

EL REAL INSTITUTO Y OBSERVATORIO DE LA ARMADA, EL BIO *LAS PALMAS* Y LAS CIENCIAS DE LA TIERRA EN LA ANTÁRTIDA

Fernando BELIZÓN RODRÍGUEZ
Capitán de navío

Introducción

Al sur de los 60° de latitud sur se encuentra el continente antártico. Múltiples razones han hecho de esta región la parte de la Tierra que más ha tardado en incorporarse a los conocimientos geográficos. Aún hoy en día este continente sigue siendo un desconocido, debido al carácter inhóspito de su climatología, a la inaccesibilidad producida no sólo por su posición geográfica extrema, sino también por la barrera física que introduce el cinturón oceánico que la rodea, que sin duda constituye el mar más tempestuoso del planeta.

El final de siglo XVIII, todo el XIX y el primer tercio del XX marcan el intervalo en el que los primeros seres humanos, unas veces guiados por el afán de la exploración geográfica y otras por intereses económicos, comenzaron a mostrar interés por estas tierras heladas.

Durante las décadas de los 40 y 50 del pasado siglo, y en relación con las reclamaciones de soberanía efectuadas por Inglaterra, Argentina y Chile, se desarrolla una proliferación de bases en la península Antártica, buscando con ello sustentar aspiraciones soberanas, alcanzando estas reclamaciones proporciones de crisis que condujeron a situaciones de tensión próximas al enfrentamiento militar.

Para frenar estas tensiones y, simultáneamente, al objeto de estudiar la interacción del Sol con la atmósfera terrestre en un periodo de máxima actividad solar, se funda un comité especial en París con la finalidad de organizar el Año Geofísico Internacional (AGI), que se desarrollaría entre 1957-58.

Con motivo del AGI visitan la Antártida más científicos que en el conjunto de toda su historia pasada, participando un total de 66 naciones. El AGI no sólo puede considerarse un éxito desde el punto de vista científico, también

dejó patente que los grandes logros científicos realizados en la Antártida habían sido posibles gracias a haber dejado a un lado las cuestiones políticas.

Comienzan así unos encuentros formales entre representantes de doce de las naciones que habían participado en el AGI, buscando una solución «internacionalista» al problema de las reivindicaciones soberanas, sentándose así las bases del Tratado Antártico. Doce países adquirieron el estatus de miembros consultivos del Tratado y la responsabilidad de reservar todo un continente a la investigación científica y a la conservación de su naturaleza.

España estuvo presente en la investigación antártica casi desde el principio (finales de los años cincuenta), prolongando esta participación en el tiempo a lo largo de las dos décadas siguientes. Sin embargo, ésta siempre fue en sus inicios consecuencia de iniciativas personales.

No sería hasta el comienzo de los años ochenta cuando nuestro país comienza a prestar una mayor atención a todo lo relacionado con este continente. Se suceden diversas iniciativas: viaje de la goleta *Idus de Marzo*, la campaña científica de los buques *Novo Alcocero* y *Pesca Puerta*, la presencia de investigadores del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en la isla Livingston. También merece destacarse la incorporación de España en 1982 al Tratado Antártico como miembro adherente. Esto implicaba una muestra de voluntad y un acercamiento al tema, pero no permitía derecho a voto, esto es, el derecho a decidir.

Participación y capacidad de decisión fueron pues consideradas objetivos fundamentales. Ello exigía la muestra de un interés efectivo y permanente por la Antártida, mediante la realización de trabajos de investigación científica en la zona. Por estos motivos, y sumando los esfuerzos de diversos organismos científicos españoles, el Ministerio de Defensa promovió una expedición embarcada que debería simultanear la realización de trabajos científicos durante el verano austral 1987-88 con el apoyo logístico a la Base «Juan Carlos I» (isla Livingston) que sería abierta, bajo la gestión del CSIC, en enero de 1988.

Fue en ese momento cuando el Real Instituto y Observatorio de la Armada inició su relación con la investigación en el continente antártico, fundamentalmente en el área de las Ciencias de la Tierra, campo en el que contaba ya con una larga experiencia.

