

logros

7409 kilómetros de viaje submarino: primer vuelo transoceánico de un droide de investigación en la historia de la Oceanografía (Scarlet Knight RU27 2009)

Dr. Antonio González Ramos

Prefacio

"... Permaneció en el Atlántico Norte durante 221 días sin apenas contacto alguno... Navegó siempre en solitario... En aguas oscuras, profundas y peligrosas... Su predecesora, RU17, había desaparecido en aguas de Azores emulando un viaje similar a finales de Octubre de 2008... Probablemente atacada por un tiburón..."

The Washington Post (diciembre 15, 2009)

A mediados de febrero del año de Nuestro Señor de 1493, *La Pinta* de Martín Alonso Pinzón y *La Niña* de Cristóbal Colón navegaban una gran galerna que les sorprendió cruzando las Azores en su vuelta del descubrimiento. Ante esa tesitura Colón, comprensiblemente, optó por la ruta más segura y conocida por los navegantes portugueses y españoles que pescaban y mercadeaban en esas aguas: Navegar al Este en línea recta hacia Lisboa, y bajar al Sur hacia el Puerto de Palos de La Frontera, con la costa portuguesa por la amura de babor (ver Figura 1).

Pinzón sin embargo, tenía serios problemas en *La Pinta*, que navegaba averiada y lastrada por las vías de agua. Los meses previos, la carabela había sido sabiamente reparada y remozada por carpinteros

de ribera en la Bahía de Arinaga, Gran Canaria, de los daños sufridos en una tormenta llegando a Lanzarote. También cambiaron el aparejo de mesana por uno "latino" que podía rizarse (recogerse) si había mucho viento. En aguas centroamericanas Martín Alonso sometió a *La Pinta* a duras pruebas y la nave mostró siempre sus capacidades marineras. Rodrigo de Triana iba en su cofa en la madrugada del 12 de octubre. Y las distintas islas que exploraban eran siempre visionadas en primer lugar por Martín Alonso, que parecía leer en el viento y en el mar... A su regreso a España, la carabela pagaría las consecuencias de la audacia marinera de nuestro mítico navegante. *La Pinta* tenía inutilizado el palo del trinquete en la proa (alguna copla marinera apuntaba erróneamente que era el de mesana, en la popa). Presentaba además vías de agua por la popa que la hacían navegar muy lastrada. A pesar de ello, nuestro mítico capitán dio otra brillante lección marinera que trascendió a la historia de la navegación como una de las maniobras más audaces jamás realizada. Mientras Colón navegaba hacia Lisboa en línea recta, Pinzón optó por la ruta más marinera,

la más peligrosa, desconocida y a la postre, más eficiente para llegar a casa. Viró hacia el NE cruzando las Azores orientales en plena galerna, hacia las aguas más oscuras, e inhóspitas del Norte, donde los temporales de invierno que cruzaban el Atlántico N arreciaban con más virulencia. Pinzón buscaba corrientes y vientos *inéditos* (un todo o nada) que les transportara a mayor velocidad hacia el E, hacia los únicos refugios costeros atlánticos conocidos en esas aguas de aquella España del siglo XV, Vigo y La Coruña. El 1 de marzo de 1493, *La Pinta* enfilaba la bocana del Puerto de Baiona, Vigo, convirtiendo a esta pequeña comunidad marinera en la primera villa europea en recibir nuevas del descubrimiento. Tres días después, el 4 de marzo, Colón arribaba a las aguas costeras lisboetas. Una semana después, Martín Alonso fue instado por la Corona Española a partir de Baiona y reunirse con Colón. Entró en el Puerto de Palos de la Frontera el 15 de marzo, algunas horas después de que Colón hiciera lo propio a bordo de *La Niña*.



Figura 1. Rutas de *La Pinta* de Martín Alonso Pinzón (Norte) y *La Niña* de Colón (Sur) (febrero-marzo de 1493). Composición expuesta en la Villa de Baiona, Vigo que rememora *La Arribada*.



