



Natural Resources  
Canada

Ressources naturelles  
Canada

# Geociencia en el Servicio Geológico de Canadá (GSC)

## Enfoque en ETR

Miren Lorente, James Ikkers, Malaika Ulmi, Mike Ellerbeck et al.

ASGMI  
Mayo 2026

Canada





**Reconocemos y valoramos que el trabajo del GSC se extiende a través de todos los territorios y aguas ancestrales de las Primeras Naciones, Métis e Inuit. Estamos comprometidos con la reconciliación indígena y nos esforzamos por construir relaciones colaborativas, respetuosas y a largo plazo con comunidades, gobiernos y grupos indígenas en todo Canadá**



Natural Resources  
Canada

Ressources naturelles  
Canada

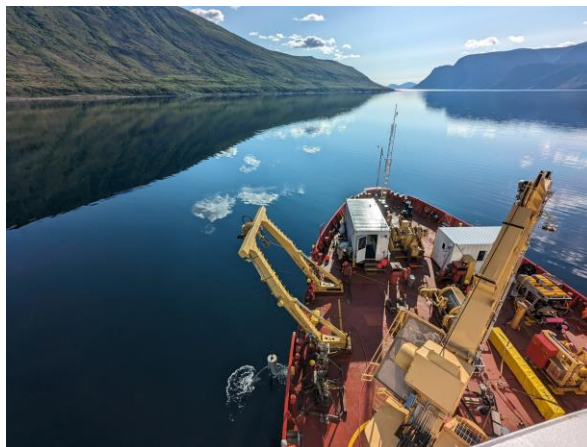
Canada

# Mandato y áreas prioritarias del GSC

- Forma parte del Ministerio de Recursos Naturales de Canadá, organización federal de geociencia
- Produce geociencia abierta que apoya la toma de decisiones, la exploración y el desarrollo responsable de los recursos



Minerales y  
desarrollo del norte



Gestión terrestre  
y marina



Resiliencia climática y ante  
amenazas

# Programas clave que apoyan la geociencia mineral

Targeted Geoscience Initiative (TGI), desde 2000



Geo-mapping for Energy & Minerals (GEM-GeoNorth), desde 2008



Critical Minerals Mapping Initiative (CMMI), desde 2019



Critical Minerals Geoscience & Data (CMGD), desde 2022



- Bases de datos nacionales
- Modelos de sistemas mineralizados
- Herramientas predictivas

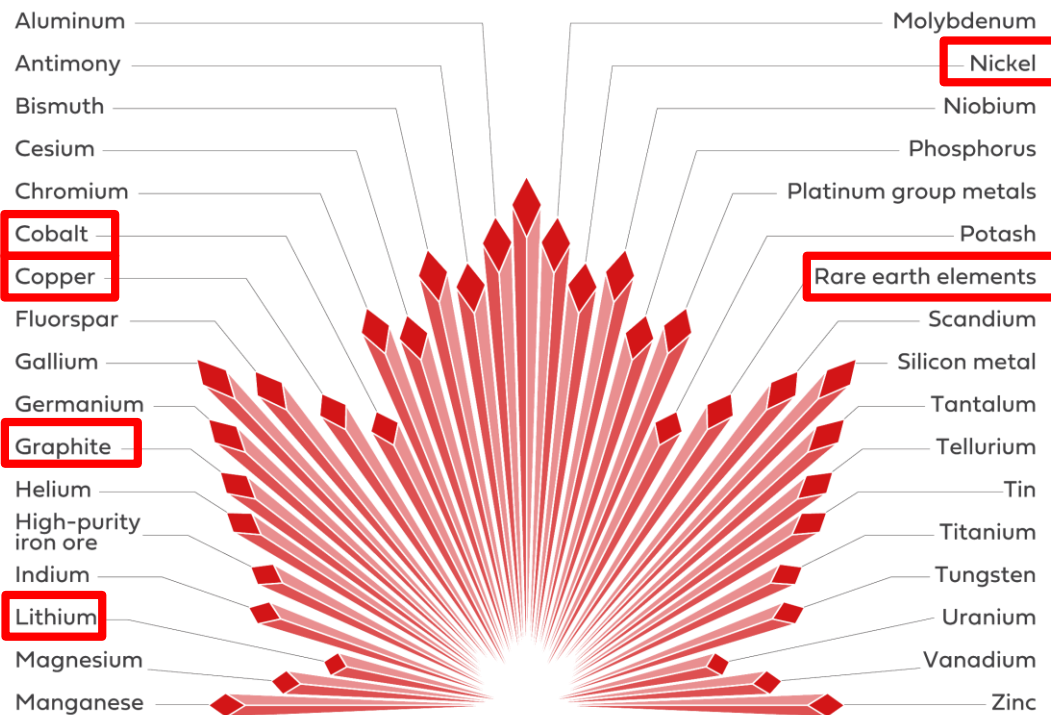
\$80M (5 años)