El Real Instituto y Observatorio de la Armada en San Fernando y las Ciencias de la Tierra

En 1749, tras su participación en la campaña de medida del grado de meridiano llevada a cabo en el virreinato del Perú con el fin de determinar la forma física de la Tierra, el capitán de la Compañía de Guardias Marinas don Jorge Juan y Santacilia propuso al marqués de la Ensenada, entonces ministro

de Marina, la idea de crear un observatorio que pudiese servir a los futuros oficiales como laboratorio de aprendizaje de una ciencia fundamental para la navegación, como era la Astronomía. En 1753 comienza su andadura histórica el Real Observatorio, si bien instalado en el antiguo Castillo de la Villa en Cádiz. No sería hasta 1798 cuando fue trasladado a San Fernando, entonces Real Isla de León, ocupando el edificio que actualmente lo acoge.

En el otoño de 1788 y durante los primeros meses de 1789, participa muy activamente en la preparación de la que sería la expedición científica liderada por el capitán de navío Alejandro Malaspina, que entre 1784 y 1786 había ejercido como oficial agregado a los estudios mayores que se desarrollaban en el Observatorio bajo la supervisión de don Vicente Tofiño, director de la Academia de Guardias Marinas. Durante aquella expedición la corbeta *Atrévida*, al mando de don José Bustamante, navegando en condiciones muy duras de mar y visibilidad, explora la bahía Posesión en el archipiélago de las Georgias del Sur, describiendo con precisión sus avistamientos.

A lo largo del siglo XIX su dotación de oficiales participa en diferentes trabajos hidrográficos en las costas de la península Ibérica, en el continente americano y en territorios de ultramar.

El siglo XIX ve nacer los primeros observatorios geomagnéticos, destinados a observar las variaciones de las distintas componentes del campo magnético terrestre, y entre ellas la de la declinación magnética. Su control, variación geográfica y secular, fue considerado un objetivo por la Armada, dado su impacto en las navegaciones oceánicas, por lo que en 1879 se inician las primeras series de observaciones geomagnéticas absolutas en San Fernando, comenzando en 1891 el registro continuo de las variaciones de las diferentes componentes del campo, y con ello la actividad del primer observatorio geomagnético de España, y uno de los más antiguos del mundo, actualmente integrado en la Red Internacional de Observatorios Geomagnéticos en tiempo real INTERMAGNET.

En 1898 el sismólogo inglés John Milne instala en el recinto del Observatorio de San Fernando uno de los doce sismógrafos de la primera red sísmica mundial. Esta fecha, comienzo de los registros sísmicos instrumentales en España, marca el inicio del Servicio de Sismología en el Real Observatorio. Desde entonces se han instalado diferentes estaciones sísmicas permanentes y temporales, de forma que en la actualidad detecta y registra la sismicidad regional del golfo de Cádiz y del mar de Alborán mediante su Red Sísmica de Corto Periodo, ampliando estas actuaciones a escala global a partir de 1996 con el despliegue de estaciones de banda ancha que actualmente constituyen la red Western Mediterranean (WM), red asociada a diferentes redes globales.

El AGI coincide en el tiempo con el lanzamiento de los primeros satélites artificiales, y por tanto con el comienzo de la exploración del espacio. Ello habría de proporcionar información de gran valor, que cambiaría de forma

drástica la imagen simétrica y equilibrada que se tenía de procesos como el campo magnético terrestre.

Asimismo los satélites artificiales comienzan a ser utilizados como blancos y a través de la variación temporal de las coordenadas de las estaciones que los observan se obtiene información acerca de la rotación de la Tierra o del movimiento de sus placas litosféricas. Esta técnica estuvo presente desde sus comienzos en el Observatorio de la Armada, con la instalación de una cámara Baker-Nunn de seguimiento de satélites artificiales a finales de los cincuenta, parte de la primera red global de seguimiento de satélites artificiales, y con el emplazamiento de una primitiva estación de telemetría láser en 1968. En la actualidad se dispone de una estación láser de tercera generación, única en España, asociada a la red mundial ILRS y capaz de seguir satélites situados a alturas superiores a los 20.000 kilómetros.

Adicionalmente, todas estas disciplinas se han visto ampliadas con la participación en campañas geofísicas terrestres y marinas, en diferentes lugares del mundo, al amparo de diversos proyectos de investigación, nacionales o internacionales, como Geodinámico, ILIHIA, SELF, MAGIC, ESEAS, etc., y también en campañas para levantamientos sistemáticos, como las de la Zona Económica Exclusiva Española (ZEEE).



