziklastikoa, bereizitako unitate guztien artean zaharrena eta, ingurune sedimentarioei dagokionez, hurbilena da. Hau Astobizako sekzioan errepresentatuta dago eta Valmaseda Formazioaren parte da. Astobizako zutabean, lehendabizi pikor fineko hareharri eta lohiaz osatutako txandakatzeak abandonatutako ubide edo barra ingurunea eta hauen arteko pikor fineko sedimentazio eremuak adierazten dituzte (Arnott, 1995). Bioturbazio tasa altuek baldintza oxigenatuak edota sedimentazio tasa baxuak adierazten dituzte. Lohitarrietatik lutiteranzko aldaketa graduala eta azkarra erregistratzen da, honekin batera, *burrow* kontzentrazioa zeharo txikitzen da oxigenazio baldintzetan aldaketa bortitza erakutsiz. Lutitak energia txikiko ingurunearen metaketa da. Esan bezala, bioturbazio tasa baxuek oxigeno kontzentrazio murrizkak adierazten dituzte, hala ere, denbora aurrera joan ahala bioturbazio galeriak ugaritzen dira sarrera hareatsuekin batera kontinentearekiko hurbiltasuna adieraziz (Savrda eta Bottjer, 1991). Azken hauek, ekaitzaldietako olatuen menpeko influentziaren adierazle zuzenak dira. Lohi eta pikor fineko hareharri bioturbatuen fazie-elkarketatik, lutita eta HCS hareharritzko fazie-elkartara (*offshore*) jauzi batimetriko garrantzitsua agerian ustean da. Hala, uholtze gainazal transgresiboa (e-1) interpretatu daiteke.

Lutitetan indusiz marea asimetrikoen menpeko ubideen azpi-ingurunea gainezartzen da. Denbora aurrera, korrante marealen konfinazioa txikituz doa, higadura gaitasunaren galerarekin batera. Ondoren, eguraldi oneko eta mareen menpeko beste azpi-ingurune bat gainezartzen da, honetan barrak eta barren arteko ubide bihurtutakoak garatzen direlarik. *Offshore*-ko lutitetatik, mareen menpeko azpi-ingurune honetara (*shoreface* azpimareala) sakonera txikitze joera progradakorra antzeman daiteke. *Shoreface*-aren baitan gertatzen den eboluzioa, hau da, mareak ubideratutako ingurune batetik, mareen menpeko barra gunerako aldaketa, ubideraketa marealaren desbideraketaren ondorioz edota progradazioaz gertatzen dela interpretatu daiteke. Era hartan, barra gunea alboranzko hedapenez ezartzen da. *Shoreface*-an beraz, eragile mareal garrantzitsua eta honekiko menpekotasuna aurkezten duten eguraldi oneko olatuen influentzia identifikatzen da.

Azkenik, *shoreface*-ko fazie-elkarketari gainjarriz, *offshore*-ko lutitak agertzen dira. Kasu honetan fazie jausia bortitza da, hareharri eta lutiten arteko kontaktu garbia osatuz. Aldaketa honek, bat-bateko batimetria handitzea suposatzen du, hala, bigarren uholtze gainazal transgresiboa (e-2) interpretatu daiteke.

Astobizako sekzioan bereiztutako azpi-inguruneak eta joerak estuario baten tarte distalean ohikoak dira (e.g. López-Horgue *et al.*, 2001). Bestalde, sekuentzia estratigrafiaren ikuspuntutik gainazal trasngresiboaz mugatutako joera progradakorra parasekuentzia bat definitzen du, beraz, Astobizako sekzioan parasekuentzia oso bat (PA-2) eta beste parasekuentzia baten gaina (PA-1) bereizi daitezke.



**Irudia 10.** Astobiza zutabe estratigrafiko sintetikoa. Hemen interpretatutako azpi-inguruneak, fazeiak, bereizitako parasekuentziak eta joerak laburbiltzen dira.

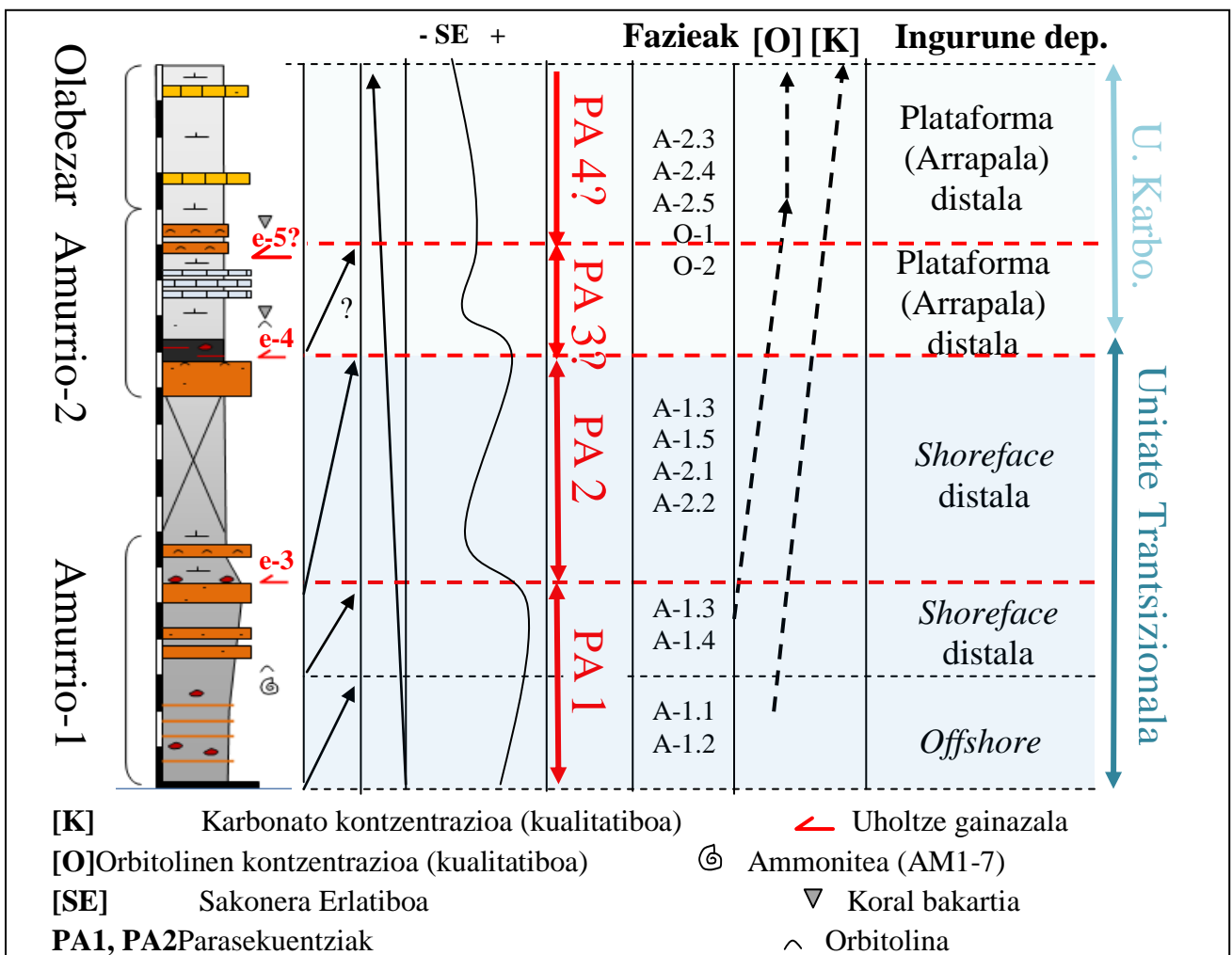
### Unitate Trantsizionala

Ziorraga, Amurrio-1 eta Amurrio-2 zutabeetan errepresentatuta dago (Irudia 8). Landarediak sekzioen parte bat estaltzen badu ere, Amurrio-1 eta Amurrio-2 osatzen dute Unitate Trantsizionalaren erregistro osatuena. Hemen, pikor fineko fazeiak nagusitzen dira (9.orr eta 10. orr), beraz, ingurune deposizionala energia erlatiboki txikikoa interpretatzen da. Esan bezala, unitate honetan, osagai karbonatuaren sarrera progresiboa gertatzen da sedimentazio baldintzen aldaketak adieraziz. Aztertutako eremuan, egoera berria Valmeseda Formazioaren alderdi distalean gertatzen da, eta hau finkatzen den bitartean, sarrera terrigenoak Irudia 11-an laburbiltzen den sistemaren garapenaahalbideratzen du.



