



21 años

Ciencia con impacto en
la Región de Coquimbo

Desarrollo de sistemas de telemetría nival desde cero

Cristian Orrego Nelson
Ing. Computación
Coordinador grupo CEAZAmet
rednival.ceazamet.cl



Enero 2025

Consorcio Científico Tecnológico CEAZA



Contexto

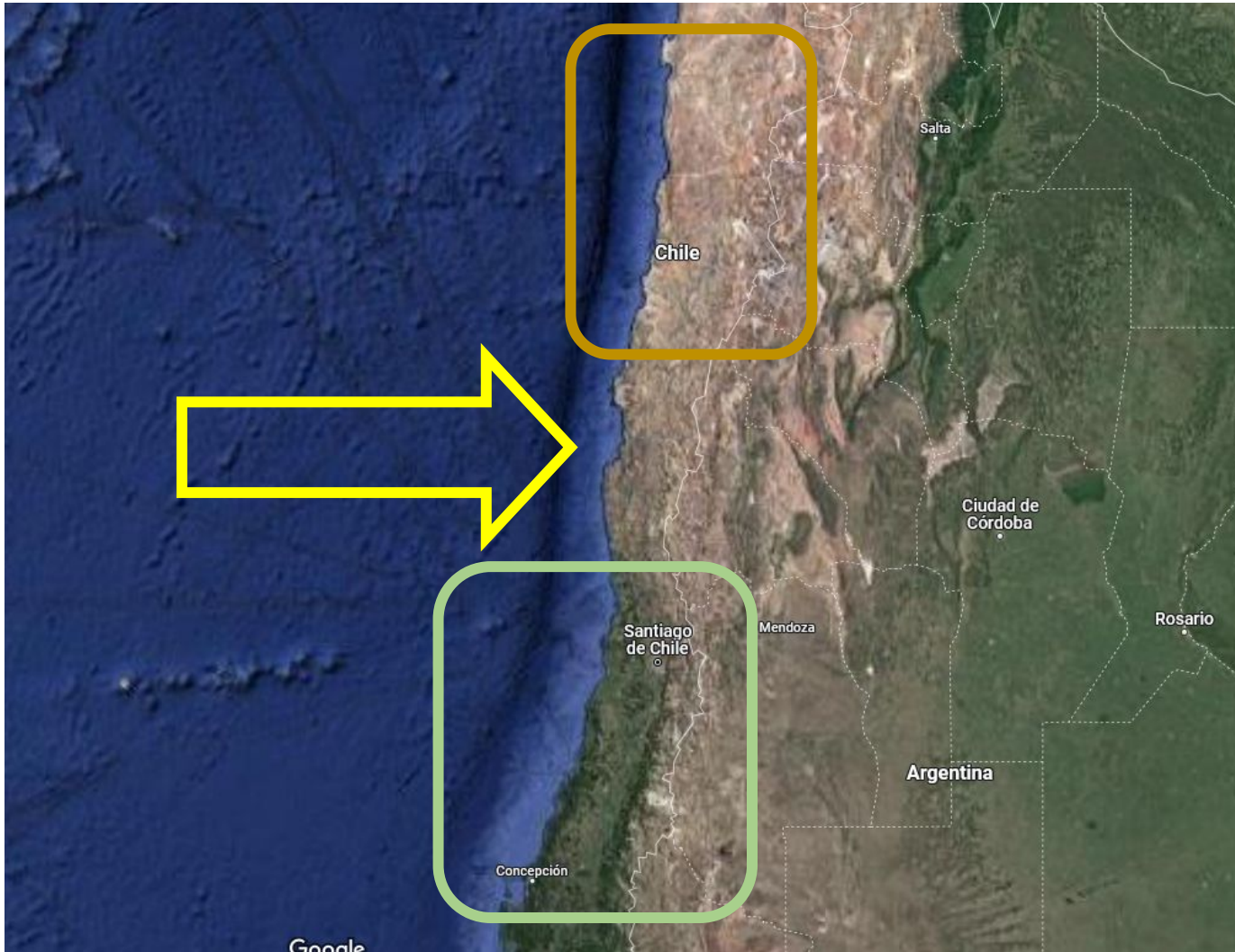
Problema/Oportunidad

Solución

Consorcio Científico Tecnológico CEAZA



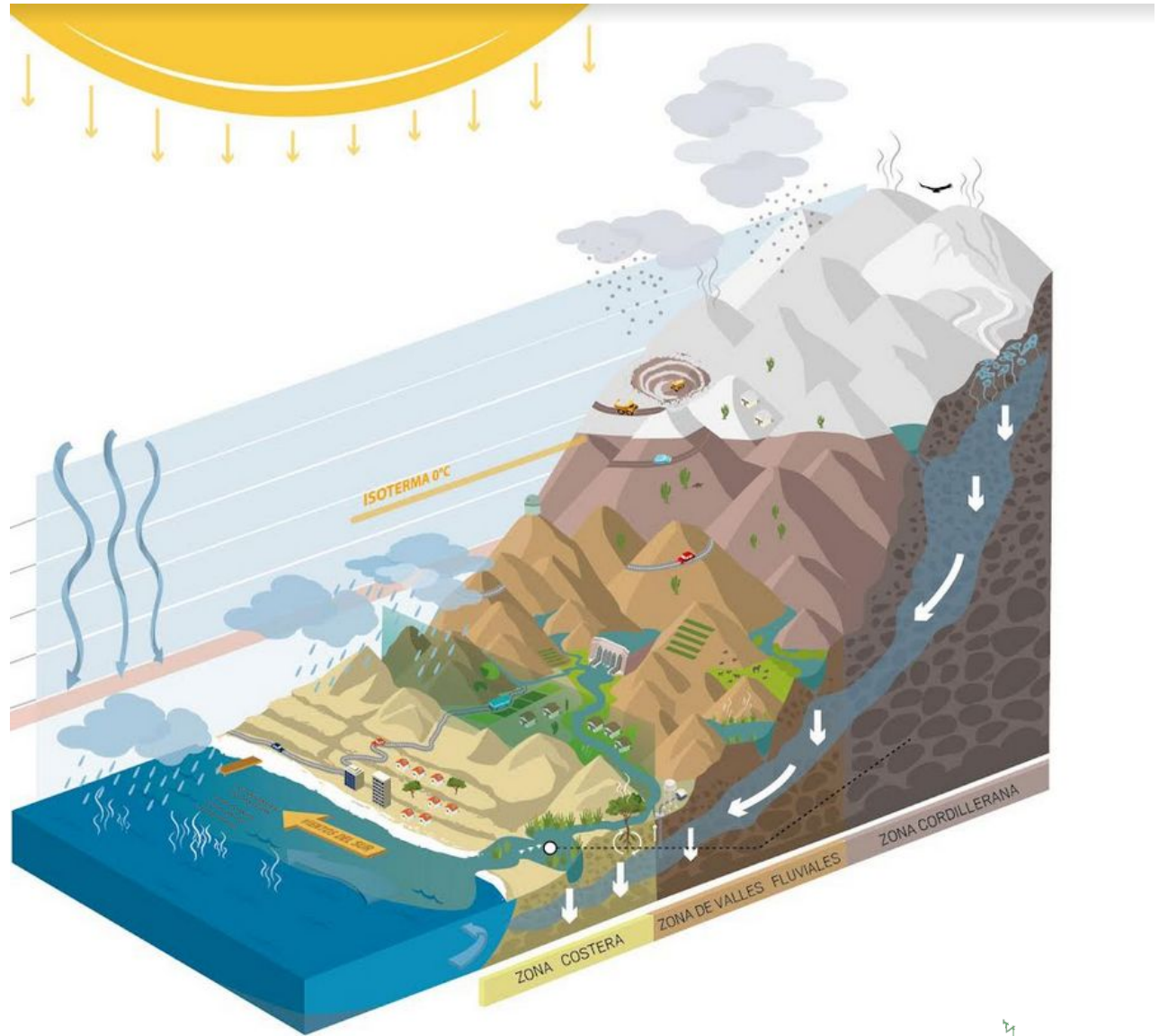
Contexto: Zona de transición