\$3.800M – Estrategia Canadiense de Minerales Críticos



# Critical Minerals Geoscience & Data – Minerales prioritarios



Primeras etapas de la cadena minera

- Entender la geología e identificar nuevos depósitos
- General datos de base
- Reducir el riesgo de exploración

Lista de minerales críticos de Canadá

# ETR en Canadá

## Geología

- Principalmente sistemas de carbonatita y rocas alcalinas
- Formados por procesos magmáticos + hidrotermales

## Distribución

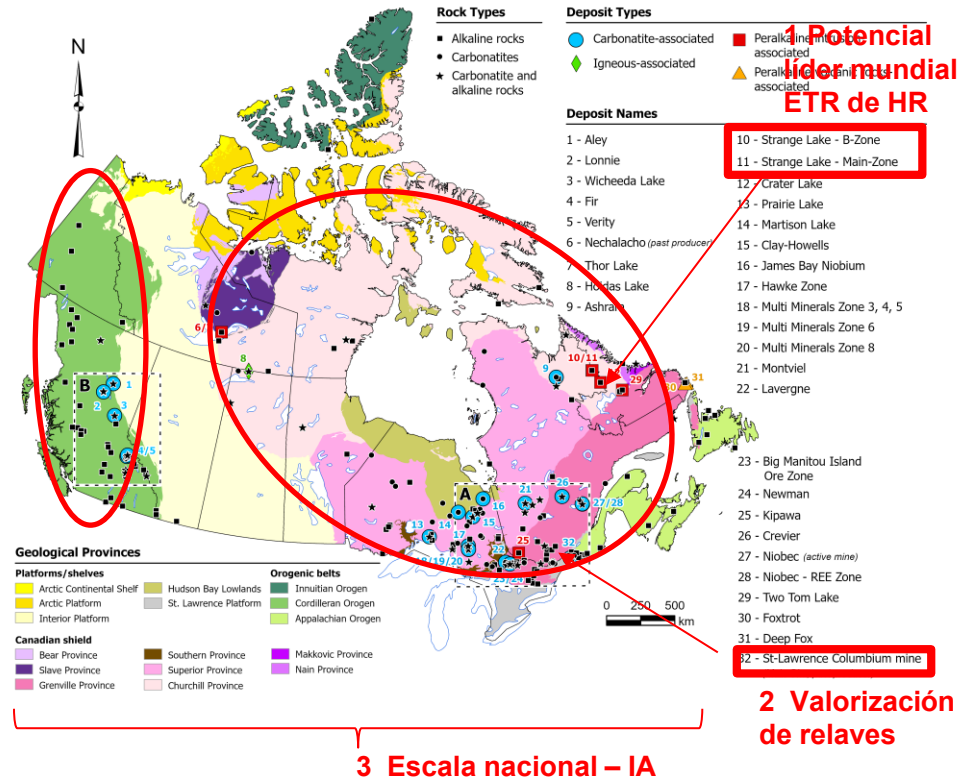
- Canadian Shield y Cordillera
- Asociados con fallas y zonas de rift

## Oportunidad

- Más de 30 depósitos, >200 ocurrencias
- Potencial importante aún no explotado

## Desafíos

- Conocimiento geológico limitado
- Procesamiento mineral complejo
- Exploración limitada en zonas remotas



Distribución espacial de los depósitos de ETR, Nb y Ta  
(Sappin et al., in press)

# 1) Strange Lake (ETR–Zr–Nb)

## Objetivo

- Comprender los controles del enriquecimiento en ETR pesados (HREE, e.g., disprosio y terbio) en sistemas peralcalinos

## Enfoque

- Estudio mineralógico y geoquímico integrado de fases portadoras de ETR en unidades graníticas y pegmatíticas

