



Aquarius: itsas hondoetako espazio-estazioa

Eider Carton Virto

Elhuyar

Orduak eta orduak pasatzen ditugu kanpo-espazioari begira eta milioiak eta milioiak gastatzen ditugu hura ikertzen. Baina ez dago hain urrutira joateko premiarik esploratu gabeko leku misterioitsuak aurkitzeko. Hemen, Lurrean bertan, gure planetaren azaleraren bi herenak estaltzen dituzten ozeanoak ere aski ezezagunak dira. Aquarius misterio horiek guztiak argitzeko asmoz Floridako uretan eraikitako urpeko laborategia da.

NAHIZ AQUARIUS-EN KUDEATZAILEEK itsas hondoetako espazio-estazio izena asko atsegin duten, itsas hondoetako pox-polo-kaxa ere izen aproposa izan zitekeen —apalegia agian?— Floridako itsas hondoetan kokatutako laborategiaren zat. Dena den, izen-kontuak alde batera utzi eta jakin dezagun zer den eta zertarako erabiltzen den horren laborategi berezia.



NOAA/ANURP

Aquarius 60ko hamarkadan Estatu Batuetako gobernuak itsas hondoak ikeritzeko martxan jarri zuen asmo handiko programaren ondarea da. Helgoland, Klobuck, Subiglo, Hydrolab eta horrela 60raino habitat izan ziren Aquarius baino lehen. Itsas azpiko hiriekin amets egiten zen garai hartan eta espazioaren ikerketari adinako grinarekin ekin zitzaion itsasoaren ikerketari ere. Denborarekin, ordea, astronautak atera ziren garaile eta programa espazialak handituz joan ziren neurrian itsasoarekiko interesa itzalduz joan zen. Egun, misio espazial batean erabiltzen den diruak Aqua-

rius-en 500 urteko mantenua segurtatuko luke.

Nolako da Aquarius?

Aquarius 12 m luze eta 3 m-ko diametroko zilindro-itxura duen hori-koloreko eraikina da. Zilindroak 80 tonako pisua dauka eta 116 tonako oinarriari lotuta dago. Horri esker, itsas hondoan egonkor pausatua dago, 20 bat m-ko sakoneran. Altzairuzko *etxea* ate hermetiko bidez komunikaturiko 3 konpartimentuk osatzen dute: atari hezeak, sarrerak eta egongelak.

Atari hezea: 1. irudian ongi ikusten da zeren izen bitxi baina adierazgarriko pieza hori. Adierazgarria, ongi islatzen baitu daukan funtzioa; izan ere, atari hezea baita Aquarius-en itsasotiko sarrera. Urpekariak gela horrek zoruan duen ate batetik sartu eta irteten dira eta, kanpoan dauden bitartean, atea beti irekita gordetzen da. Gelaren barnean eta kanpoan dagoen presioa berdina delako ura ez da Aquarius barnera sartzen eta gela lehor egoten da uneoro.

Bertan urpekarien aire-botilak eta beste zenbait material gordetzen dira eta, aldi berean, konpartimendu horretatik kontrolatzen da Aquarius-en beste geletako aire-presioa zein gas-fluxua.

Sarrera: jada zilindro nagusiaren zati, atari hezearen ondoko gela da sarrera. Oso konpartimendu txikia da eta batez ere biltegi-moduan erabiltzen da.

Egongela: Aquarius-en gela nagusia da eta ikertzaileek bertan bizi, jan, lo egin eta lan egiten dute. Bi zatitan banaturik dago: lan egiteko gune bat beharrezko ekipamendu guztiarekin, hala nola orde-nagailuak eta bideoak; eta ondoan bizitoki bezala erabiltzen den beste gune bat, hori ere ongi hornitua: lo egiteko sei literaz gain, afal-mahaia, mikrouhina, janariarentzako armairuak eta bizitza "erosoa" izateko beharrezko guztia daukate ikertzaileek bertan.