Consorcio Científico Tecnológico CEAZA



Ciclo del agua/Cuencas nivales



El agua de nuestros ríos viene desde la cordillera.

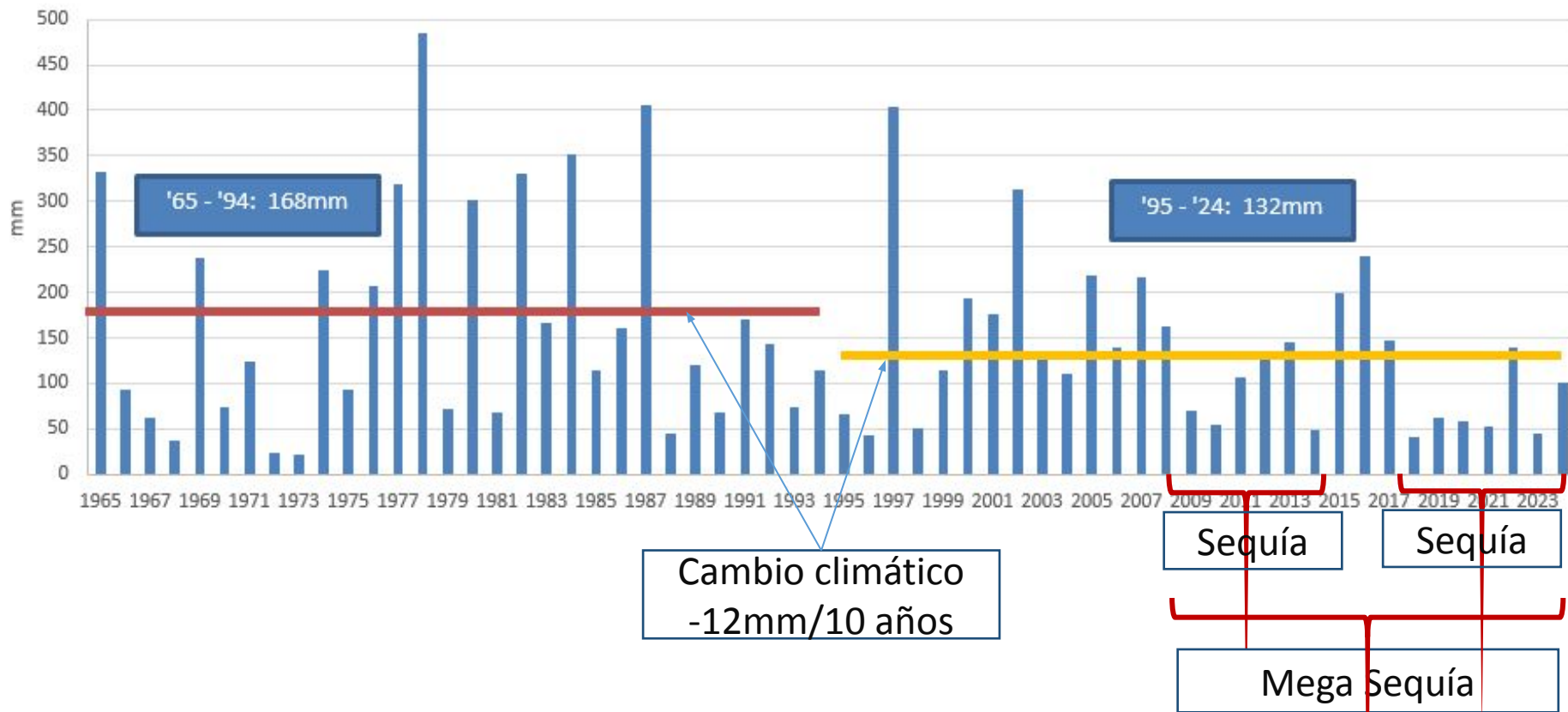
Y principalmente viene de los deshielos de nieve.