## Resultados

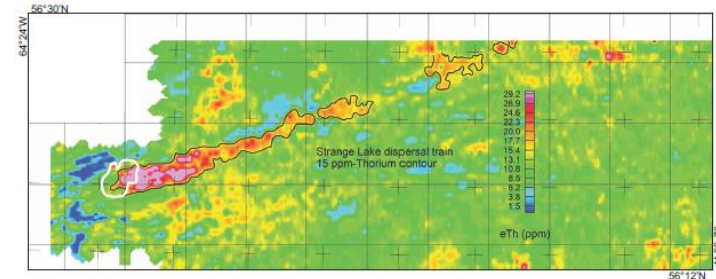
- Los HREE se concentran principalmente en silicatos con berilio ([Be] de hasta 5251 ppm en pegmatitas)
- El berilio influye en cómo se distribuyen los HREE mediante controles cristalquímicos durante la interacción fluido-roca hidrotermal
- Permite orientar mejor la exploración hacia sistemas ricos en HREE con mayor potencial económico

(Mohammadi et al., colaboración con Torngat Metals)



1970's – Anomalías geoquímicas  
1979 – Geofísica aérea

↓  
Depósito de ETR



Airborne gamma-ray spectrometry (GSC, 1980)

# Strange Lake – Proveedor mundial de HREE

Potencial para convertirse en el mayor proveedor mundial de HREE

- Por ejemplo, el disprosio es crítico para imanes permanentes (vehículos eléctricos, turbinas eólicas)
- Reconocido como un proyecto estratégico en las iniciativas del G7 sobre minerales críticos, con importante financiación pública (\$175M) y asociaciones internacionales
- Proyecto Strange Lake de Torngat Metals Ltd.:
  - Alianza estratégica con Vacuumschmelze
  - Mina de ETR a cielo abierto con producción prevista para 2028, ~30 años de vida útil, capacidad de hasta 36,000 t/día
  - Incluye infraestructura integrada: planta de procesamiento, pista de aterrizaje, instalaciones de relaves y una carretera de 170 km hasta la costa de Labrador



## 2) Valorización de relaves – Mina St. Lawrence Columbium (SLC)

### Objetivo:

- Mejorar la recuperación de minerales críticos a partir de relaves

### Enfoque:

- Desarrollar y optimizar métodos de procesamiento para la recuperación de fosfato y ETR de relaves ricos en apatita

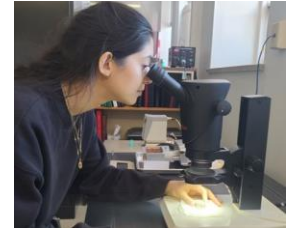
### Resultados:

- Recuperación de:
  - 97% de fosfato -> fertilizantes y baterías de litio-ferrofosfato
  - 75% de ETR de alta pureza (<1 ppm Th/U) -> procesos industriales de separación
- Producción de:
  - Yeso de alta pureza -> construcción
  - Pirocloro residual -> fuente de niobio (importante para aumentar la resistencia del acero)