Aquarius zilborreste luze batek lotzen du itsas azalera eta bertan dagoen buiak airez zein elektrizitatez hornitzen ditu ur azpiko biztanleak. Aquarius eta kontrol-zentroen arteko komunikazioa etengabe

bekoa da eta ezbehar larriren bat egonda ere urpekariak badaukate non babes-tu. 1. eta 2. irudietan atari hezearen ondoan ikusten den eraikin txiki eta txuria Aquarius-ekiko independentea da eta ikertzaileek babesleku gisa erabiltzeko diseinatuta dago. Irudian ez badirudi ere, sei pertsona lasai eserita egoteko lekua dago bertan eta etengabe aire freskoz horniturik dago.

“koralezko arrezifeek beste edozein itsas ingurunek baino biodibertsitate-maila handiagoa dute”.

Beraz, nahiz itxuraz bizitoki txikia dirudien, espazioa ondo baino hobeto erabiltuta dago eta horri esker, Aquarius-en aldi berean sei ikertzailek lan egin dezakete.

Estatu Batuetako Institutu Ozeaniko eta Atmosferikoa (NOAA) da itsas hondoen ikerketa-programaren arduraduna eta, Hydrolab-ekin lehenik eta Aquarius-ekin orain, 200 misiotik gora burutu dituzte azken 20 urteetan. 1993az geroztik Floridako kostaldean dago Aquarius izan ere, gune hura itsas santutegi katalogatuta baitago dituen koralezko arrezifeak direla eta.

Floridako itsas santutegia

Floridako koralezko arrezifeak Ipar Amerikako koral-hesi bakarra dira eta munduko hirugarren handienak. Floridako



1. irudia. Aquarius atzetik ikusita: atari hezea.



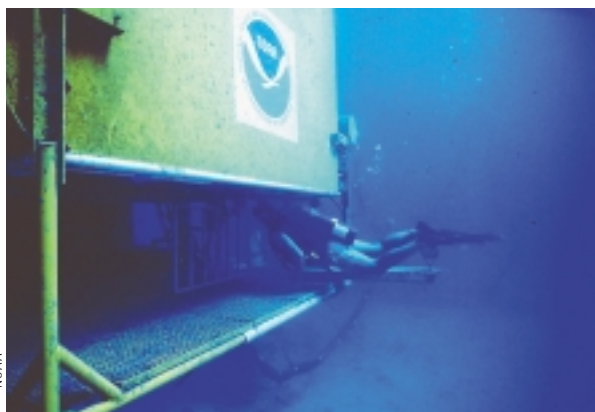
2. irudia. Zilindroaz gain plataforma zabala dauka eraikinak.



3. irudia. Euskarri sendoak ditu Aquarius-ek itsas hondotik ez mugitzeko.



4. irudia. Hemendik begiratuta izugarria dirudi Aquarius-ek.



Atari hezearen azpiko atea. Eguneko ikerketak amaituta urpekaria "etxera" dihoa.

irlekin batera, itsasoan 220 milia luzatzen den eskualdea osatzen dute, Miamitik 60 milia hasi eta Kubatik 90 milia bukatzen dena. Koralezko arrezife horiek Ipar Amerikan bakarra den itsas ekosistema konplexu eta aberatsaren oinarria dira eta horregatik itsas santutegi izendatu zituzten 1990ean. Santutegia osatzen duten 9.800 km karratuek Floridako irlak ez ezik, Floridako badia, Mexikoko golkoa eta Ozeano Atlantikoa ere barne hartzen dituzte eta nazioarteko garrantzia duen gunea da. ➔

Koralezko arrezifeek beste edozein itsas ingurunek baino biodibertsitate-maila handiagoa dute eta elkarrekiko menpekotasun handia duten bizidunetz osaturiko ekosistema hauskorrak dira.