El BIO *Las Palmas* fondeado en Port Lockroy (febrero de 1990).

El Real Instituto y Observatorio de la Armada en San Fernando y las campañas antárticas

La primera etapa: «época heroica»

En 1987 representantes del Ministerio de Asuntos Exteriores se pusieron en contacto con la presidencia del CSIC para apoyar la instalación de una base científica en el entorno antártico, actualmente denominada «Juan Carlos I». Asimismo se inician contactos con el Ministerio de Defensa al objeto de promover una expedición científica que habría de apoyar, tal como ha sido comentado anteriormente, logísticamente a dicha base a lo largo del verano austral 1987-88.

Aquella primera expedición convocó a diversas instituciones involucradas en la investigación científica, contando entre otras con el Instituto Español de Oceanografía, el Instituto Hidrográfico de la Marina, el Instituto Geográfico Nacional y el Real Instituto y Observatorio de la Armada. La jefatura científica recayó en el entonces capitán de navío Manuel Catalán, director del Observatorio.



Preparando la maniobra de largado por la popa del magnetómetro marino.

Esta expedición embarcada se marcó como objetivo el contribuir a la adquisición de nuevos conocimientos en el entorno antártico dentro del campo de las Ciencias de la Tierra. Para ello fue seleccionada un área geográfica muy compleja e interesante desde el punto de vista científico, como era la comprendida entre el archipiélago de las Shetland del Sur, el estrecho de Bransfield y la península Antártica.

Para ello se planificó la aplicación de nuevas tecnologías y estrategias, tratando de implementar una investigación científica de alto nivel que pudiera apoyar la candidatura de nuestro país a optar como miembro consultivo del Tratado Antártico.

Para su desarrollo se fletó, a la compañía EMPREMAR de Valparaíso, la motonave *Río Baker*, acondicionando algunos de sus compartimentos a modo de laboratorio. El Observatorio participó en los programas de geología marina, geofísica y geodesia.

Pese a que la parte principal de la investigación era realizada a bordo del buque, fue preciso destacar equipamiento científico y personal a tierra, al objeto de apoyar la campaña marina. Para ello se instalaron en la isla Livingston una estación magnética vectorial, estaciones sísmicas telemétricas, así como una central horaria. Un despliegue similar tuvo lugar en diferentes emplazamientos de la isla Decepción.

A lo largo de dicha campaña se realizaron, asimismo, trabajos geodésicos, determinando puntos fundamentales mediante el empleo de los entonces novedosos receptores geodésicos GPS, que ayudarían a establecer las bases de una red en la que se apoyarían posteriores trabajos geodinámicos, cartográficos, etcétera.

Los estudios sismológicos y de magnetismo marino llevados a cabo en aquella primera expedición antártica tuvieron como objetivo el estudio de la estructura profunda de la corteza y del manto superior en la zona del sur de Bransfield. Otros aspectos también fueron objeto de investigación, como la existencia de un posible proceso de apertura del fondo oceánico entre las islas Shetland del Sur y la península Antártica, o como el control de la actividad volcánica de la isla Decepción.

Para ello se desarrollaron programas conjuntos con el Instituto Español de Oceanografía y con el Museo de Ciencias Naturales de Madrid, entre otras instituciones. A su término, los trabajos realizados a lo largo de la campaña marina, junto con otros implementados en tierra por el equipo de investigadores situados en la Base «Juan Carlos I», sirvieron de base para preparar la candidatura de España a optar como miembro consultivo del Tratado Antártico, hecho que se materializa en París en septiembre de 1988.

A esta primera campaña le siguieron otras tres desarrolladas en el buque de investigación oceanográfica (BIO) *Las Palmas*. Para ello hubo que adecuarlo como buque laboratorio, habilitando un compartimento a babor y popa, donde quedaron instalados los equipos científicos de registro. Las modificaciones

también afectaron a los equipos de maniobra, de forma que pudieran remolcarse el magnetómetro marino y los equipos sísmicos Sparker y Uniboom, y a otros aspectos de su estructura.