Amurrio-1 zutabearen eta Amurrio-2 zutabearen oinarrian bi azpi-ingurune sedimentario bereizi daitezke. Lehenengoa, lutita beltz nodularrak (eta *HCS-dun* hareharri pasatzeak osatua, hau azpi-ingurune distalena da (*offshore*). Metaketa tenpestitikoaren lodiera mugatuak, ekaitzaldietako olatuen oinarriaren gainetik, baina, honen hurbil kokatzen dute azpi-ingurune hau. Era berean, eduki makro-paleontologiko txiroak, dibertsitate mikrofaunistiko urriak eta *Platycopidoen* aztarna gogorrak (Rodríguez-Lázaro et al., 2003) ur hipo/anoxikoen eraginpeko baldintzak iradokitzen ditu. Fazio elkarketa honen gainean, lohitarrien eta hareharri masibo geruzen arteko txandakapena gainjartzen da. Fazio elkarketa berri honek, *shoreface*-ko baldintza proximalagoak adierazten dituzte. Hemen, erliebe txikiko eta hedapen handiko pikor fineko barrak garatzen dira, barren metaketa etetea, harea estaliz, osaera mistoa, siliziklastikoa eta karbonatua duen basa metatzen da. Fazio-elkarketa erlatiboki proximalagoa izan arren, hareharri/lohitarri erlazio baxuak litoralarekiko distantzia erlatiboki handia izaten jarraitzen dela adierazten du, hortaz, *shoreface*-aren alderdi urrunenetako matekinak direla interpretatzea da.

Beraz, *shoreface-offshore*-ko sedimentuekiko erlazio progradakorra aurkezten du. Joera hau, pikor finez banatutako "orbitolinitazko" eta kondentsazio sedimentarioa adierazten duten txandakapenak mugatzen du. Orbitolinitak sekzioaren parte honetan kondentsazio sedimentarioa adierazten dute. Sekzio kondentsatuak, arroaren eremu distaletan, testuinguru transgresiboetako ohiko deposituak dira (Gómez eta Fernández-López, 1992), beraz, muga hau, uholtze gainazal transgresibotzat (e-3) interpretatu daiteke. Joera progradakorrez eta uholtze gainazalez osatutako konbinazio hau, berriro errepikatzen da. Uholtze gainazal berria (e-4) Amurrio-2 sekzioan azaleratzen da, kasu honetan, fazio jauzia *shoreface*-ko hareharrietatik sulfurodun lutita beltzetara egiten da batimetria handipena hadieraziz. Ondorioz, Astobizako sekzioan (Unitate Siliziklastikoa) bezala, Unitate Trantsizionalean bi parasekuentzia definitu daitezke, PA-1 eta PA-2 alegia.



Irudia 11. Amurrioko (Amurrio-1, Amurrio-2 eta Olabezar) zutabe estratigrafiko sintetikoa. Hemen interpretatutako azpi-inguruneen eta elementu desberdinen eboluzioa laburbiltzen dira.

## Unitate Karbonatatu

Unitate Karbonatatu, aztertutako eremuaren muturretan errepresentatuta dago, Amurrio-2 eta Olabazarren ipar-mendebaldean (Irudia 11) eta Altubeko sekzioan hego-ekialdean (Irudia 13). Mutur bien arteko ezaugarri sedimentarioen aldea nabarmena da. Hau garaiko gatz-domoaren tektonikaren lehenengo ebidentzia zuzena da, bestalde, Altube sekzioa hegoalderago kokatzeak ere, metakin moten desberdintasunaren erantzule izan zitekeen.

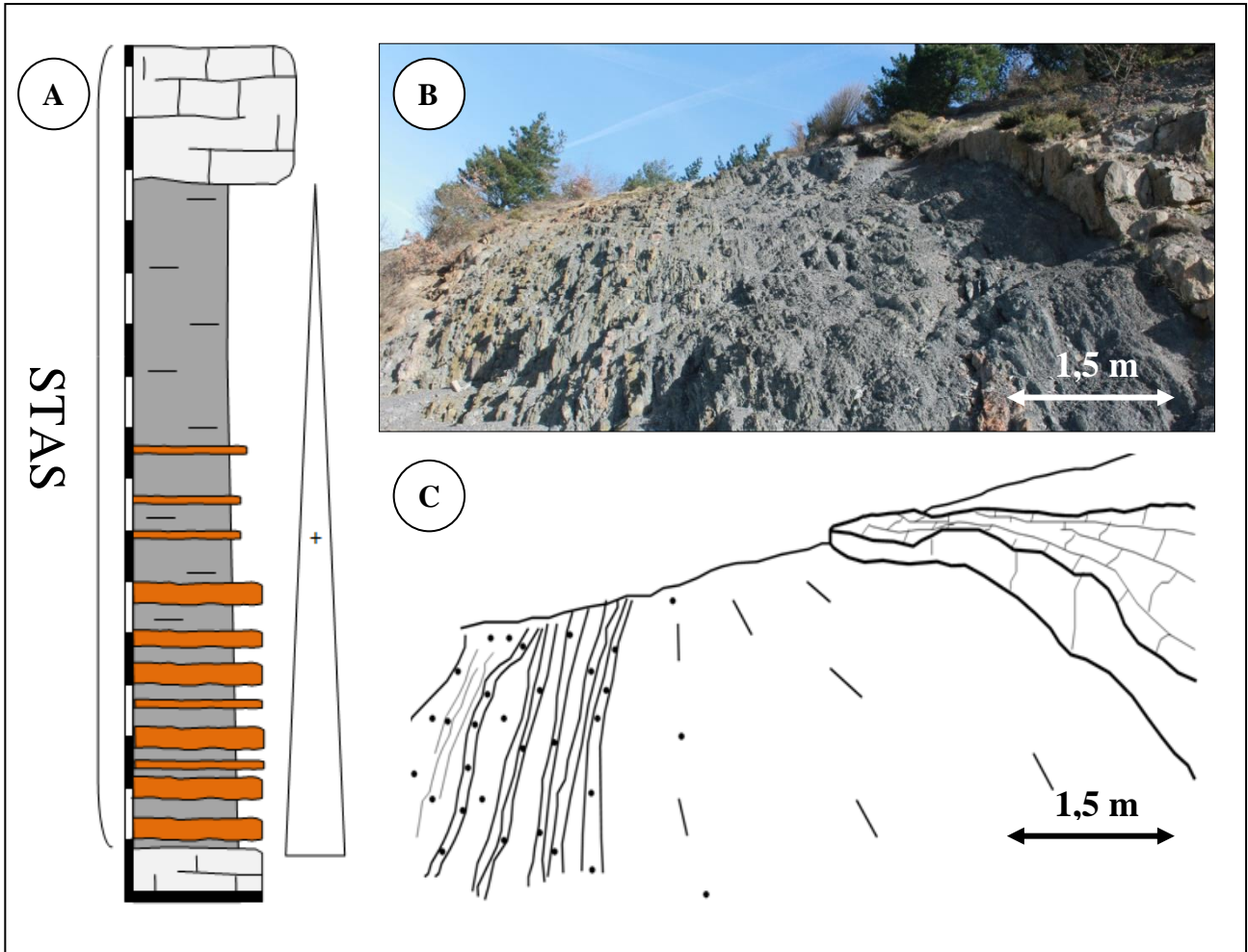
Ipar-mendebaldeko eremuan, *Orbitolina sefini* Henson espeziearen agerpenak Unitate Karbonatatu eta Unitate Trantsizionalaren arteko muga finkatzen du. Unitate berri honetan progresiboki finkatuz joan den, karbonatoaren kontzentrazioaren emendatzeak definitutako egoera sedimentario berria azaltzen da, beraz, Cenomaniarrean zehar mantenduko diren plataforma karbonatatu urruneko baldintzak (Arceniega Formazioa) ezartzen direla onartu daiteke (Irudia 8). Egoera berriak, maila ekologikoan eragina du ere, preseski, Unitate Karbonatatu, Unitate Trantsizionalarekiko biodibertsitatea handitzen da. Hemen, Unitate Trantsizionalan agertzen ez den koral bakartiaz, brakiopodoz eta itsas trikuez osatutako komunitatea ageri da, orbitolinen kontzentrazio handiagoarekin batera. Orobat, eskala mikroskopikoan plantoniko/bentoniko ratioaren hazkuntza erregistratzen da (Rodríguez-Lázaro et al., 2003). Albiar berantiarrenetik (Unitate Trantsizionala) herrestatutako bilakaera sedimentario eta paleoekologikoa, Valmaseda Formazioaren abandonatzea definitzen duela onartzen da, hala ere, Amurrio-2 sekzioan fазie karbonatatuaren artean azaleratzen den fазie turbiditiko (A-2.4) aktiboa mantentzen densakonez txikiko metaketa siliziklastikoaren adierazle zuzena da. Beraz, karbonatozko plataformaren baldintzen gainjarpenari izate diakronikoa esleitu dakioke, ordezkapenak azpi-ingurune urrunen eta proximalen arteko *lag time* minimo bat erakusten duelarik. Ingurune sedimentarioen bilakaera hau Cenomaniar goiztiarrean emandako itsasmailaren igoera eustatikoak (Haq et al., 1987) eragindako baldintza itsastarren aurreratzearekin batera ulertu daiteke.