Consortio Científico Tecnológico CEAZA



Contexto: Sequías y cambio climático

Precipitación anual en Embalse La Laguna (Elqui) [1965 - 2024]



Esto se sabe porque se ha medido!

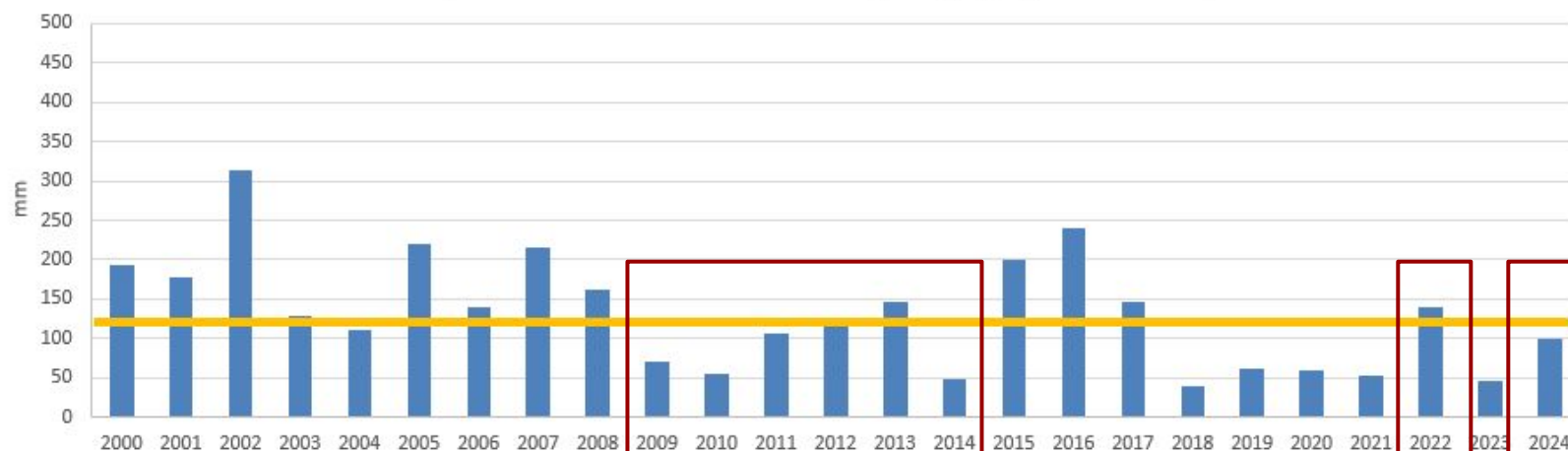
Fuente: DGA, Proceso: C.O., CEAZA 2024

Consorcio Científico Tecnológico CEAZA

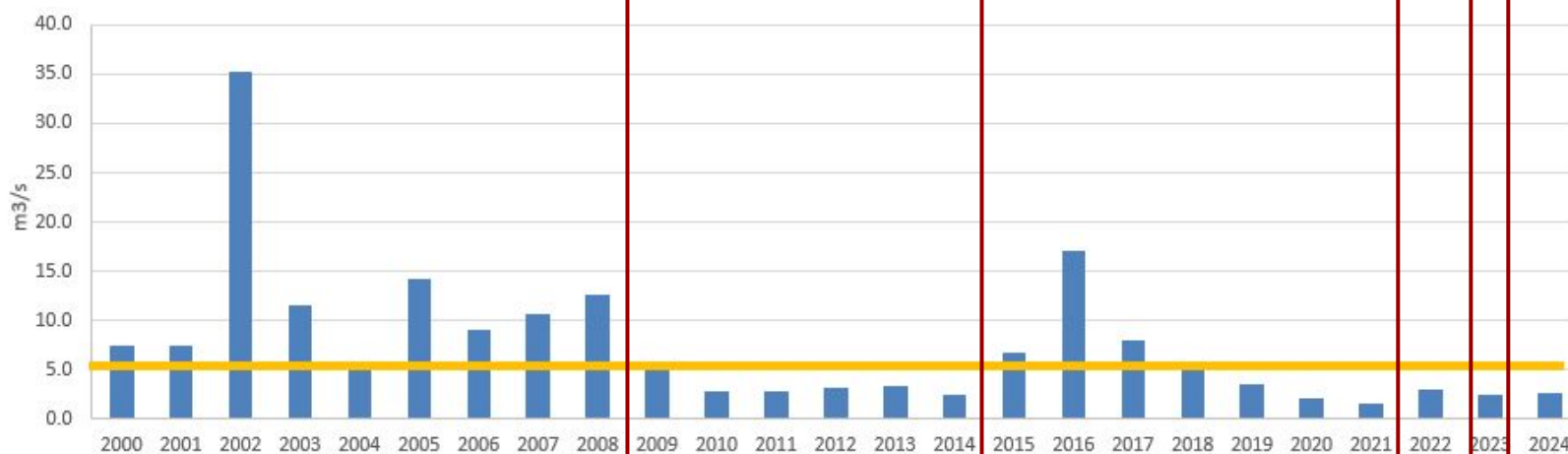


Propagación de la sequía: sequía meteorológica a sequía hidrológica

Precipitación anual en Embalse La Laguna (Elqui) [1964 - 2024]



Caudales Agosto - Marzo [2000 - 2024]



Consortio Científico Tecnológico CEAZA



Estrés en el sistema y necesidad de información



¿Seguirá así?

¿Cuál es el pronóstico?

¿Cuánta agua hay acumulada en cordillera?

¿Mantengo los cultivos?