Figura 2. Ruta transoceánica de RU27. Fue botada en New Jersey el 27 de abril de 2009 y recuperada el 4 de diciembre de 2009 en aguas españolas de la costa da Morte. Recorrió 7409 km en 221 días.

El hito

<http://rucool.marine.rutgers.edu/atlantic/>

"... La Ciencia hace historia en Baiona..."

El País, diciembre 12, 2009

El 9 de diciembre de 2009, un pequeño robot de investigación oceanográfica, Scarlet Knight RU27, hacía también historia reproduciendo un viaje similar al que realizó *La Pinta* cinco siglos antes. Scarlet había abierto una puerta inmensa al futuro. Esta pequeña sonda submarina y su equipo humano (Rutgers University, WEBB, NOAA, Facultad de Ciencias de Mar/IUSIANI-ULPGC, Puertos del Estado) habían vencido a la estadística (5-10% de probabilidad de éxito). Habían cruzado un océano con un pequeño robot por primera vez, desde New Jersey (abril 27, 2009) hasta la *Costa da Morte* (diciembre 4, 2009). Scarlet batió todos los records: tiempo de permanencia en el agua, distancia recorrida... Recogió gran cantidad de datos oceanográficos del Atlántico N., utilizó inéditas rutas de transporte en 3D (similar a la actual ocupación del espacio aéreo) y, lo más importante, no consumió energía para desplazarse. El hito fue calificado por la prensa internacional (*Oficina de Ciencia y Tecnología* de la Casa Blanca, *Revista Nature*) como *hazaña científica y tecnológica*.

Ese gran día de diciembre, Scarlet fue honrada en el mismo Puerto de Baiona que vio arribar a *La Pinta*. El Ministro de Fomento, en representación del pueblo español, la entregó al Director de la Oficina de Ciencia y Tecnología de la Casa Blanca. Éste, a su vez, en representación del pueblo norteamericano, entregó una réplica exacta que será expuesta en el Museo Naval de esa mítica villa marinera (ver Figura 2).

<http://rucool.marine.rutgers.edu/atlantic/press.html#press>

Scarlet la droide

"... Cada droide submarino tiene su propio carácter..."

Dr. Scott GLENN (Rutgers University).
 Team Leader. Proyecto Scarlet Knight
 RU27.

Scarlet RU27 no era una excepción a la afirmación hecha por el líder del equipo, Dr. Glenn. Definitivamente RU27 tenía *mucha personalidad* y mostró *cualidades netamente femeninas* durante toda la travesía. Era *valiente* (cruzó un océano en solitario), de gran *fortaleza* (221 días, 7409 km), tomó siempre *decisiones, conservadoras o emprendedoras* (activó una sola vez el protocolo de escape anti-predadores). Era además *una robot muy inteligente y capaz* (desarrolló TODOS los protocolos de la misión con preci-

sión milimétrica)... Definitivamente Scarlet era, de hecho es, *una droide con mucho carácter*.

La sonda mide exactamente 2,41 m de eslora y pesa 72 kg. Se desplazaba mediante una bomba de agua en la proa que cambiaba alternativamente su peso (introduce/expulsa 1/2 vaso de agua) y, por ende, su flotabilidad (0-140 m). Sin embargo, su gran innovación radicaba en el uso de dos alas que le permitían "volar" en la columna de agua. Scarlet utiliza para navegar/planear el mismo fundamento dinámico que los planeadores sin motor lo usan en el aire. Las alas la desplazaban en cada ascenso/descenso *permanentemente* hacia delante, sin consumir energía alguna... Su velocidad máxima; sin embargo, nunca superó 1,2 m/s (0,15 m/s los últimos días de misión).