Esan bezala, Altube eta Amurrio aldeko kontraste litologikoa nabaria da, horregatik, Altube Atala bereizten da, Unitate karbonatatuaren barnean. *Conicorbitolina conica* (d'Archiac) espezieak Cenomaniarrean, hots Unitate Karbonatatu, kokatzen du Altubeko sekzioa, hala ere, Amurriorekin kontrastean, konposizio siliziklastikoko litologiak nagusitzen dira. Hemen, kostaldeko sistema siliziklastiko baten hainbat azpi-ingurune bereizi daitezke. Era berean, sedimentazioaren gain eragiten dituzten kontrolen konplexutasuna agerian uzten da. Hain zuzen, diapiro ertzetan oikoa den aktibitate tektoniko sin sedimentario garrantzitsua erregistratzen da beste kontrolekin batera, hala nola, mareak eta ekaitzaldietako olatuak. HCS-dun hareharriez eta lutitez osatutako fазie-elkarketa Valmaseda Formazioaren, ekaitzaldien eraginpeko, azpi-ingurune distalaren eta energia txikiko erregistroa den bitartean, honen gainean gainezartzen den, mareak kontrolatutako metaketa hareatsua azpi-ingurune proximalago, energetikoagoa eta oxigenatuagoa adierazten dute. Hala, lehenengo 56 metroan (Eranskina 5 eta Eranskina 6), joera erregresiboa agerian usten da.

Bestalde, kareharri urgondarrak (AL-7) sekuentzia positibo lutitatuak gainjarrita agertzeak, eta konbinazio honen sekzioan zeharreko errepikapenak, esanahi tektonikoa dute. Ondorioz, sekuentzia positibo lutitatuak eta kalkareniten arteko konbinazioa "Sedimentazio Terrigenoaren Abandonatze Sekuentziak" (STAS) definitzen dituzte (Irudia 12) eta hauek gatz-domoaren goratze pulsu gisa interpretatzen dira, izan ere, kareharrien garapenerako uhertasun maila baxuak eta sakonera txikiak beharrezkoak dira. Pulsu hauetan, Murgia diapiroaren ipar-mendebaldera ailegatzen den karga traktiboa eta esekidurazkoa progresiboki txikitzen dira efektu topografikoa handitu ahala. Logikoa da planteatzea, momentu hauetan, ildo periferikoek kanporanzko migrazioa pairatzen dutela. Gainera, ildoak domoarekiko duen kokapen geografikoagatik, domoa berak, hegoalde-iparralde norabidearekin bideratzen den sedimentuaren garraioa oztopatu dezake.

Guztira, bost STAS bereizi egin dira, hala ere, lehenengo biak sekuentzia positiboak soilik osatuak daude, hau da, ez dute kareharrizko kapelarik garatuta. Azkeneko hirurak osoak dira eta sekuentzia positiboaz osatutako tartea, pikor fineko hareharriez eta, batez ere, lutitaz osatuta daude. Bestalde, Altubeko sekzioaren hasieran, kareharrizko bi geruza bereizi dira eta hauei ere jatorri halozinetikoa esleitu dakieke. Hobekien

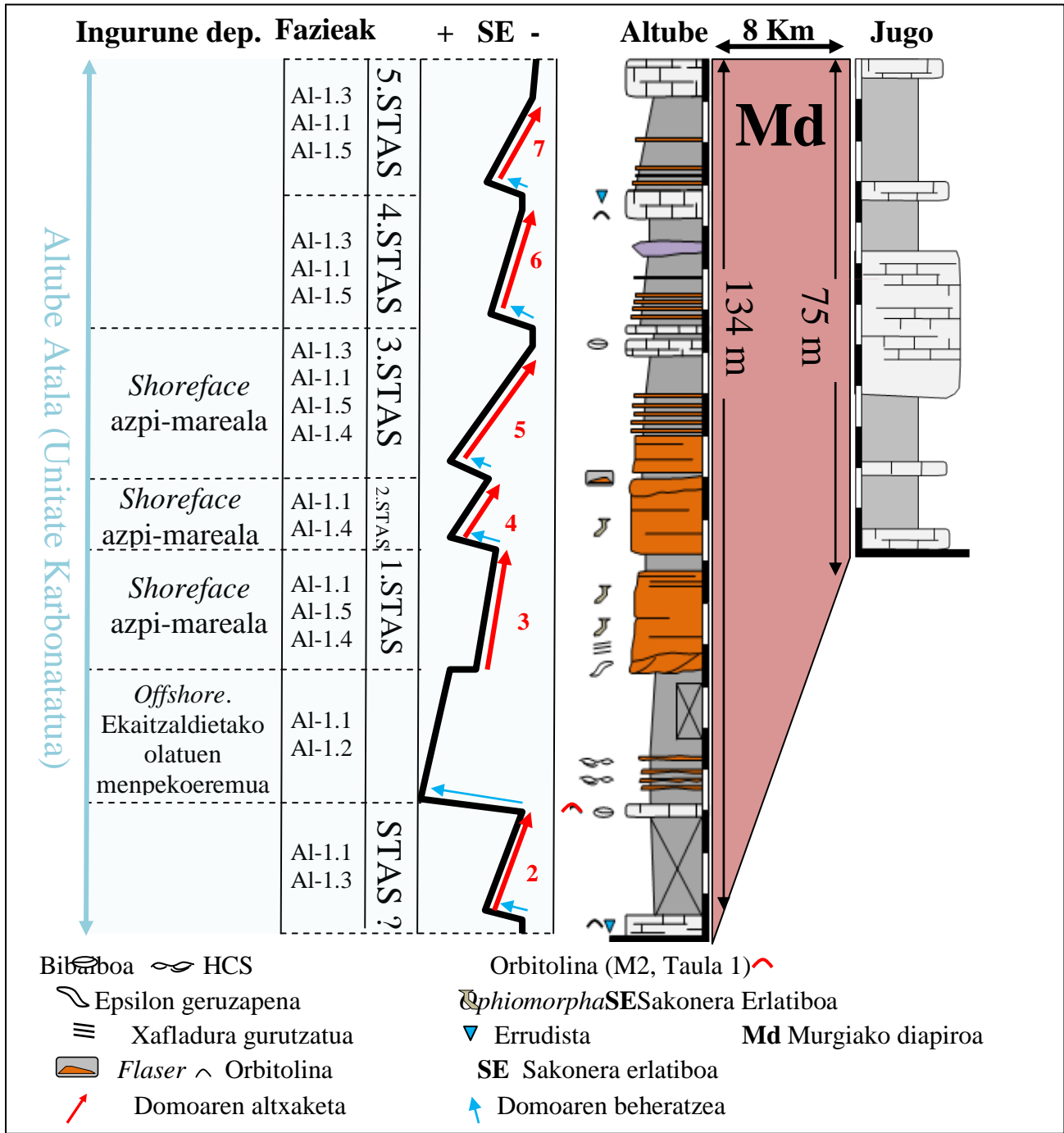
garatutako 3 STAS-ak zutabearen goiko partean agertzen dira. Azken ideia honek, bi irakurketa jaso ditzake: 1) Valmaseda Formazioaren gainbeherak ekarri zezakeen sarrera terrigenoaren galerak STAS-en garapenean laguntzen duela, edota 2) pulsu halozinetikoen goratze desplazamenduak beharitze desplazamenduak baino intentsitate handiagokoak izateagatik domoaren altxaketa erresultantea gertatzen dela.