Consortio Científico Tecnológico CEAZA



Foto generada por chat-gpt

Contexto

Problema/Oportunidad

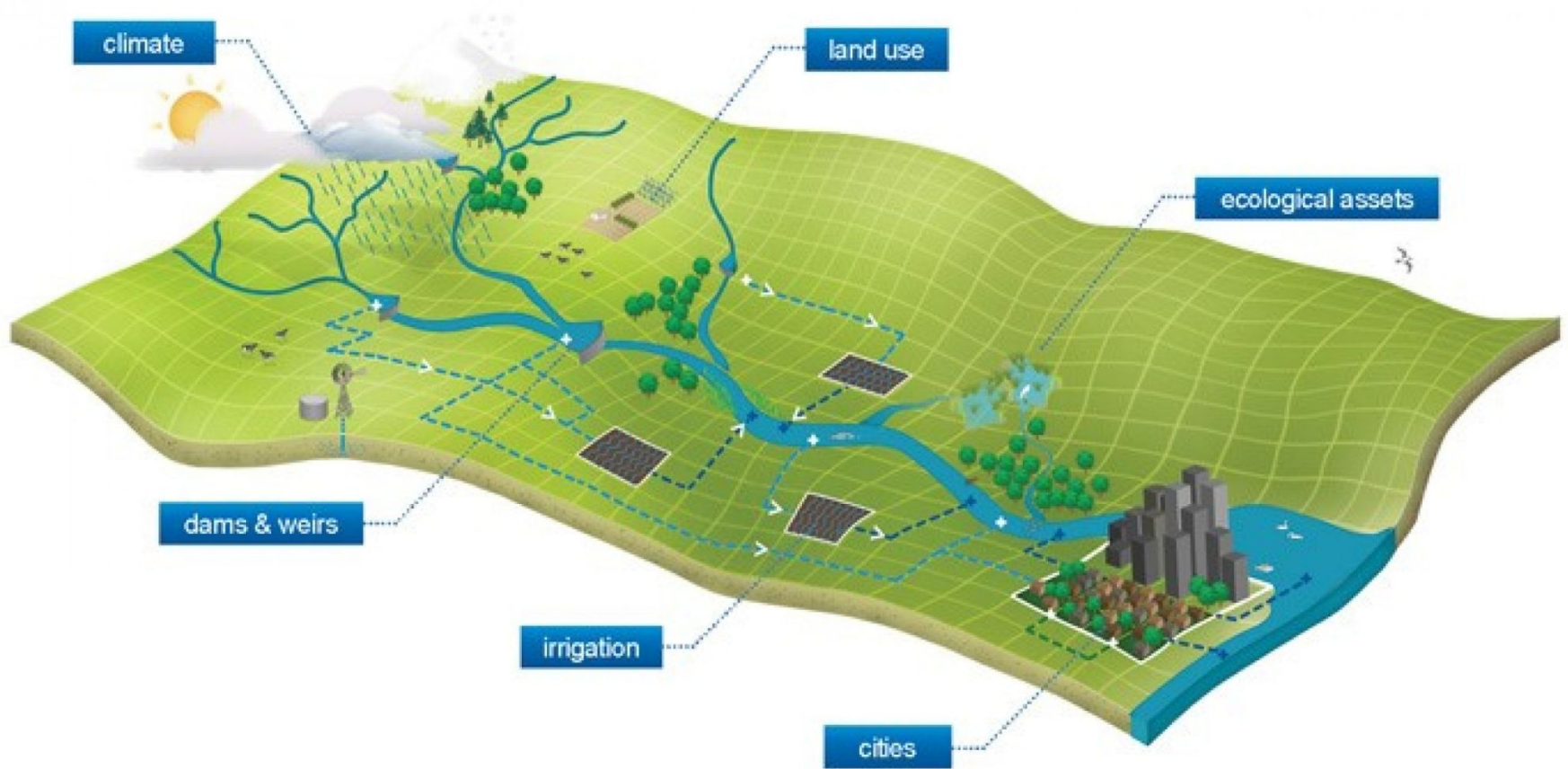
Solución

Consortio Científico Tecnológico CEAZA



Sistemas de gestión de información

Para tomar decisiones informadas



Consortio Científico Tecnológico CEAZA



Estudios/modelos y conclusiones

Climate Change and Overuse: Water Resource Challenges during Economic Growth in Coquimbo, Chile