### SLC (1961-1976)

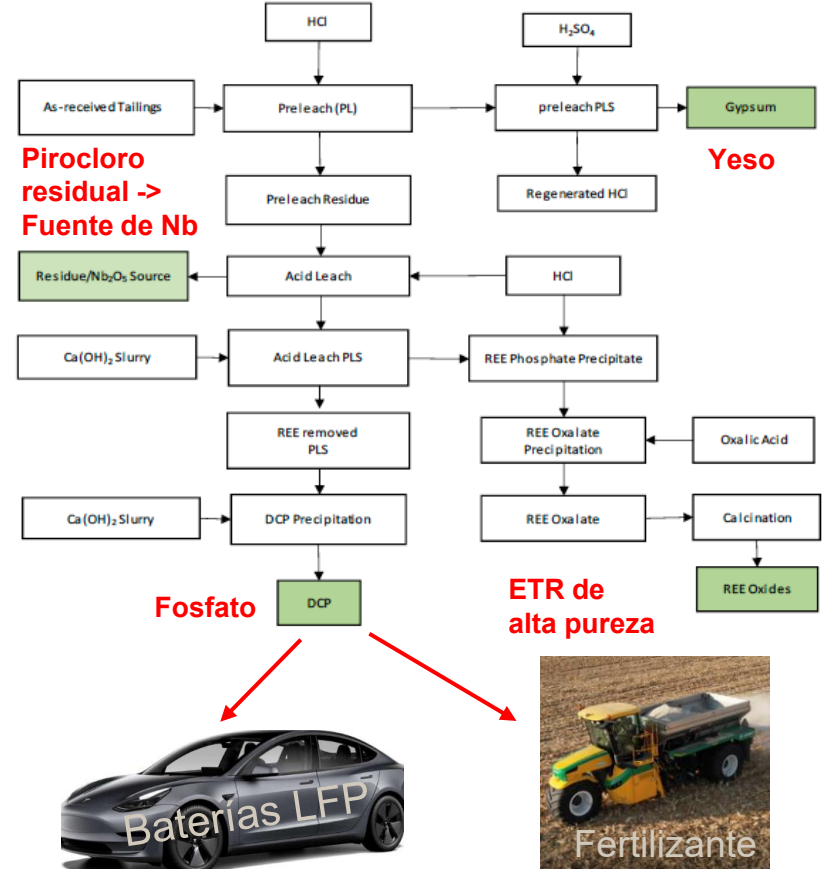
- Pirocloro concentrado
- Niobio



(Kjarsgaard et al., colaboración con Saskatchewan Research Council)

# Valorización de relaves paso a paso

- Demuestra el potencial económico de los relaves de minas abandonadas
  - Apoya la economía circular
  - La reducción de residuos
  - La seguridad de la cadena de suministro
- Compilación de ocurrencias de carbonatitas en Canadá con potencial para contener apatita y pirocloro, con el objetivo de identificar nuevas oportunidades de valorización de relaves mineros

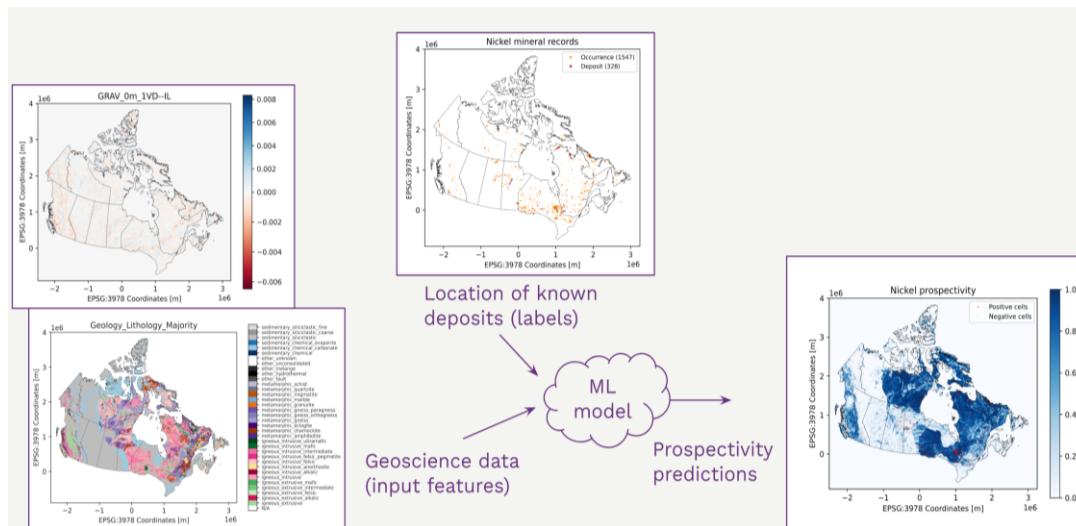


# 3) IA para mejorar la prospectividad mineral

- El aprendizaje automático tradicional usa 'feature engineering', ingeniería de características en celdas de malla -> pérdida de resolución y no usa el contexto espacial y geológico de celdas vecinas
- Los métodos 'deep learning':
  - Usan datos geocientíficos a gran escala
  - Conservan la resolución original e incorporan el contexto espacial



Identificar áreas con alta probabilidad de contener depósitos minerales de interés