Emergía durante 12 min cada 8 horas. Y los aprovechaba muy bien: llamaba a casa vía satélite. Reportaba su posición GPS, su perfil de navegación, y los datos geofísicos 3D entre 20 y 140 m (Temperatura, Salinidad, densidad) que había registrado durante el segmento previo con los dos CTDs (sensores) ubicados bajo las alas. Una vez enviada la información, Scarlet recibía instrucciones (nuevo rumbo, la frecuencia de captación de datos oceanográficos, parámetros de navegación). Terminada la transferencia de instrucciones obtenía una se-

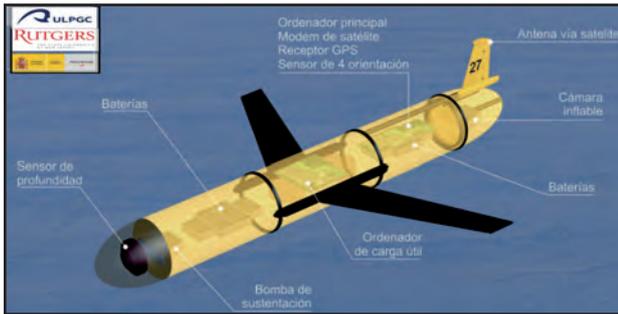


Figura 3. Scarlet Knight RU27.

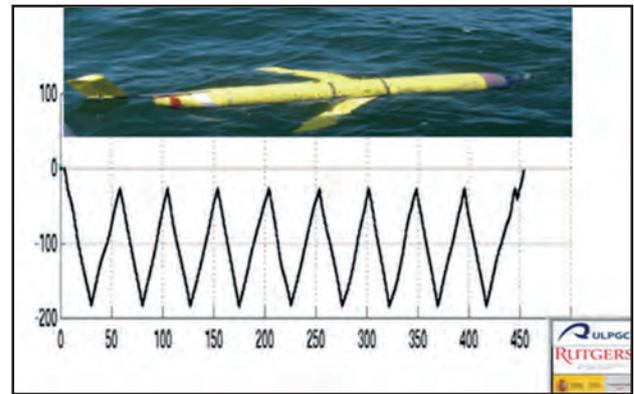


Figura 4. Segmento de 8 horas (9 bucles ascendentes y descendentes). En el minuto 450 recibió un ataque de un predador que la obligó a subir a la superficie.

gunda posición GPS (transcurridos 12 min desde su emersión) y se zambullía otro segmento de 8 horas... hasta el siguiente contacto... si lo había... Y es que en toda la misión sólo dejó de llamar a casa en dos ocasiones: la primera, debido a problemas de comunicación satélite; la segunda vez, porque Scarlet *decidió* activar su sistema ante autodefensa ante un predador que la había atacado: expulsar el agua muy rápidamente para ascender velozmente a la superficie mientras el predador trataba de hundirla. Emergió 12 min después y llamó a casa para alivio general (ver Figura 3 y Figura 4, min 450).

Sus números

"... Cristóbal Colón jamás habría imaginado poder disponer de un conocimiento tan exhaustivo del gran desconocido de nuestro planeta: el Gran Azul..."

Dr. Jerry MILLER, Director
Oficina de Ciencia y Tecnología de la Casa
Blanca, diciembre 9, 2009

Scarlet recorrió 7409 km "horizontales" más otros 2220 entre inmersiones y emersiones durante los 221 días (27 abril – 4 diciembre 2009) que estuvo en la mar. Llamó a casa vía satélite más de 1000 veces durante toda la misión (1000 sensaciones de alivio), completando un total de 11.000 bucles ascendentes y descendentes.