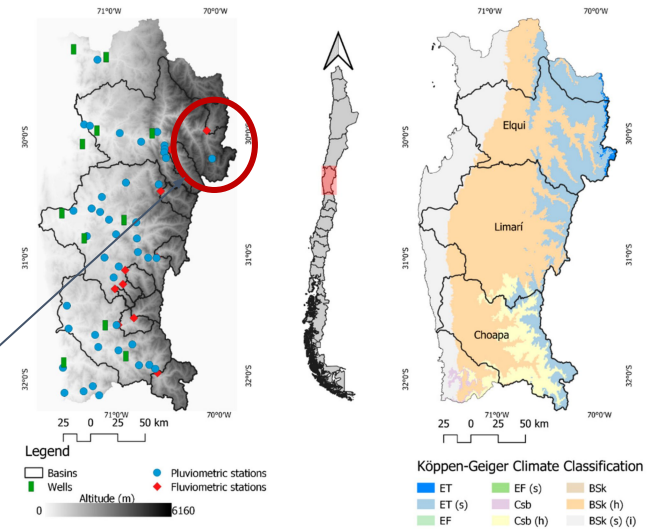
by Roberto Pizarro ^{1,2} ✉, Pablo A. García-Chevesich ^{3,4,*} ✉, John E. McCray ³ ✉, Jonathan O. Sharp ³ ✉, Rodrigo Valdés-Pineda ^{5,6} ✉, Claudia Sangüesa ^{1,2} ✉, Dayana Jaque-Becerra ⁷ ✉, Pablo Álvarez ⁸ ✉, Sebastián Norambuena ⁸ ✉, Alfredo Ibáñez ² ✉, Carlos Vallejos ⁹ ✉ and Romina Mendoza ¹ ✉