**Irudia 12.A: Sedimentazio Terrigeno Abandonatze Sekuentzia oso baten ereduaren zutabea. B: Altube sekzioan identifikatutako 4. STAS-aren argazkia. C: Altube sekzioan identifikatutako 4. STAS-aren irudikapen grafikoa.**

❖ **Altube eta Jugo-ren arteko korrelazioa**

Ábalos et al.-ek (2003) Murgiako diapiroaren ekialdeko sekzioan kareharrizko bost maila bereizten dituzte (Irudia 13). Kareharri geruzen lodiera metro bat ingurukoa da, erdiko maila izan ezik, honek 20-30 metroko potentzia aldakorra du. Altuben, 6 kareharri pakete bereizten dira, hala ere, 3.na eta 4.na, euren gertutasun bertikalagatik, gatz-domoaren altxaketa prozesu berean sortuak direla kontutan hartzen da. Hemen ere, potentziak metro bat ingurukoak dira, 5. eta 6. maila izan ezik, hauek 4 metroak gainditzen dituzte. Hala, halozineziak ekialdeko ildoan eta ipar-mendebaldeko ildoan sedimentazioaren gain eragiten duen efektuaren antzekotasuna eta anakronismoa proposatu daiteke. Kareharrien artean bost isokrona proiektatzea posiblea da beraz. Behin ildo primarioak korrelazionatuta, efektu argi bat bereizi daiteke; ipar-mendebaldeko ildoan, ekialdeko ildoarekin konparatuta sedimentu lodiera bikoitza erregistratzen da.



**Irudia 13.** Altubeko eta Jugoko zutabe estratigrafiko sintetikoaren korrelazioa eta Altube sekzioan interpretatutako azpi-inguruneen eta elementu desberdinen eboluzioa laburbiltzen dira.

## 6. Ondorioak

Rift subsidentziaren amaiera eta itsasmailaren igoera globalak barne hartzen dituen EKA-ren Albiar-Cenomaniar trantsizioaren kapitulu honetan, aztertutako eremuan, ezaugarri litologikoen eta adinek bereizitako hiru unitate definitu dira: Unitate Siliziklastikoa, Unitate Trantsizionala eta Unitate Karbonatatu, lehenengo biak Goi Albiarrekoak eta azkenengoa Behe Cenomaniarrekoa izanik. Beharrezkoa ez delako eta euren adinak, helburuek aintzat hartzen duen hein denboraletik at gelditzen direlako, Unitate Siliziklastikoaren

oina eta Unitate Karbonatatuaren gaina ez dira finkatu. Bestalde, Unitate Siliziklastikoa Unitate Trantsizionaletik eta Unitate Trantsizionala Unitate Siliziklastikotik banatzen dituzten mugek, gutxienezko ziurgabetasun denborala erakusten dutela onartzen da. Bestetik, erantsitako datu biostratigrafiko berriei esker Albiar-Cenomaniar mugaren zehaztasun kartografikoa gehitu egin da.

Unitate Siliziklastikotik Unitate Karbonataturako igarotzeak, Valmaseda Formazio deltaikoaren abandonatzea erregistratzen du (e.g. López-Horgue *et al.*, 2014). Gertaera honen erantzunkizuna, Cenomaniarreko itsasmailaren igoera eustatikoarena da. Lan honetan abandonatze prozesuan barneratu egin da, eta Valmaseda Formazioaren azkeneko parasekuentziak definitu dira Murgiako diapiroaren ipar-mendebaldean. Azkeneko parasekuentzia siliziklastiko puruak (Unitate Siliziklastikoan) eta parasekuentzia bikonposatuak (Unitate Trantsizionalean) hain zuzen.

Honen ostean, Cenomaniarrean zehar garatuko den Arceniega Formazio karbonatatuaren gainjarpenera ematen da (e.g. Rodríguez-Lázaro *et al.*, 2003). Unitate Karbonatatuaren hasiera Arceniega Formazioaren hasierarekin bat egiten duela aintzat hartzen da. Azterketa eremuan, Valmaseda Formazioaren eta Arceniega Formazioaren arteko muga trantsiziozkoa da eta ez *daravinement* gaizanalarik ezta *lag* metaketarik erregistratzen. Hala ere, testuinguru parasekuentzial baten gainatan garatuak badira ere, kondentsazio sedimentarioa adierazten duten “kondentsazio-geruzak” (orbitolinitak) gertatzen dira. Halaber, jada, sarrera terrigenoa behar handia erregistratzen duenean (Unitate Karbonatua), atzeratu den sakonera txikiko sistema siliziklastikoa birlanketa adierazten duen metaketa turbiditiko gertatzen da. Ondorioz, formazioen arteko muga diakronikoa suposatu daiteke.

Garaiko gatz-domoak sedimentazioaren gain duen efektuagatik, Unitate Karbonatatuaren barnean Altube Atala bereizi egin da. Hau, Amurrio alderantz mehetuz doa guztiz galdu arte. Bestalde, ekialdeko ildoaren akomodazioa ipar-mendebaldekoa baino txikiagoa ondorioztatzen da lehenengo eta bosgarren kareharrizko mailen arteko erregistroa (Cenomaniar goiztiarra), ipar-mendebaldean ia bikoitza bai da.

Era berean, Altuben, garaiko gatz-domoaren altxaketa pultsuen ordezkari interpretatu diren bost STAS. Honekin batera, goratze pultsuek eratutako beste kareharri bi maila identifikatu dira. Beraz, Cenomaniar goiztiarrean, gutxienez bost goratze pultsu egon ziren, guztira zazpi pultsu egon zitezkeelarik. Aldi halozinetikoa eta aldi diapirikoaren arteko trantsizioa Turoniar erdirako gertatzen denez (Ábalos *et al.*, 2003) koherentea da Cenomaniar goiztiarrean aktibitate halozinetiko nabarmen bat erregistratzea. Halaber, sedimentazio traktiboa sekzioaren goiko partean galera handiena erregistratzen duenez, pultsu guztiak biltzen dituen orden handiagoko altxaketa bat ondorioztatzen da. Kostaldeko sistema siliziklastikoen atzerapenak efektu hau areagotu edo eragin zezakeen, beraz, garrantzitsua da azken aldagai hau kontutan hartzea.

Azterketa gunean, kontrol halozinetikoz aparte, beste eragile batzuk identifikatu dira. Mareen influentzia nabarmena da. Ziklizitate asimétrikoko energia marealak, eguraldi oneko olatuen eraginari gainjartzen da, hala ere, azken hauen agerpena jasota geratu da ere bai. Gainera, ekaitzaldietako olatuen menpeko *offshore*-ak bereizi dira. Hauetan, metaketa tenpestetiko lodiak aurkitu ez arren, denboran zeharreko garapen finko bat aurkezten dute, hau da, ekaitzaldietako olatuen menpeko *offshore*-ak hiru unitateetan identifikatu dira.

Azkenik, Albiar-Cenomaniar mugatik hurbil oxigenazio txikiko baldintza itsastarrak antzeman dira. Baldintza hauek mikropaleontologikoki (Rodríguez-Lázaro *et al.*, 2003) eta sedimentologikoki argitzen dira, era berean, OAE-1d gertakari anoxikoarekin zuzenean erlazionatu daitezke. Beraz, OAE-1d gertakariaren ebidentzia sedimentologikoki posibleak identifikatu direla ondorioztatu daiteke, hala ere, ikerketa sakonago bat beharko litzateke ideia hau berrestu ahal izateko.

Laburbilduz:

- 1) Hiru unitate definitu eta kartografiatu dira: Unitate Siliziklastikoa (Albiar Berantiarra), Unitate Trantsizionala (Albiar berantiarrena) eta Unitate Karbonatua (Behe Cenomaniarra). Azkenengoaren barne Altube Atala bereizi egin da.
- 2) Albiar-Cenomaniar mugako eduki bioestratigrafikoari datu berriak gehitu dira.
- 3) Murgia diapiroaren Cenomaniar goiztiarreko aktibitate halozinetikoa egiaztatu da.
- 4) Sedimentazioaren gaineko kontrol nagusiak ezagutu dira; eustatismoa, tektonika halozinetikoa, mareak eta ekaitzaldietako olatuak hots.
- 5) OAE-1d gertakari anoxikoaren ebidentzia sedimentologiko posibleak identifikatu dira.