Lo más significativo de este viaje transoceánico fue que Scarlet recorrió esos 7409 km sin consumir NADA de energía para desplazarse. Solo utilizó (de sus baterías) la energía equivalente a la consumida por 6 leds de un árbol de navidad para la gestión interna de la nave. En kilojulios, había recorrido un océano con la energía equivalente a la contenida en litro de gasolina convencional (un coche recorrería sólo 10 km). Un consumo 1000 veces inferior al de un utilitario. Así que Scarlet llegó a casa con un 33% de carga remanente de sus baterías de litio. Ello permitió, una vez recuperada a bordo, enviar en *tiempo real* TODA la información digital obtenida durante su rescate (vídeos, fotos, datos). Pretendíamos evaluar *in situ* la carga de batería que consumía en el tránsito de envío vía satélite de imágenes y vídeos. Ello permitiría además evaluar el coste de energía/batería en comunicaciones y utilizar futuras cámaras *on board* IR/visible en próximas misiones con el objeto de monitorizar la nave en directo.

Así que Scarlet continuó trabajando una vez recuperada, mientras era liberada/limpiada a bordo del Buque Oceanográfico español *el Investigador* de lo que el equipo denominaba su *fan club*: los percebes. Estos invertebrados se convirtieron en protagonistas principales de esta historia, y un auténtico que-

bradero de cabeza durante toda la travesía. Utilizamos imágenes de satélite del equipo de la ULPGC para reducir el encuentro con grandes concentraciones planctónicas. Desarrollamos protocolos de talla/edad/peso para las distintas especies de percebes atlánticos. Evaluamos la progresión temporal de nuestra pérdida de navegabilidad. Pretendíamos averiguar, una vez recogida Scarlet y confirmadas las especies y las tallas, cuándo y dónde se había producido la colonización. Y es que en los viajes de RU17 en 2008 y de Scarlet en 2009, el peso de los percebes que se adosaban al casco "sí o sí", dificultaban significativamente su navegación y rumbo efectivo al lastrar desigualmente ambas alas y supusieron un peligro REAL de pérdida de la nave (ver Figura 5 y Figura 6).

Spain !!!

"... Hoy, 14 de Noviembre 2009, se abre una nueva era en la investigación oceanográfica. A las 8.04 am, El equipo ULPGC informó que ya cruzamos la línea exterior de la ZEE europea y que Scarlet vuela en casa, en aguas españolas. Hemos cruzado un océano. Hemos cruzado el Atlántico N por primera vez en la historia..."

Dr. Scott GLENN (Rutgers University).
Team Leader de Proyecto Scarlet Knight RU27.

<http://www.i-cool.org/?p=4490>

<http://www.i-cool.org/?p=4497>

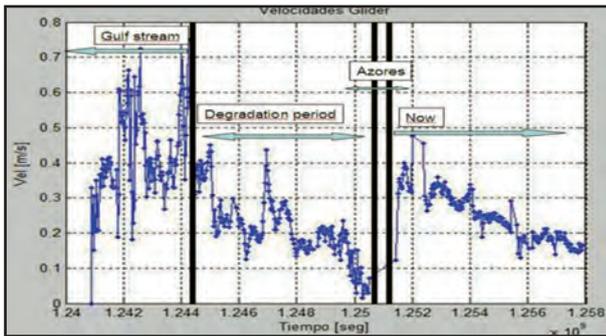


Figura 5. Cambios de la velocidad de Scarlet durante la travesía (abril-diciembre 09). Las pérdidas de velocidad se debieron a los percebes adosados al casco que lastraban su navegabilidad. Al final de la travesía, reportaba un 15% de la velocidad (0,12 m/s) que alcanzó durante el primer segmento de la Gulf Stream (0,8 m/s).

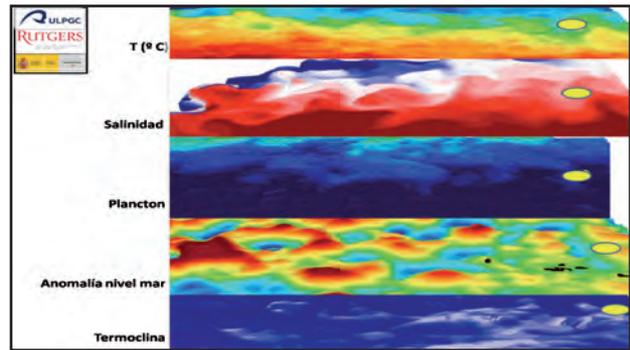


Figura 6. Ejemplo de imágenes y datos oceanográficos en 3D del Lab de Oceanografía Operacional SEASNET de la ULPGC. Scarlet atravesaba las Azores por el NE (septiembre 2009).