# Deep learning y prospectividad mineral

## Objetivo:

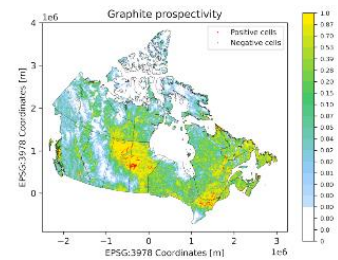
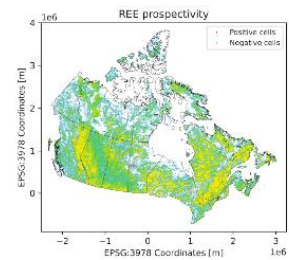
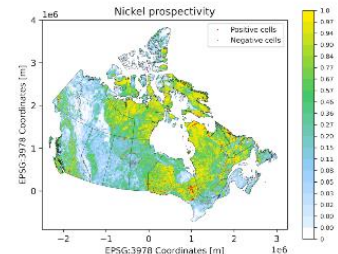
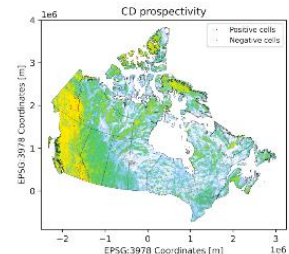
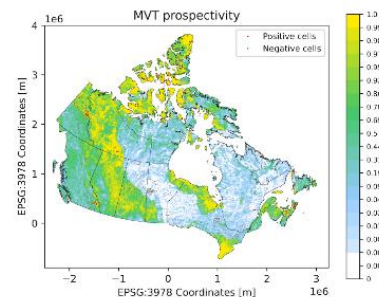
- Maximizar el valor de grandes volúmenes de datos históricos para mejorar el potencial de predicción de minerales críticos

## Enfoque:

- Desarrollar un nuevo modelo que considera el contexto espacial y conserva la resolución original
- Integra ~35 conjuntos de datos (satélite, geofísica, geoquímica, geología, sísmica, etc.) en un modelo unificado
- Permite predecir 5 tipos de depósitos simultáneamente (Ni, CD, MVT, ETR, grafito)
- Utiliza el aprendizaje automático auto-supervisado basado en arquitectura de tipo 'transformer'

## Resultados:

- El enfoque de aprendizaje multi-sistema mejora el rendimiento mediante señales geológicas compartidas
- Los modelos muestran potencial para superar los métodos tradicionales



# Colaboración



Provincias,  
territorios y otros  
ministerios  
federales



Industria



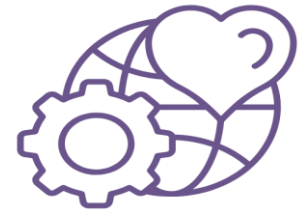
Gobiernos y  
comunidades  
indígenas



Servicios  
geológicos  
internacionales



Universidades



Organizaciones sin  
fines de lucro

# Critical Minerals Mapping Initiative



Critical  
Minerals  
Mapping  
Initiative



Australian Government  
Geoscience Australia

Colaboración trinacional para desarrollar una mejor comprensión de:

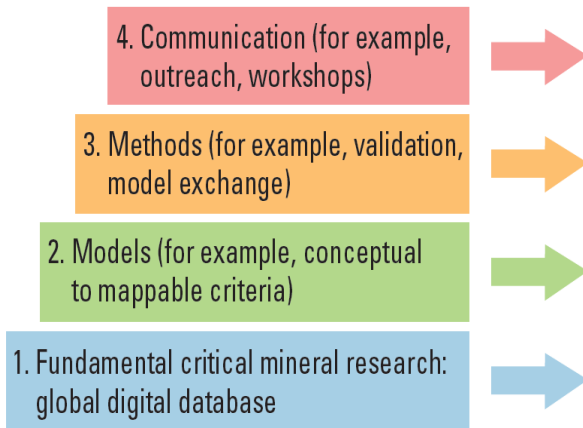
- Recursos conocidos de minerales críticos en los tres países
- Controles geológicos de la distribución en depósitos que actualmente producen minerales críticos, así como posibles subproductos
- Nuevas fuentes mediante la cartografía del potencial de minerales críticos y evaluaciones cuantitativas de recursos minerales



¡CMMI requiere una gran cantidad de datos!

Base de datos de Minerales Críticos en Menas (Cmio; Geoscience Australia)

## GEOSCIENCE RESEARCH STREAMS



## OTHER STREAMS

Environment  
Economics  
Metallurgy

Goals

- Improve data sharing
- Identify areas having potential for additional supplies
- Promote discovery