La actividad del Observatorio durante las campañas realizadas a bordo del BIO *Las Palmas* a lo largo de los veranos australes 1988-89, 1989-90, 1990-91 continuó centrada fundamentalmente en el estudio geofísico en la zona situada al sur de la cuenca del Bransfield, rodeando el entorno de las islas Decepción y Livingston, pero se extiende más al sur, adentrándose en los estrechos de Gerlache y Bismark hacia bahía Margarita.

Esta ampliación al sur permitió establecer, utilizando receptores GPS de dos frecuencias, nuevos puntos geodésicos, en concreto alguno de ellos en uno de los lugares más bellos del continente antártico: Bahía Paraíso.

Adicionalmente, en colaboración con la Universidad de La Plata (Argentina) y el Servicio Hidrográfico Argentino, se unió geodésicamente el punto fundamental de la red, situado en la Base «Juan Carlos I», con la Red Nacional Geodésica Argentina a través de Tierra de Fuego (Ushuaia y Río Grande).

Fue precisamente realizando mediciones geodésicas frente a la base argentina «Almirante Brown» —uno de estos días maravillosos que de vez en cuando regala la Antártida— cuando a finales de enero de 1989 se recibió a bordo la llamada de socorro del buque ARA *Bahía Paraíso* comunicando que había



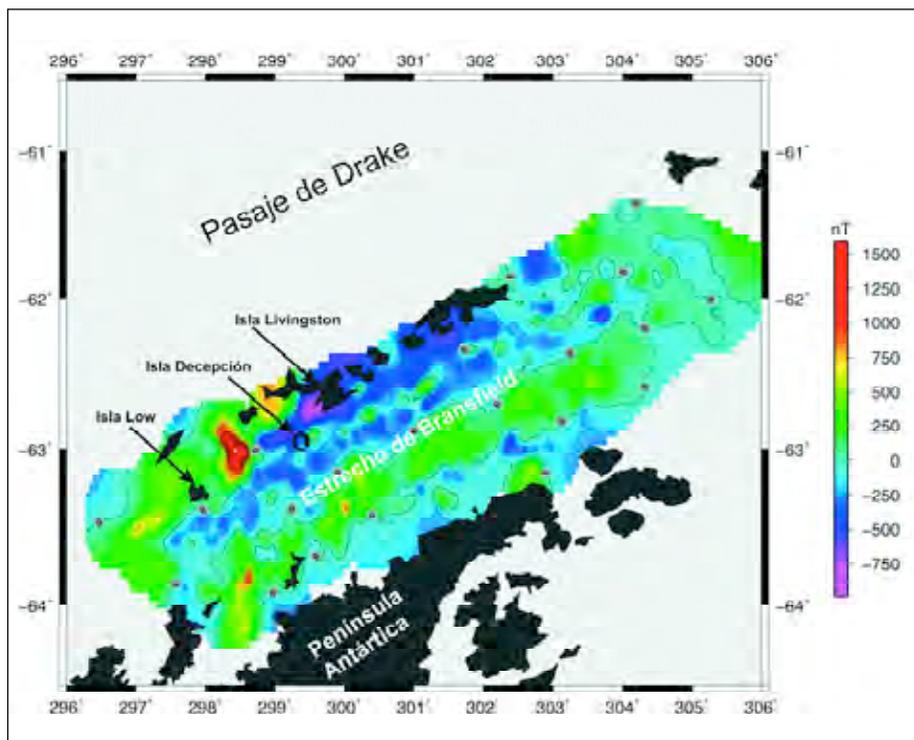
Desembarco de material en isla Decepción. (Foto: J. L. Sobrino).

chocado con una laja cerca de la isla Anvers. Se le prestó auxilio en la evacuación de personal y de posibles materiales contaminantes.

Simultáneamente a toda esta actividad científica habría que añadir también el apoyo técnico prestado por personal del Observatorio durante la construcción, por el Ejército de Tierra, de la Base «Gabriel de Castilla» en la isla Decepción.

La segunda etapa

La campaña antártica 1991-92 marca lo que en aquel momento se consideró el final de la presencia del BIO *Las Palmas* en dicha zona, siendo relevado por el buque de investigación oceanográfica *Hespérides*. La incorporación de este buque supuso un salto cualitativo y cuantitativo importantísimo en las investigaciones marinas españolas, y en particular en las polares.