Scarlet entró en aguas españolas agotada, al igual que *La Pinta*. No superaba el 15% de su velocidad potencial y presentaba un error de rumbo efectivo de 18 grados. En esas condiciones cruzó la línea que delimitaba la ZEE española el 14 de noviembre de 2009.

“... Honor a todos. Hemos cruzado el Atlántico N. ULPGC Team, 8.04 am, sábado...”

Era el segmento más complicado y duro de toda la travesía: volar las aguas de la *Costa da Morte* en invierno. El lastre hacía además que Scarlet dejara progresivamente su rol de “nave muy hidrodinámica” para convertirse en “lavadora a la deriva”. Y lo más significativo era que en este último segmento, nuestra valiente y lastrada droide se encontraba en aguas donde los modelos oceanográficos que tan bien nos habían funcionado en el Atlántico Central comenzaron a generar errores en la predicción y no simulaban correctamente las condiciones marinas que la sonda reportaba *in situ*. Y es que las galernas que cruzaban el Atlántico N hacia Europa giraban la corriente 360 grados (ondas inerciales) en las aguas adyacentes a la Península Ibérica... Cada 16 horas... todos los días... durante 21 días...

En esas condiciones las predicciones y rumbos enviados por el equipo (NOAA, IOOS, NAVY, NASA, RUTGERS, ULPGC) resultaban baldíos. No eran útiles. Las mismas predicciones que se utilizan en foros internacionales de estudio del cambio climático global. Scarlet también demostró con ello, que será necesario hacer un profundo ejercicio de revisión de esas predicciones numéricas. Así pues, en el momento más delicado de la misión, nos planteamos seriamente volver al primitivo sistema de navegación de los inicios. Scarlet emergía y reportaba una corriente (dirección y velocidad), y el piloto de guardia asignaba un rumbo acorde... La solución era un reto a la inteligencia y a la improvisación... a la audacia, a la herencia e impronta marinera española... a la creatividad...

Pinzón, el planificador de rutas

“... El equipo que dirigió a Scarlet estaba convencido de que el espíritu audaz de un gran navegante, Martín Alonso Pinzón, Capitán de La Pinta, les acompañó durante la travesía”...

The Washington Post (diciembre 15, 2009)

La solución al gran problema emanó del segmento español. Mediante técnicas de inteligencia artificial, el Laboratorio de Robótica Subma-

rina (IUSIANI-ULPGC) diseñó un *planificador de rutas* inédito al que bautizamos con el nombre de *Pinzón*. Este algoritmo “navegaba” un mar de píxeles y datos españoles (Laboratorio de Oceanografía Operacional SEASNET-ULPGC y del Laboratorio de Puertos del Estado), de satélite, de modelos y redes de boyas de gran precisión espacio-temporal. *Pinzón* reproducía cada hora y en 3D, el escenario de corrientes que se encontraría la sonda en las siguientes 72 horas y definía la ruta más eficiente y rápida hacia el E. Así que nuestro *Pinzón* consultaba los mapas cada 8 horas (al igual que Scarlet), e incluía en sus estimaciones el error de cabeceo y el lastre en la velocidad de la sonda. Ello hacía mucho más realistas y certeras sus predicciones, que eran enviadas al HQ en formato KML.