Baina garrantzi biologiko eta ekologikoa izateaz gain, itsas santutegia Floridako irlen ardatz ekonomikoa ere bada, turismorako leku guztiz erakargarria eta arrantzagune aberatsa ere bai baita. Azken bi hamarkadetan urteko 4.000.000 bisitariren muga gainditu du irlotako turismoak eta, aldi berean, urteko 9.000 milioi tona itsaski eta gainerako itsas produktu arrantzatzen dira bertan.

Floridako itsas santutegia gain behera doa ordea. Gaixotasunen ugaritzeak, koralen zuritzeak eta koral bizidunen geru-

“urpean denbora luzez egoteko aukera eskaintzen duen teknika bakarria "murgiltze asea" da”.

zaren murrizteak arrezifeen osasun ezaren adierazgarri dira. Algak inbaditzaile izateraino ugaritu dira eta zenbait arrain-espezieren populazioa asko murriztu da. Floridako badiak azken urteetan jasandako aldaketek ekosistemaren degradazioa eragin dute, bai produkzio komertzialari eta bai itsas baliabideen kontserbazio eta egonkortasunari dagokionez. Floridako badiako uren berriztapen naturala murriz-

tea izan da planktonaren gehiegizko loratzea eta itsas belarren, belakien eta hainbat arrainen heriotza eragin duen faktoreetako bat. Floridako koralezko arrezifeen gainbeherak kezkatuak, Estatu Batuetako gobernuak eremu hura bebesteko plana jarri zuen martxan 1989. urtean eta, Aquarius, plan horren zati da.

"Murgiltze asea": Aquarius-en abantaila nagusia

Aquarius 1993az geroztik dago Floridako itsas hondotan eta harrezkero, sei laguneko txandetan 10 eguneko batez besteko iraupena izan ohi duten hainbat ikerketa-plan gauzatu dira bertan. Bertan eginiko ikerketei esker koralei buruzko jakintza hedatu egin da eta Floridako arrezifeen arazo eta gaitzen ezagutzak

Koralezko arrezifeak

Floridako koral-hesia Ipar Amerikan dagoen handiena da eta munduko hirugarrena. Handiena Australiakoa da eta bigarren handiena, berriz, Brasilgoa. Arrezife horiek guztiak kaltzio karbonatoa ekoizten duten organismoen komunitatez osaturik daude. Koralezko arrezifeak kaltzio karbonatoa erabiliz milaka urtetan zehar eraikitako itsaspeko hiriak dira.

Kaltzio karbonatoa itsas landare eta animalia askok ekoizten dute, zenbait alga espezie eta itsas ornogabe barne. Kaltzio karbonatoa eskeleto gisa erabiltzen dute, eskeletoa giza eskeletoaren antzerako barne-eskeletoa edo barraskiloen antzerako kanpo-eskeletoa izan daitekeelarik. Bi kasuetan, kaltzio karbonatozko eskeletoek uhinak jasaten dituzten egitura zurrinak eratzen dituzte: arrezifeak. Arrezifeen osagai nagusia koralak eta zenbait alga-espezie direnean, arrezifeei koralezko arrezife deitzen zaie.

Koralezko arrezife horietan anemona txikien koloniak bizi dira. Organismo horiek fotosintetikoak dira askotan eta, nahiz eta koralak haragijaleak diren –zooplanktonez elikatzen dira– bizitzeko behar duten oxigeno eta energia gehiena anemonen fotosintesiaren albo-produktu moduan jasotzen dute. Anemonek gainera, koralen kolonien kaltzio karbonatoaren produkzioa handitzen dute, arrezifeak hazten lagunduz. Koral- eta anemona-kolonien arteko erlazioa sinbiotikoa da, anemonak koralentzako onuragarriak dira, eta alderantziz. Koraletan bizi diren organismoen arteko erlazio sinbiotikoak oso ohikoak dira.