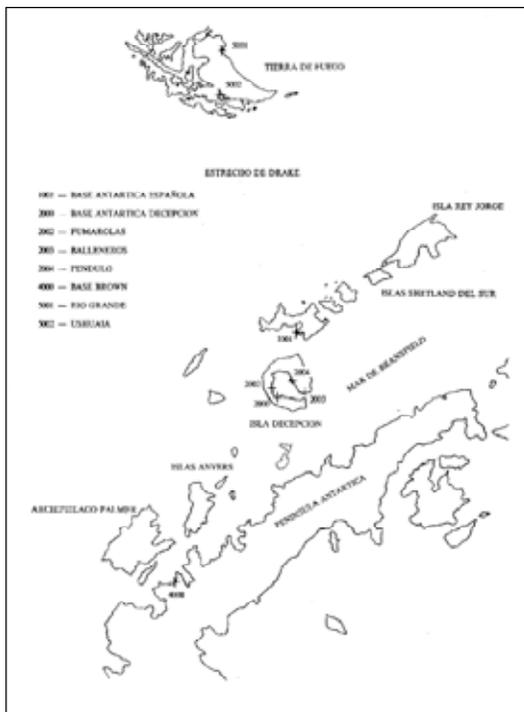
Mapa de anomalías magnéticas del estrecho de Bransfield obtenidas tras las campañas realizadas por el Observatorio en la zona.

Durante aquella primera campaña a bordo del *Hespérides* se realizaron 1500 km de perfiles con sismica de reflexión multicanal; se efectuaron estudios de anomalías geomagnéticas, no sólo en el estrecho de Bransfield, sino que se progresó hacia la dorsal sur de la placa Scotia y cuencas adyacentes, en colaboración con el Instituto Español de Oceanografía.

También se continuó con el levantamiento de una red geodésica en las Shetland del Sur y su unión con el continente sudamericano, utilizando satélites GPS, lo que sentó las bases de estudios geodinámicos que involucrarían a las placas sudamericana, antártica y Scotia. También continuaron las observaciones GPS de la red geodésica local de isla Decepción. Ello posibilitó trabajos posteriores, donde las deformaciones de la isla, zona de gran actividad sísmica dada su condición de volcán activo, quedaron patentes.

En 1995 la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología aprobó el Proyecto de Investigación «Geodinámica de las Shetland del Sur y Tierra del Fuego. Técnicas geodésicas y geodinámicas» (ANT95-0270). Ello supuso el retorno del Observatorio a la investigación antártica tras un paréntesis de cuatro años. Las actividades que se desarrollaron dentro del citado proyecto estuvieron relacionadas, principalmente, con tres campos: geodesia mediante observaciones GPS, sismología y geomagnetismo.

En enero de 1999 tuvo lugar una serie sísmica que se inició con un temblor de magnitud 3 el día 13 de dicho mes. Su epicentro se situó a menos de ocho kilómetros de la Base Antártica del Ejército de Tierra «Gabriel de Castilla». El 20 de enero se produjo un segundo sismo de magnitud superior a 5, lo que provocó la consiguiente alarma. Debemos recordar que la isla Decepción acoge dos bases antárticas (española y argentina), y es punto de obligada visita para numerosos buques turistas a lo largo del verano austral.



Las estaciones de la red geodésica antártica.

Ante la posibilidad de una crisis sismo-volcánica en ciernes, y a fin de reconocer la actividad en la isla antes del inicio de la campaña antártica 1999-2000, el Plan Nacional de Investigación Antártica (PNIA) estimó conveniente la realización de una evaluación del estado de la isla, debiendo para ello reobservar los puntos que constituían su red geodésica local, efectuar muestreos y análisis de gases con el fin de detectar la presencia de componentes magmáticos y realizar una campaña de perfiles geofísicos marinos que comprenderían tanto la zona interior como la exterior de la isla para así detectar posibles cambios en la estructura del volcán.

Cada uno de estos objetivos sería cubierto, a requerimiento del PNIA, por diferentes instituciones científicas con reconocida experiencia en los objetivos antes señalados. El Observatorio fue convocado para liderar la tercera de las acciones (campaña de Geofísica Marina, Proyecto DECVOL ANT99-1428-E) contando para ello con el BIO *Hespérides* como plataforma de adquisición de datos.