El planificador de rutas *Pinzón* fue adoptado con gran entusiasmo y expectación por todo el equipo inmediatamente. De hecho, después de su primera predicción, compartió cartel de presentación en el blog del proyecto con Neil Armstrong, que en aquel momento se encontraba de visita en uno de los laboratorios americanos (Palmer Station, Antártica). En ese momento no lo sabíamos, pero un planificador de rutas canario (español), *Pinzón*, se había convertido también en el primer pla-

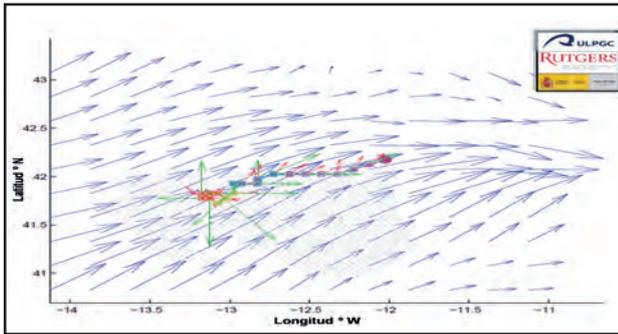


Figura 7. Ruta Propuesta por el planificador de rutas *Pinzón* de la ULPGC a finales de noviembre de 2009. Los campos de corrientes provienen del sistema español de predicción de clima marino (se muestra solo una salida horaria). Permitió rescatar a *Scarlet Knight* RU27 de la onda inercial que giraba la corriente 360° (en color verde la dirección resultante de la corriente diaria). Coincidió con la ruta tomada por Martín Alonso y *La Pinta* en Febrero de 1493.

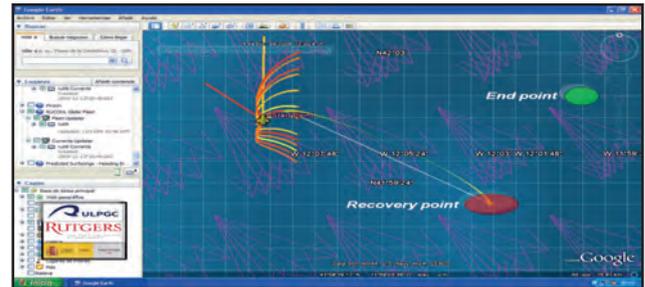


Figura 8. Derivas posibles propuestas por el planificador de rutas *Pinzón* en Google Earth. Los campos de corrientes de las últimas 6 horas de misión están representados en color violeta y provienen del sistema español de predicción de clima marítimo. El rescate de *Scarlet* se produjo a 3 millas al SW del end point programado semanas antes.

nificador de ruta de robots submarinos transoceánicos de la historia. En realidad era *el único que había y la primera vez que se hacía*.

<http://www.i-cool.org/?p=4615>

Y es que nuestro planificador *Pinzón*, que había mostrado desde las primeras simulaciones numéricas su *esencia marinera* española, hizo algo grande que dejó boquiabierto a todo el equipo (ver Figura 7). En sus primeras predicciones con datos meteo-oceánicos genuinamente españoles, en las condiciones de lastre y error de rumbo en las que se encontraba *Scarlet*, la ruta que el planificador propuso a finales de noviembre, coincidió exactamente con la decisión tomada hacía 5 siglos por Martín Alonso a bordo de *La Pinta*. Nuestro planificador resolvió una inédita ruta submarina hacia el NE, al igual que *La Pinta* en febrero de 1493. Nos indicaba que en las condiciones duras de mar (gigantesco remolino con grandes corrientes que giraban 360° alrededor de la sonda cada 16 horas), avanzando apenas 2 km/día durante un lapso de 11 días, la ruta más eficiente para llegar a la costa española era viajar al NE, al igual que la averiada y lastrada *Pinta* hacía cinco siglos.

Predijo que en la emersión de las 16 pm del 29 de noviembre, *Scarlet* habría cruzado el meridiano 13 W que nos había tenido varados en medio del Atlántico durante dos semanas. A las 16 pm de ese día, *Scarlet* se encontraba ya dos millas náuticas al E de ese meridiano. Nuestro planificador había sacado a la sonda de una gran onda inercial, de un gran remolino. Había trazado una ruta al NE que nos imprimía además más velocidad hacia el E. Los segmentos fueron mejorando (6-10 km/día) y como resultado, acercando indefectiblemente a *Scarlet* al "end point", hacia la Costa da Morte. A cumplir con su destino: *Desaparecer* en el mar para siempre, o *Pasar a la Historia* de la oceanografía. Su suerte, simplemente, estaba echada.