Koralezko arrezifeak lur-masa lehorren inguruko uretan egoten dira eta baldintza fisiko oso zehatzak behar dituzte garatu ahal izateko. Normalean, koral-hesiak gune tropikaletan hazten dira, Kaprikornio eta Kantzer tropikoen artean, ur tropikalak beroak, argiak, nutriente –nitrogeno eta fosforo– gutxiak eta tenperatura zein gazitasun-



NOAA/NURP

-maila egonkorrekoak baitira. Dena den, ozeanoetako itsas lasterrek gune bateko egoera fisikoa alda dezakete eta arrezifeen garapen-eskualdeak zabaldu edo murriztu. Floridan, esaterako, Golkoko itsas lasterraren ur beroen eraginez dagokiona baino iparralderago hazten da koral-hesia.

Koralak garatzeko bete beharrezko baldintza fisikoak:

Argiaren irradiazio handiko azalera:	2.000 $\mu E/m^2 /s$
Oxigeno-ugaritasuna:	5,0-7,0 mg/l
Uhertasun-maila txikia:	0,01-0,10 mg/l
Nutriente-kopuru txikiak:	0,01-0,1 μM
Temperatura egonkorra:	18-30 $^{\circ}C$
Gazitasun-maila egonkorra:	% 33-36

Arrezifeen zurruntasuna ekaitz tropikalen botere suntsitzailearen aurkako babes-hesi naturala da. Arrezifeak ehunka itsas izakiren bizileku dira: biodibertsitate handiko guneak dira, Lurrean dauden 23 animalia-filumetatik 22 bertan aurki ditzakegarriak. Aldi berean, karbonoaren ekoizpen-maila handiko habitatak dira, 2.000 dekagramo karbono daude metro karratuko.



"Murgiltze atea"ri esker arazorik gabe sartu eta irteten dira urpekariak.

munduko beste hainbat arrezifetan aplikagarriak dira. Misio horietako bakoitza lana egunero itsas azaletik urperatuz egitea baino askoz garestiagoa da, ordea. Zergatik, orduan, Aquarius-en beharra?

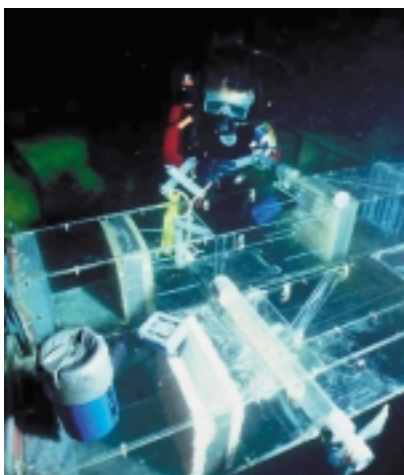
Presio atmosferikoan arnastea edo presio handiagoko giroetan arnastea ez da berdina gorputzarentzat. Presioa handiagoa denean airea osatzen duten gasen odol-leko disolbagarritasuna handitu egiten da eta, ondorioz, odola nitrogenoz —airean ugari dagoen gas geldoa— betetzen da. Urpean azalean baino presio handiagoa dago —zenbat eta beherago hainbat eta handiago— eta urpekariaren gorputzetan lehen aipatutako fenomenoak gertatzen da murgiltzen diren bakoitzean. Odolean pilatutako nitrogeno-kantitatea sakontasunaren eta urpean pasatako denboraren arabera da eta, normalean, 20 metroko sakoneran ordubetez bakarrik lan egin dezakete urpekariak deskonpresio-arazoak jasateko arriskurik gabe. Eta zer da deskonpresio-arazo hori? Bi hitzetan esanda, odolean pilatutako nitrogenoaren bat-bateko kanporatzea. Urpekaria ur azalera gerturatzen den neurrian jasan beharreko presioa txiagotu egiten da eta, presioa txikiagotzearekin batera, odol-leko nitrogenoaren disolbagarritasuna ere txikiagotu egiten da. Ondorioz, pilatutako nitrogenoaren ehunetatik eta odolek burbuila modura irtezen hasten da eta, urpekaria azkarregi igotzen bada, bere gorputzean gertatuko den fenomeno astindutako gaseosa botila irekitzean gertatzen denaren antzekoa izango da. Burbuilek paralisia, kon-