Con esos 2 datos no se puede explicar todo lo que pasa en la cuenca

Results show that the main cause of this concerning situation is excessive consumption, and there is an urgent need to know (model) how to adequately quantify water availability, as well as current uses, before authorizing new water withdrawals. This is also applicable to current productive activities that, apparently, might not have enough water in the future for them to function. Therefore, if this is not considered properly, the region could be facing a critical situation that will condition its productive future and, most importantly, its environmental future, which is the basis of all human sustainability.

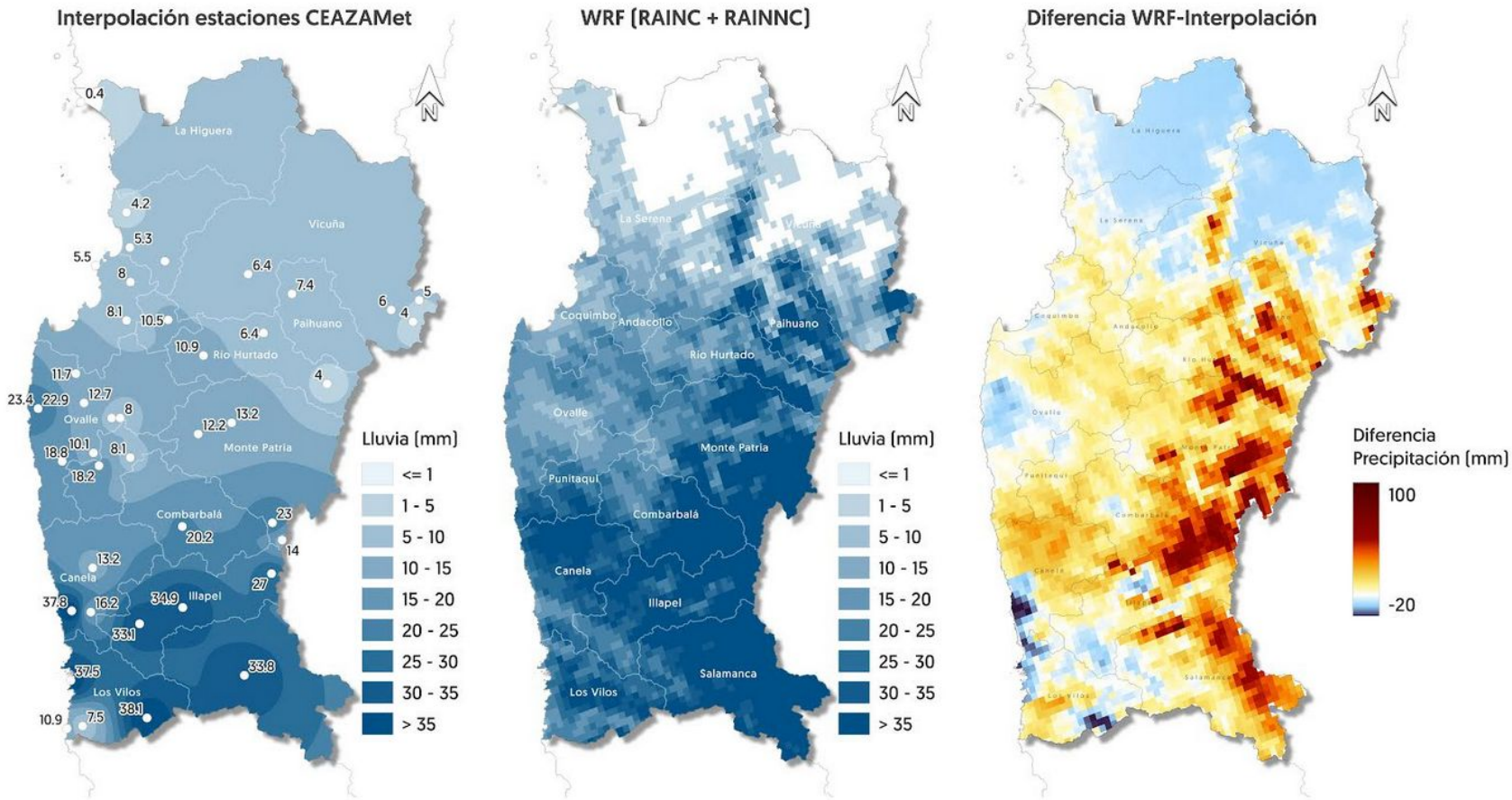
Considering the above, future modeling is advised to better understand the regional hydrology of the area and quantify the anthropic effects on water resources more precisely.