Alea jacta est

"... Con tecnología inédita, fue guiada por el ingenio humano, la inteligencia y la pericia, la cooperación científica..."

Dr. Jerry MILLER, Director

Oficina de Ciencia y Tecnología de la Casa Blanca, diciembre 9, 2009

<http://www.i-cool.org/?p=4868>
http://rucool.marine.rutgers.edu/atlantic/downloads/ostp_120409.jpg

"El oso está en el igloó"... "Bravo Zulú"... (ver Figura 8, 9 y 10)

Esta fue la breve conversación que trascendió entre el puente de *El Investigador* y el *Centro de Control* en Jersey. Informábamos que habíamos recuperado la sonda y el Centro de Control nos felicitaba. Reflejaba el primer éxito después de años de preparación, de algún fracaso (2008), de duro trabajo... El equipo científico de oceanógrafos americanos (Rutgers University, NOAA, IOOS, WEBB) y españoles (ULPGC y de Puertos del Estado) que habían navegado a *Scarlet* apoyados por alumnos pre y postgraduados (entre los que figuraban 2 técnicos en formación de la Plataforma Oceánica de Canarias, PLOCAN, que se encontraban en Jersey), culminaban a bordo del Buque oceanográfico *El Investigador* en las mismas aguas de la *Costa da Morte* que navegó *La Pinta*, la travesía que también cambió la historia de las ciencias marinas. Rescataban por fin a nuestra *Scarlet* en medio de olas de 2 metros y una nueva galerna que



Figura 9. B/O español El Investigador. Costa da Morte. Diciembre 4, 2009. 9.04 am.

Figura 10. Primer contacto. Juan PEDROSA (BO El Investigador), Enrique FANJUL (Puer-tos Estado), Scott GLENN (RUTGERS, Team leader) y Antonio González RAMOS (ULPGC). Diciembre 4, 2009. 9.10 am.



se acercaba rápidamente desde el W, con olas de 8 metros. La sonda fue localizada a las 9.05 a bordo de *El Investigador* chapoteando en una ola, a unos 150 m de la proa, a las "11"... Scarlet estaba en casa. Quedó en custodia de la tripulación en el Puerto de Vigo, para ser entregada en Baiona al pueblo norteamericano.

A finales de 2010, Scarlet será recibida con honores en la Casa Blanca y será permanentemente expuesta en un museo de la Fundación Smithsonian (Washington DC). Pasará a la historia como otro símbolo científico más del ingenio humano, de su capacidad de innovación y creatividad, de la magia del conocimiento ante nuevos retos jamás planteados y su emprendeduría.

Equipo humano de la ULPGC

Dr. Antonio González Ramos (*Investigador Principal* ULPGC, misión *Scarlet Knight RU27*. Laboratorio de Oceanografía Operacional SEASNET, Facultad CC del Mar)

Dr. Jorge Cabrera Gámez (Laboratorio de Robótica Submarina, IUSIANI)

Alex Redondo Arolas (Laboratorio de Oceanografía Operacional SEASNET. Facultad de CC del Mar.

Dr. Josep Coca Sáez (Laboratorio de Oceanografía Operacional SEASNET (Facultad de CC del Mar)

Dr. Daniel Hernández Sosa (Laboratorio de Robótica Submarina, IUSIANI)

Enrique Fernández Perdomo (Laboratorio de Robótica Submarina, IUSIANI)

Dr. Josep Isern González (Laboratorio de Robótica Submarina IUSIANI)

Dr. Antonio Domínguez Brito (Laboratorio de Robótica Submarina IUSIANI)