## 8. Bibliografia

-Ábalos, B., Alonso, N., T. Berrocal, T., A. Furundarena, A., Gorospe, I., Martínez-Escauriaza, G., Matxain, I. eta Sánchez-Lorda, M.E., (2003): Análisis estructural de los surcos periféricos del diapiro de Murguía (Álava, Cuenca Vasco-Cantábrica). *Geogaceta* 34, 7-10.

-Aigner T. (1985): Storm Depositional Systems. *Lecture Notes in Earth Sciences*, Springer-Verlag (Ed.), 174

-Arnott, R.W.C. (1995): The Parasequence Definition. Are Transgressive Deposits Inadequately Addressed? *Journal of Sedimentary Research* 1, 1-6.

-Arriola, A., Eguiguren, E., García-Pascual, I., Garrote, A., eta Muñoz, L., (1994): Mapa Geológico del País Vasco, Hoja, nº 111-I-II. *Ente Vasco de la Energía (EVE)*. Bilbo.

-Arriola, A., Eguiguren, E., García-Pascual, I., Garrote, A., eta Muñoz, L., (1994): Mapa Geológico del País Vasco, Hoja, nº 112-1. *Ente Vasco de la Energía (EVE)*. Bilbo.

-Amiot, M. (1982): El Cretácico superior de la Región Navarro-Cantabra. In: *El Cretácico de España*, A. Garcia (Ed.): 88-111. Madrid.

-Carracedo-Sánchez, M., Sarrionandia, F., eta Juteau, T., (2012): El vulcanismo submarino de edad cretácica de la Cuenca Vasco-Cantábrica. *Macla* 26, 260-267.

-Dabrio, C. eta Hernando, S. (2003): Discontinuidades estratigráficas. In: *Estratigrafía, Colección Geociencias*, Universidad Complutense de Madrid (Ed.): 232-346.

-Dalrymple, R.W., Makino, Y. eta Zaitlin B.A., (1991): Temporal and spatial patterns of rhythmic deposition on mud flats in the macrotidal, Cobequid Bay-Salmon River estuary, Bay of Fundy, Canada. In: *Clastic tidal sedimentology, Canadian Society of Petroleum Geologist*, Smith, D.G., Reinsonm G,E,M Zaitlin, B.A. eta Rahmani, R.A. (Eds.): 16, 137-160.

-Dalrymple, R.W. (1992): Tidal Depositional Systems. In: *Faceis Models, Geological Association of Canada*, Walker, R.G. eta James, N.P. (Eds.): 195-219. Ontario.

-Dunham, R.J. (1962): Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: *Classification of carbonate rocks, American Association of Petroleum Geologists*, Ham, W.E. (Ed.): 1, 108-121.

- Floquet, M (1998a): Outcrop cycle stratigraphy of shallow ramp deposits: the Late Cretaceous series on the Castilian Ramp (Northern Spain). In: *Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins*, Soc. Econ. Paleont. Miner., Ggraciansky, P.C., Hardenbol, J., Jacquin T. eta Vail, P.R. (Eds.): 60, 343-361.
- Floquet, M. (2004): El Cretácicosuperior de la Cuenca Vasco-Cantábrica y áreas adyacentes. In: *Geología de España*, SGE- IGME, Vera J.A. (Ed.):299–306. Madril.
- Frey, R.W., Pemberton, S.G. eta Saunders, T.D.A. (1990): Ichnofacies and bathymetri: a passive relationship. *Journal of Paleontology*64, 155-158.
- García-Mondéjar, F. (1982): Aptiense y Albiense, Región Vasco-cantábrica y Pirineo navarro. In: *El Cretácico de España*, A. García (ed.), 63-84. Madril.
- García-Mondéjar, J., Fernández-Mendiola, P. A., Agirrezabala, L. M., Aranburu, A., López-Horgue, M. A., Iriarte, E., Martínez de Rituerto, S. (2004): El Aptiense-Albiense de la Cuenca Vasco-Cantábrica. In: *Geología de España*, SGE- IGME, Vera J.A. (Ed.): 299–306. Madril.
- García-Garmilla, F., eta Pujalte, V., (1988): Los sistemas fluvio-lacustres *waldenses* en el sector central de la región Vasco-Cantábrica: evolución paleogeográfica y tectosedimentaria. *II Congreso geológico de España*, Comunicaciones, 1, 79-82.
- Gómez, J.J. eta Fernández-López S. (1992): Secciones condensadas y máximos transgresivos. Una relación equívoca. *Geogaceta* 11, 130-137.
- Haq, B. U., Hardenbol, J., eta Vail, P. R., (1987): Chronology of fluctuating sealevels since the Triassic. *Science* 235, 1156-1167.
- James, N.P. eta Kendall, A.C. (1992): Introduction to Carbonate and Eevaporite Facies Models. In: *Faceis Models*, Geological Association of Canada, Walker, R.G. eta James, N.P. (Eds.): 265-275. Ontario.
- Johnson, H.D. eta Baldwin, C.T. (1996): Shallow clastic seas. In: *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*, H. G. Reading (Ed.):232–281. Oxford.
- López-Horgue, M.A., Aranburu, A., Fernández-Mendiola, P.A, García-Mondejar, J., (2001): Facies estuarinas en el Albiense superior de Cabo Quintres (Cantabria, región Vasco-Cantábrica occidental). *Geogaceta*, 30, 75-78.
- López-Horgue, M.A. eta Hernández J. M<sup>a</sup>, (2003): La cuenca terciaria continental del Diapiro de Murgia: La Formación Izarra (Oligoceno superior – Mioceno inferior, Cuenca Vasco-Cantábrica). *Geogaceta*, 33, 123-126.
- López-Horgue, M. A., Lertxundi Manterola, D. eta Baceta Caballero, J. I. (1996): Evolución sedimentaria del episodio mixto carbonatado-terrágeno del Albiense Superior-Cenomaniense Inferior entre Alsasua (Nafarroa) y Asparrena (Araba): la unidad Albéniz. *Príncipe de Viana, Suplemento de Ciencias (Homenaje a Máximo Ruiz de Gaona) XVI*, 81-96.

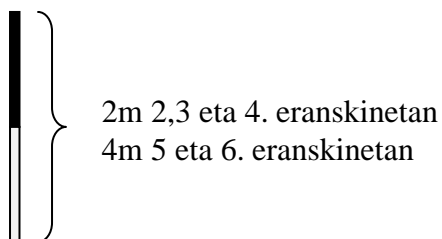
- López-Horgue, M.A., Poyato-Ariza, F.J., Calvin, L., eta Bermúdez-Rochas D.D., (2014): Cenomanian transgression in the Basque-Cantabrian Basin (northern Spain) and associated faunal replacement. *Journal of Iberian Geology* 40 (3), 489-506.
- Miller, K.G., Sugarman, P.J., Kominz, M.A, Hernández, J.C., Van Sickle, W., Olsson, R.K, Feigenson, M.D. eta Wright, J.D. (2003): Late Cretaceous chronology of large, rapid sea-level changes: Glacioeustasy during the greenhouse world. *The Geological Society of America*, 31, 588-585.
- Nederbragt A.J., Fiorentino A. eta Klosowska B., (2000): Quantitative analysis of calcareous microfossils across the Albian-Cenomanian boundary oceanic anoxic event at DSDP Site 547 (North Atlantic). *Palaeo*, 401-421.
- Nio, S.D., Yang, C.S., (1991): Diagnostic attributes of clastic tidal deposits. In: *Clastic Tidal Sedimentology*, Canadian Society of Petroleum Geologists, Smith, D.G., Reinson, G.E., Zaitlin, B.A., Rahmani, R.A. (Eds.): 16, 3-28.
- Pérez-García, A., Robles, S., eta Vicente-Bravo J.C., (1993): Modelo genético de las secuencias arenosas de plataforma de la Formación Valmaseda (Albiense de la Cuenca Vasco-cantábrica, N de España). *Geogaceta* 14, 76-79.
- Pérez-García, A., Robles, S., eta Vicente-Bravo J.C., (1997): Arquitectura estratigráfica del sistema de plataforma dominada por tormentas de la Fm. Valmaseda (Albiense sup.-Cenomaniense inf. De la cuenca Vasco-cantábrica). *Geogaceta* 22, 153-156.
- Platt, N. eta Pujalte V., (1988): Correlation of Upper Jurassic-Lower Cretaceous continental sequences from the southern Biscay margin, northern Spain. *Journal of the Geological Society*, 151, 715-726.
- Pujalte, V., Robles, S., eta García-Mondéjar, J., (1986-1987): Características sedimentológicas y paleogeográficas del fan-delta albiense de la Formación Monte Grande y sus relaciones con el Flysch Negro (Arminza-Górliz, Vizcaya). *Acta Geológica Hispánica*, t. 21-22, 141-150.
- Pujalte, V. eta Monge, C., (1985): A tide dominated delta system in a rapidly subsiding basin: the middle Albian-lower Cenomanian Valmaseda Formation of the Basque-Cantabrian region, northern Spain. *International Association of Sedimentologists*, t. 21-22, 0381-0384.
- Rat, P., (1959): Les pays crétacés basco-cantabriques (Espagne). Thèse Université Dijon (Francia) 18, 525
- Robles, S., Pujalte, V., eta García-Mondéjar, J., (1988): Evolución de los sistemas sedimentarios del margen continental cantábrico durante el Albiense y Cenomaniense en la transversal del litoral vizcaíno. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 1, (3-4), 409-441.
- Rodríguez-Lázaro, J., Barroso-Barcenilla, F., eta Martín-Rubio, M., (2003): Análisis microfaunístico del Cenomaniense de Arceniega (Cuenca Navarro-Cántabra). *Geogaceta* 34, 115-118.