USGS Fact Sheet 2020-3035



# Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas

- Dos programas multinacionales de geociencia liderados por Canadá en 8 países andinos (~49 millones de dólares canadienses de inversión total entre todas las organizaciones involucradas)
  - MAP (1996–2001): desarrolló la cooperación regional y estandarizó los datos geocientíficos (cartografía, estudios aerotransportados, mapas metalogénicos)
  - MAP-GAC (2002–2009): se centró en la reducción de riesgos naturales (volcanes, terremotos, deslizamientos) y en mejorar la resiliencia de las comunidades (estudios de caso, metodologías, guías, mapas, programas educativos)
- Impacto clave: mayor capacidad geocientífica, mejores datos para la planificación, mayor conocimiento de los riesgos y desarrollo sostenible
- Propuesta: evaluar el impacto a largo plazo, identificar lecciones aprendidas, reactivar la colaboración con socios (ASGMI) y explorar nuevas colaboraciones (e.g., minerales críticos, riesgos en las cadenas de suministro)



# Technical Assistance Partnership – Natural Resources Canada

## ¿Qué es?

- Un programa canadiense que ayuda a fortalecer las capacidades en la gestión de recursos naturales

## Cómo funciona

- Asociaciones colaborativas con gobiernos
- Proporciona formación, asesoramiento experto y herramientas prácticas

## Áreas de enfoque

- Geociencias (geociencia, cartografía, minerales)
- Riesgos naturales (modelización de riesgos y preparación)
- Energía (renovables, eficiencia, bajas emisiones) y bosques

## ¿A quién apoya?

- Gobiernos nacionales y universidades en países elegibles

## Impacto

- Desarrolla capacidades locales
- Apoya el desarrollo sostenible y la acción climática



# Donación de muestra de larimar: PDAC 2026

¡Gracias! **SGN** SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL



Natural Resources  
Canada

Ressources naturelles  
Canada

Canada



**Síguenos en línea:**

[www.nrcan.gc.ca/geoscience](http://www.nrcan.gc.ca/geoscience)

**Consulta nuestras publicaciones:**

<https://ostrnrcan-dostrnrcan.canada.ca/handle/1845/60977>

**Contáctanos:**

[gsc.info.cgc@nrcan-nrcan.gc.ca](mailto:gsc.info.cgc@nrcan-nrcan.gc.ca)

**Síguenos en LinkedIn:**

<https://www.linkedin.com/showcase/geological-survey-of-canada/>



**Esperamos seguir colaborando con ASGMI en el desarrollo de los ETR**



# Apéndice



# GSC – Responsables de programas

## Minerales y desarrollo del norte

### Mineral Geoscience Program

- Critical Minerals Geoscience and Data Initiative
- Targeted Geoscience Initiative
- Quantum Research and Development Initiative

[Eric.Potter@nrcan-rncan.gc.ca](mailto:Eric.Potter@nrcan-rncan.gc.ca)

[Victoria.Tschirhart@nrcan-rncan.gc.ca](mailto:Victoria.Tschirhart@nrcan-rncan.gc.ca)

### GEM-GeoNorth

[Veronique.Seguin@nrcan-rncan.gc.ca](mailto:Veronique.Seguin@nrcan-rncan.gc.ca)

## Gestión terrestre y marina

### Environmental Geoscience Program

[Gilles.Cotteret@nrcan-rncan.gc.ca](mailto:Gilles.Cotteret@nrcan-rncan.gc.ca)

### Marine Geoscience Program

[Catherine.SteMarie@nrcan-rncan.gc.ca](mailto:Catherine.SteMarie@nrcan-rncan.gc.ca)

### Extended Continental Shelf Program

[Sheila.Hynes@nrcan-rncan.gc.ca](mailto:Sheila.Hynes@nrcan-rncan.gc.ca)

## Resiliencia climática y ante desastres

### Natural Hazards and Climate Change Geoscience Program

[Malaika.Ulmi@nrcan-rncan.gc.ca](mailto:Malaika.Ulmi@nrcan-rncan.gc.ca)

### GeoEnergy Program

[Barbara.Petrunic@nrcan-rncan.gc.ca](mailto:Barbara.Petrunic@nrcan-rncan.gc.ca)

### Climate Change Adaptation Program

[Dominique.Auger@nrcan-rncan.gc.ca](mailto:Dominique.Auger@nrcan-rncan.gc.ca)

[Nicole.Lulham@nrcan-rncan.gc.ca](mailto:Nicole.Lulham@nrcan-rncan.gc.ca)

### Climate-Resilient Coastal Communities Program

[Mary-Ann.Wilson@nrcan-rncan.gc.ca](mailto:Mary-Ann.Wilson@nrcan-rncan.gc.ca)

Canada 