bultsioak, muskuluak koordinatzeko eta hitz egiteko zailtasunak eta zorabioak eragin ditzakete eta baita giltzaduretako oinazeak ere. Horrelakoak gertatzen direnean urpekariak ganbera hiperbarikotara —atmosfera baino presio handiagoa duten kamarak— sartzen dira, baina kalteak iraunkorrak izan litezke.

Gizakiok ditugun muga fisikoak gainditzeko aurrerapen teknologikoak erabiltzen dituzte ikertzaileek, hala nola robotak, itsaspekoak, edo urruneko kontrolaz gidatzen diren tresnak. Baina teknologia ere mugatua da eta ikerketa askotarako urpekariak egotea ezinbesteko da.

"Floridako arrezifeen arazo eta gaitzen ezagutzak munduko beste hainbat arrezifetan aplikagarriak dira".

Urpean denbora luzez egoteko aukera eskaintzen duen teknika bakarra "murgiltze ase" da. Teknika 60ko hamarkakan garatu zen eta egun Aquarius da teknika horrekin lan egiten duen urpeko habitat bakarra. Edozein sakoneratan, 24 orduren buruan gorputza nitrogenoz ase egiten da eta hortik aurrera, urpekariak orduak, egunak, asteak edo hilabeteak eman ditzake urpean lanean. Aquarius-en dauden bitartean ikertzaileak itsaso-



Itsas hondoak laborategi bihurtzen dituzte Aquarius-eko ikertzaileek.

Zenbait ikerketa arrakastatsu

- Koralen zuritzea koralen heriotza eragin dezakeen noizbehinkako gaixotasun masiboa da eta ikertzaileek hamarkada bat baino gehiago ibili ziren gaixotasunaren eragilearen bila. Aquarius-en eginiko zenbait ikerketari esker Eguzkiko izpi ultramoreek koralen zuritzea eragin dezaketela ikusi zen, izpi horiek uste baino sakonera handiagotara iristen baitira eta 25 m-tan dauden koralei ere eraso baitiezaieke.
- Populazio handiko guneetako hondakin-urek arrezifeetan izan dezaketen eragina ikertu eta ezarri zen Aquarius-en. Arrezifeak nutriente gutxiko guneetan hazten dira normalean eta hondakin-urek sortutako poluzio-maila txikiak ere oso sentikorrek dira.
- Koralen elikadura eta birsortzeari buruzko ikerketak egin dira Aquarius-en. Ezagutza horiek gizakiak kaltetutako arrezifeen lehengoratzetan aplikagarriak izan daitezke.
- Koralezko arrezifeen energia-zikloak ulertzen lagundu duten aurkikuntzak ere egin dira bertan.

ko giro-presioan bizi dira eta ez dute egunero konpresio deskonpresio fenomenoak jasan beharrik. Ordubetez beharrean eguneko 9 orduz lan egin dezakete itsas hondotan eta horrek ikerketen iraupena murrizteaz gain, jarraitasuna ematen die lanei. Aquarius-en eginiko 10 eguneko misio batek 60 egun beharko litzuke ur azaletik eginez gero, egitea posible balitz. Denbora aurrezteaz gain, Aquarius-ek azaletik ikertu ezin daitezkeen sakonera handiko koralak ikertzeko aukera ematen die ikertzaileei, besteak beste.

Gainera, ur azalera igo aurretik beharrezko deskonpresio-denbora behean egondakoarekiko independentea da: 17 ordu Aquarius-en kasuan. 17 ordu horietan, habitat barneko presioa poliki-poliki presio atmosferikoraino jaisten da, azken aldira murgildu aurretik urpekariaren gorputza azaleko egoerara itzuli dadin. ❏