-Savrda, C.E. eta Bottjer, D.J., (1991): Oxygen-related biofacies in marine strata: an overview and update. In: *Modern and Ancient Continental Shelf Anoxia, Spec. Publ. Geol. Soc. Lond.*, Tyson R.V. eta Pearson T.H. (Eds.): 201-219.

-Stow, D.A.V, Reading, H.G. eta Collinson, J.D. (1996): Deep seas. In: *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*, H. G. Reading (Ed.): 395-453. Ontario.

**Eranskina 1:** Zutabe estratigrafikoentzako leienda



**Litologiak**

- Lutita
- Tupa
- Hareharria
- Kareharria
- Kareharri hareatsua
- Orbitolinitak

**Egiturak**

- Bioturbazioa
- Skip eta higadura egiturak
- Hummoky Cross Stratification
- Gar egitura
- Zama egitura
- Epsilon estratifikazioa
- Xafladura gurutzatua
- Xafladura gurutzatua ildokara
- Xafladura paraleloa
- Flaser
- Nodulu sideritikoak

**Fosilak**

- Amoniteak
- Errudista
- Koral bakartia
- Gastropodoa
- Orbitolina
- Bibalboa
- Ostreidoa
- Itsas trikua

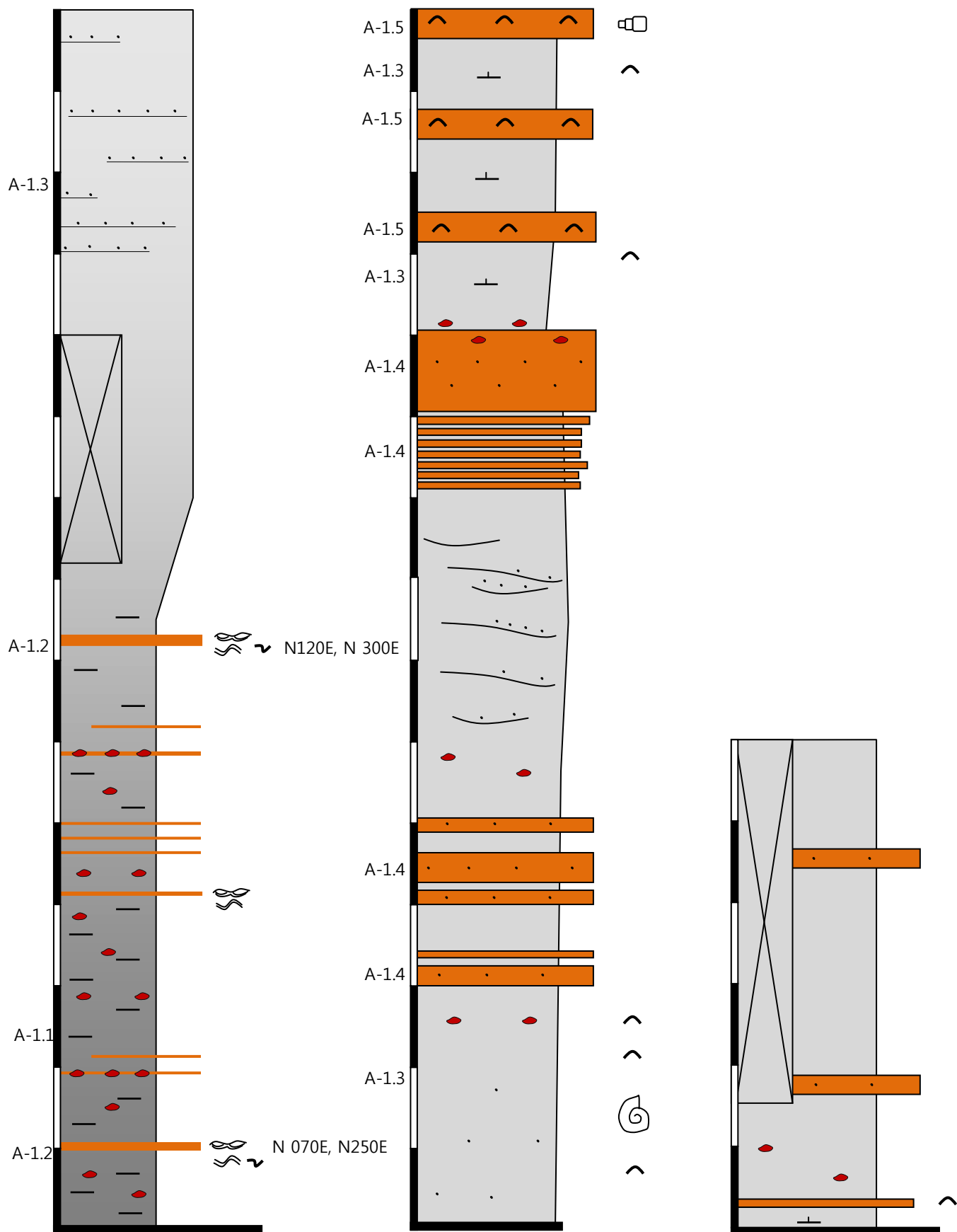
**Iknogeneroak**

- Planolites*
- Asterosoma*
- Ophiomorpha*
- Teichichnus*
- Thalassinoides*

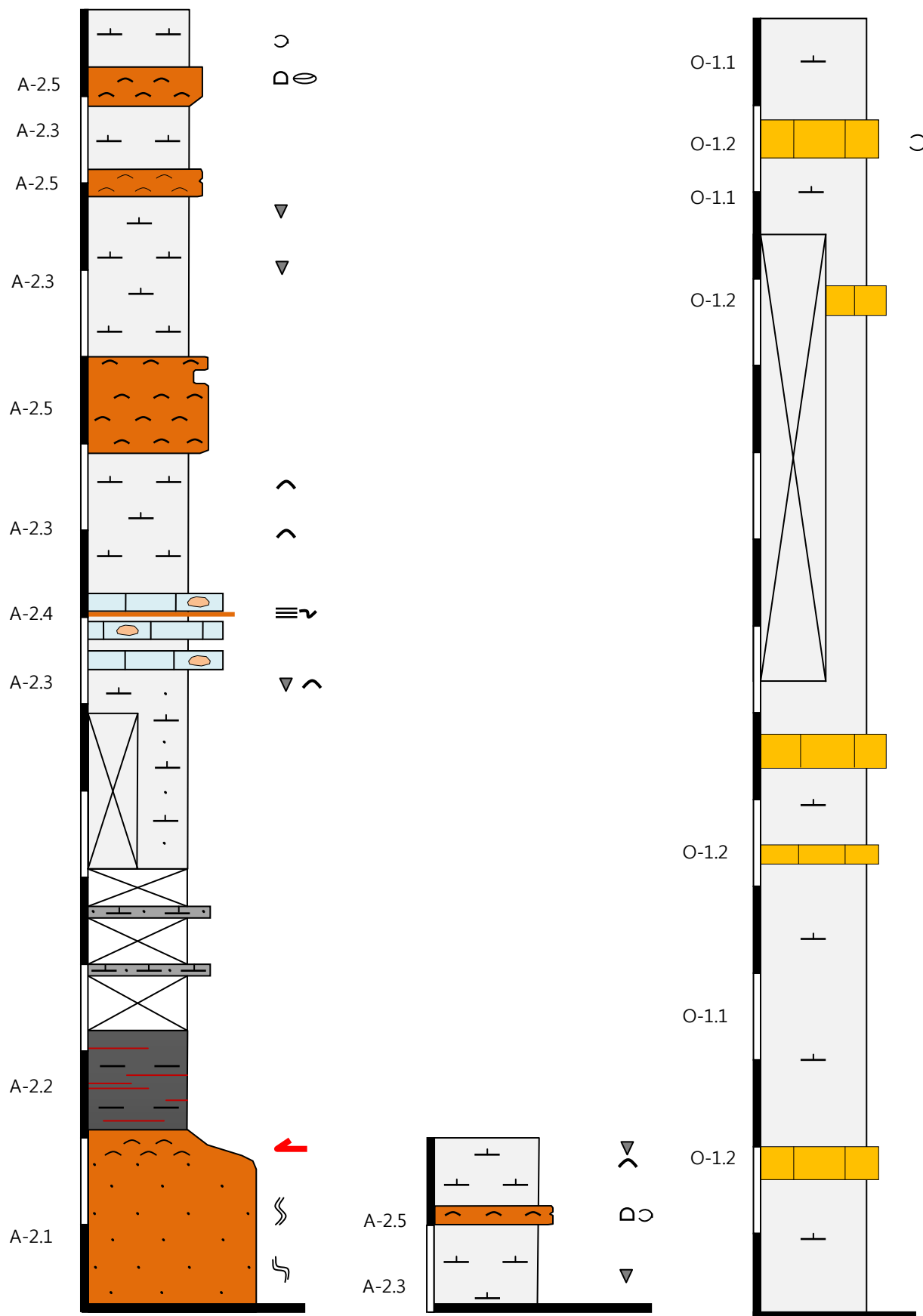
**Besteak**

- Ikatza      Ga Galena Mineralizazioa

**Eranskina 2:** Amurrio-1 zutabe estratigrafikoa → Unitate Trantsizionala

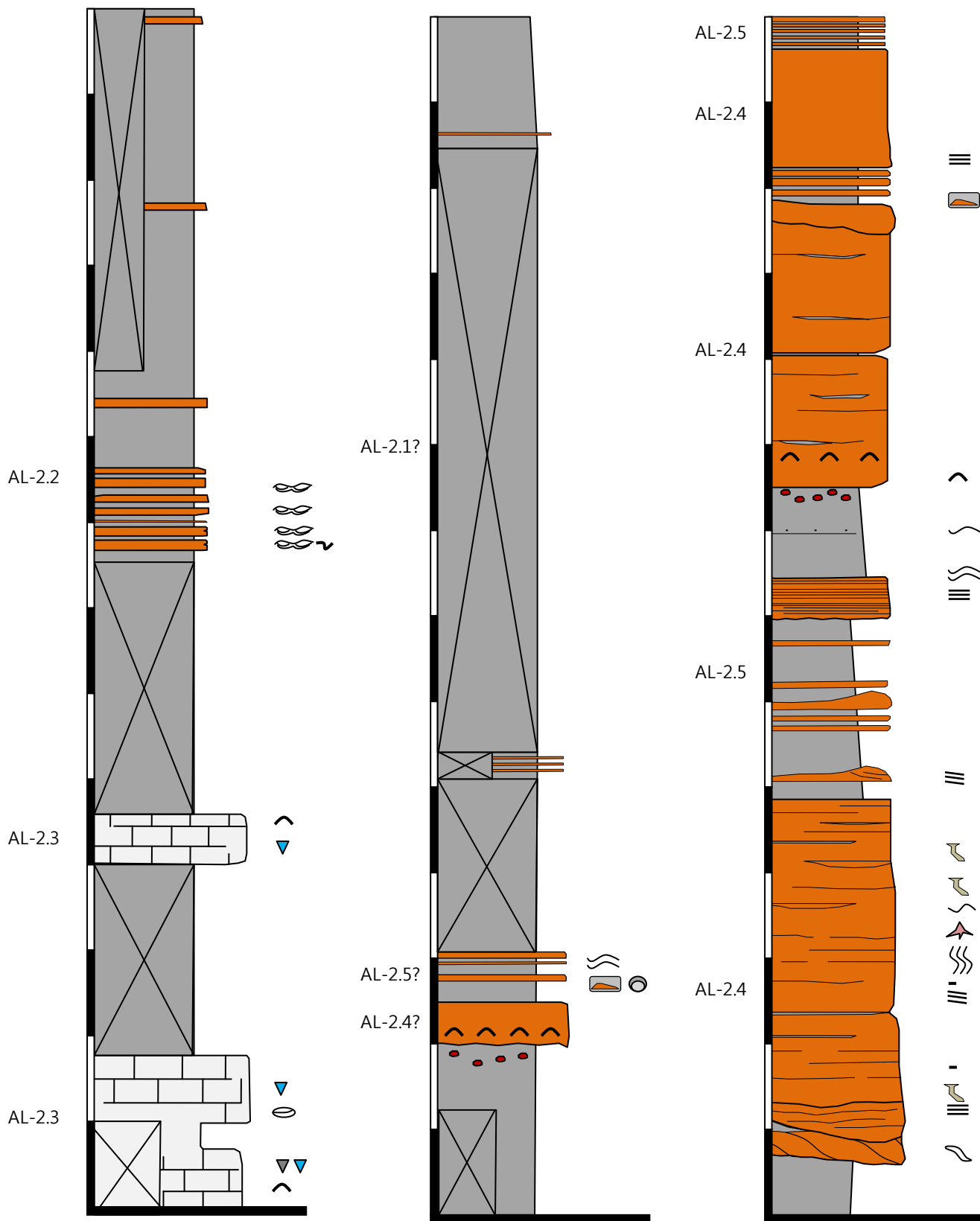


**Eranskina 3:** Amurrio-2 zutabe estratigrafikoa (ezkerrean) eta Olabezar zutabe estratigrafikoa (eskuinean) → Unitate Karbonatatuak