De forma prácticamente simultánea a la solicitud del PNIA, y al amparo de la Acción Especial ANT98-1805, personal del Observatorio estableció una estación geodésica GPS permanente en la Base «Juan Carlos I», quedando operativa en marzo de 2000. Esta estación, con capacidad de generar correcciones diferenciales GPS, ha prestado su apoyo a numerosos proyectos de investigación que desde entonces se han desarrollado en su entorno cercano: estudios de geomorfología, glaciología, geofísica marina, etcétera.

En el año 2001 la Dirección General de Investigación adscrita al Ministerio de Ciencia y Tecnología informó favorablemente sobre el Proyecto GEODEC-MAR (REN2000-0551-C03-03). Este proyecto de investigación tenía como objetivo la definición de la estructura somera del volcán activo de Decepción, así como la del entorno circundante del estrecho de Bransfield. Dicho estudio implicaba la realización de una campaña de geofísica marina y terrestre, que se desarrolló en enero-febrero de 2002, empleando como buque de apoyo el BIO *Hespérides*.

Durante la campaña, realizada en colaboración con la Universidad Complutense de Madrid, se desplegaron diversas estaciones sísmicas en tierra, tanto en Decepción como en la isla Livingston, en Base Primavera (península Antártica), en isla Low, etc. Se fondearon diversos sismómetros de fondo marino en el Bransfield y se instalaron en tierra estaciones geomagnéticas de referencia, barriéndose finalmente más de 3.000 millas náuticas, repartidas a lo largo de más de 100 perfiles geofísicos en la mar.

Todas estas campañas han permitido al Observatorio establecer diferentes líneas de investigación (campos potenciales, sísmica, geodesia GPS...) en dicha área geográfica, especialmente en el entorno de la isla Decepción. Han servido asimismo como base para la realización de tesis doctorales, publicación de artículos de investigación en revistas científicas, así como realización de múltiples presentaciones en congresos.

No obstante, algunos de estos trabajos, principalmente los concernientes a campos potenciales (gravimetría y geomagnetismo) habían visto limitadas sus conclusiones en el entorno de la isla Decepción como consecuencia de la ausencia de información, tanto gravimétrica como magnética, en algunas áreas, debido a que por falta de tiempo o por una meteorología adversa quedaron pendientes de barrer.

Para una comprensión más profunda del marco tectónico de la isla, integrándola en el conjunto de la cuenca del Bransfield, era esencial disponer de una imagen completa de su «huella magnética» en su prolongación hacia el Estrecho antes citado que permitiera separar las anomalías magnéticas, cuyo origen está asociado al entorno tectónico, de aquellas otras cuyo origen esté ligado a la actividad del magma local.

Asimismo, dado el carácter activo del volcán (su última erupción data de 1970), era conveniente realizar un seguimiento de su evolución, en este caso a



Personal del Observatorio y de la Universidad Complutense de Madrid participante en la campaña geofísica GEODEC-MAR (enero-febrero 2002) en isla Decepción.

partir del control de su firma magnética. Por ello en 2005 se planteó un proyecto de investigación cuyos principales objetivos consistían en la realización de una campaña de geomagnetismo marino y en efectuar un seguimiento de la evolución magnética del volcán de la isla de Decepción. Dicha propuesta fue aceptada por el Ministerio de Educación y Ciencia (MAREGEO CGL2006-27124-E).

La Campaña de Geofísica Marina (MAREGEO) se ha desarrollado a lo largo del mes de diciembre de 2008 a bordo del *BIO Las Palmas*, cerrando, por el momento, una relación que había comenzado casi 20 años antes, cuando los primeros investigadores del Real Observatorio de la Armada embarcaron en él, llevando a cabo la que podría denominarse «época heroica» de la investigación española en la Antártida.

Para finalizar, debo significar que con este modesto trabajo, en el que para su elaboración he contado con la inestimable colaboración en grado sumo del personal de la Sección de Geofísica del INSOB, quiero rendir un sentido y profundo homenaje a todos aquellos miembros de la dotación del Observatorio, en activo u otra situación administrativa en la actualidad, militares o civiles, que han participado en las campañas antárticas desarrolladas por el centro, porque con su dedicación, entusiasmo, espíritu de sacrificio, profesionalidad y por la calidad de los trabajos científicos desarrollados han prestigiado y dejado muy alto el pabellón del Observatorio y de la Armada.