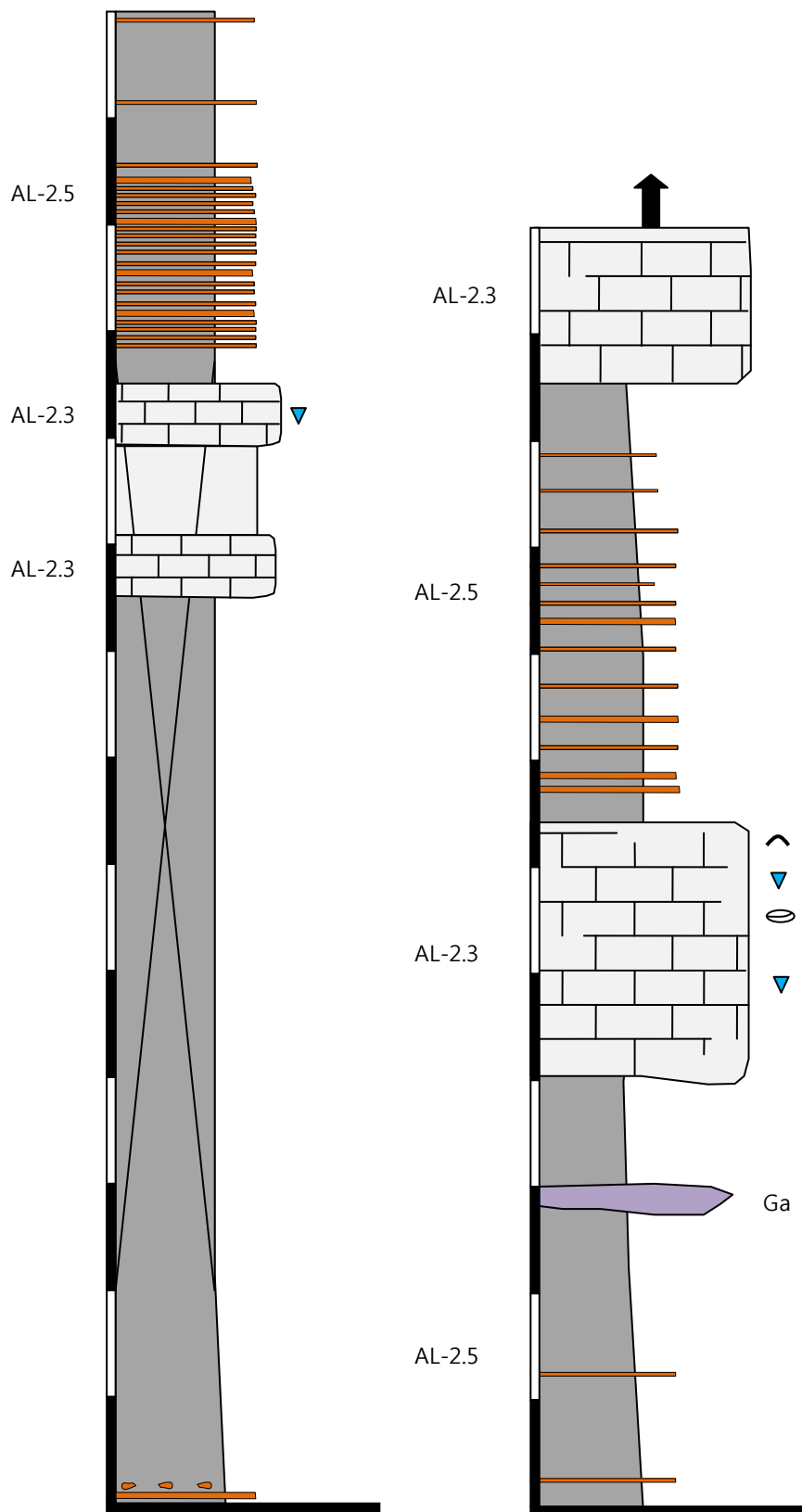




**Eranskina 5:** Altube zutabe estratigrafikoa (1) → Unitate Karbonatatuak, Altube Atala



**Eranskina 6:** Altube zutabe stratigrafikoa (2) → Unitate Karbonatatuak, Altube Atala



**Eranskina 7:** Fazioak laburbiltzen dituen taula

Nomenklatura	Sekzioa(k)	Pikor tamaina	Konposizioa	Kolorea	Litologia	Egitura	Oina / Gaina	Besteak	Interpretazioa
Lutita ilun nodularrak (A-1.1)	Amurrio-1, Astobiza Altube	Buztina	Siliziklastikoa	Gris iluna-beltza	Lutita	Noduluetara egokitzen den xafladura	-	Azoikoa, sideritazko noduluak	<i>Offshoreko</i> lutitak
HCS hareharri pasatzeak A-1.2	Amurrio-1, Altube	Harea fina	Siliziklastikoa	Laranja	Hareharria	HSC, Skip	Garbia/Graduala azkarra	Oina eta gaina bioturbazio horizontala	Tenpestitak
Lohitarri mikatsuak A-1.3	Amurrio-1	Lohia	Siliziklastikoa+karbonatua	Grisa	Lohitarria	Masiboa	-	Orbitolinak, amoniteak, mika zuri ugari	<i>Shorefaceko</i> lohia
Hareharri nodulizatuak A-1.4	Amurrio-1	Harea fin-ertaina	Siliziklastikoa	Laranja	Hareharria	Masiboa	Garbia/Garbia	-	<i>Shorefaceko</i> distaleko barrak
Orbitolinitak A-1.5	Amurrio-1, Amurrio-2	-	Karbonatua+siliziklastikoa	Laranja	Orbitolinita	Masiboa	Irregularra/Irregularra	Orbitolina ugari, gasteropodoak	Geruza kondentsatua
Hareharri masiboa A-2.1	Amurrio-2	Harea ertaina-larria	Siliziklastikoa	Laranja	Hareharria	Masiboa	Garbia/graduala	Bioturbazio tutu bertikalak, gainean orbitolinen masifikazioa	<i>Shorefaceko</i> distaleko barrak
Sulfurodun lutita beltzak A-2.2	Amurrio-2	Buztina	Siliziklastikoa + sulfuroa	Beltza-gris iluna	Lutita	Xafladura lausoa	-	Nodulu septarikoak, sulfurozko xaflak	Ingurune an/hipooxikoko lutitak
Tupa hareatsua A-2.3	Amurrio-2	Harea-buztina	Karbonatua+siliziklastikoa	Gris argia	Tupa hareatsua	Estratifikazioa	-	Orbitolinak, koral bakartiak, brakiopodoak	Ingurune trantsizionaleko metakinak
Hareharri xaflatua A-2.4	Amurrio-2	Harea fina	Siliziklastikoa	Laranja	Hareharria	Xafladura paraleloa, gaina uhinkara	Higakorra/uhinkara	-	Turbidita
Orbitolinitak A-2.5	Amurrio-2, Amurrio-1	-	Karbonatua+siliziklastikoa	Laranja	Orbitolinita	Masiboa	Graduala eta azkarra/Graduala eta azkarra	Orbitolinak, brakiopodoak, itsas trikuak	Geruza kondentsatua
Tupa mikatsua O-1	Olabezar	Buztina	Karbonatua+siliziklastikoa	Gris argia	Tupa	Xafladura lausoa	-	-	Plataforma karbonatutuko metakinak
Kareharri hareatsua O-2	Olabezar	Harea fina	Karbonatua+siliziklastikoa	Laranja	Kareharria	Masiboa	Graduala eta azkarra/Graduala eta azkarra	Brakiopodoak	Plataforma karbonatutuko metakinak
Lohitarri bioturbatuak As-1	Astobiza	Lohia	Siliziklastikoa	Gris horixka	Lohitarria	Masiboa	-	Bioturbazio horizontala ( <i>Planolites</i> )	<i>Shorefaceko</i> lohia
Pikor fin.	Astobiza	Harea	Siliziklastikoa	Laranja	Hareharria	Masiboa	Gradualak,	<i>Thalassinoides?</i>	



hareharriak As-2		fina					bioturbatuak/gradualak bioturbatuak		
Lutita ilunak As-3	Astobiza	Buztina	Siliziklastikoa	Gris iluna	Lutita	Xaflatuak	-	Bioturbazio horizontalak, ( <i>Planolites</i> )	<i>Offshoreko</i> lutitak
HCS hareharriak As-4	Astobiza	Hareha fina- ertaina	Siliziklastikoa	Laranja- Grisa	Hareharria	HCS, ripleak	Garbia/gradual azkarra	-	Tenpestitak
Xafladura ildokareko hareharriak As-5	Astobiza	Area ertaina	Siliziklastikoa	Laranja	Hareharria	Xafladura gurutzatu ildokara, marea erritmizitatea	Garbia higakorra/ graduala eta garbiak	-	Ubide marealak
Hareharri geruza plano-ganbilak As-6	Astobiza	Harea ertaina	Siliziklastikoa	Laranja- grisa	Hareharria	Lutitazko estalkiak, rippleak	Garbiak eta gradualak / gradual azkarrak eta garbiak	Bioturbazio bertikalak	Barra marealak
Epsilon estratifikazioko hareharriak As-7	Astobiza	Harea ertaina	Siliziklastikoa	Laranja- grisa	Hareharria	Epsilon	Garbiak higakorrak / garbiak	-	Ubide mareal bihurgunetsua
Lutita ilun nodularrak AL-1.	Amurrio-1, Astobiza Altube	Buztina	Siliziklastikoa	Gris iluna- beltza	Lutita	Xafladura	-	Azoikoa	<i>Offshoreko</i> lutitak
HCS hareharriak AL-2	Amurrio-1, Astobiza Altube	Hareha fina- ertaina	Siliziklastikoa	Laranja- Grisa	Hareharria	HCS, ripleak	Garbia/gradual azkarra	-	Tenpestitak
Kalkarenitak Al-3	Altube	-	Karbonatua	Gris argia	Kalkarenita	Masiboa	Garbiak eta gradual azkarrak / gradual azkarrak	Errudistak, koralak, bibalbioak, orbitolinak alga gorriak, kortoideak	Karbonatozko ekoizpen lokala
Hareharri geruza amalgamatuak Al-4	Altube	Harea larria	Siliziklastikoa	Laranja- horia	Hareharria	Lutitazko estalkiak, alboetarantz,epsilon flaser,	Garbiak eta gradualak / Gradualak	<i>Ophiomorpha</i> , <i>Asterosoma?</i>	Marea zonako metaketa
Hareharritzko geruza zentimetrikoakAl- 5	Altube	Harea fina	Siliziklastikoa	Laranja- horia	Hareharria	Masiboa, xafladura gurutzatua, xafladura paraleoa	Garbiak eta gradualak / Gradualak	-	Altxatze pultsuetako metaketa