.. se aconseja más modelación para entender mejor la hidrología regional...



Sistemas de simulación y pronóstico

Como base del sistema de gestión



Consortio Científico Tecnológico CEAZA



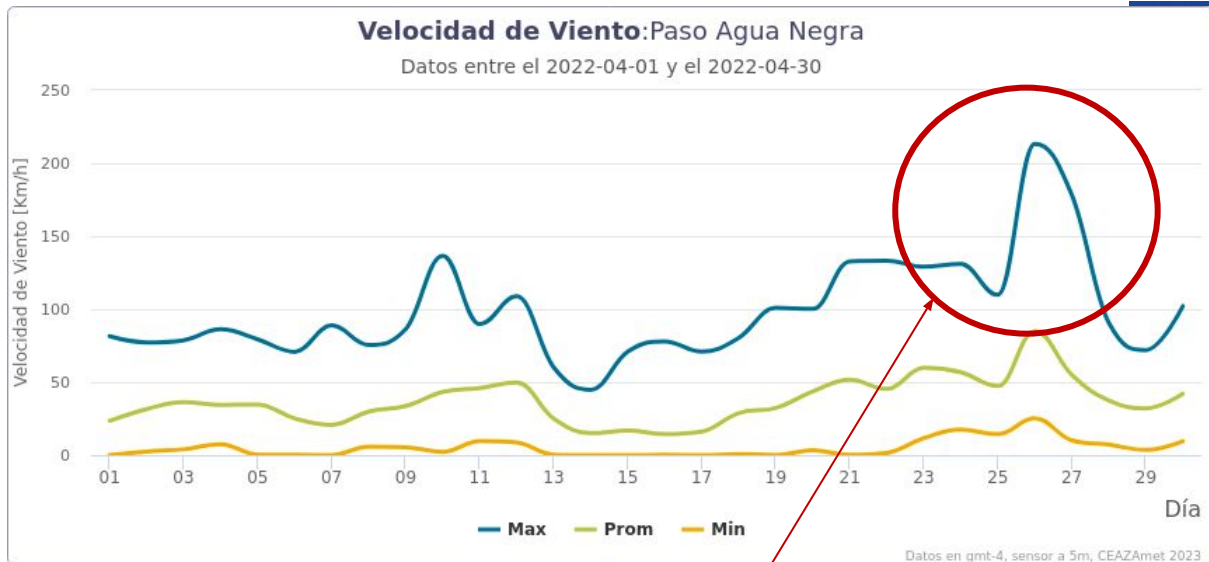
¿Y por qué no hay datos?

Consorcio Científico Tecnológico CEAZA

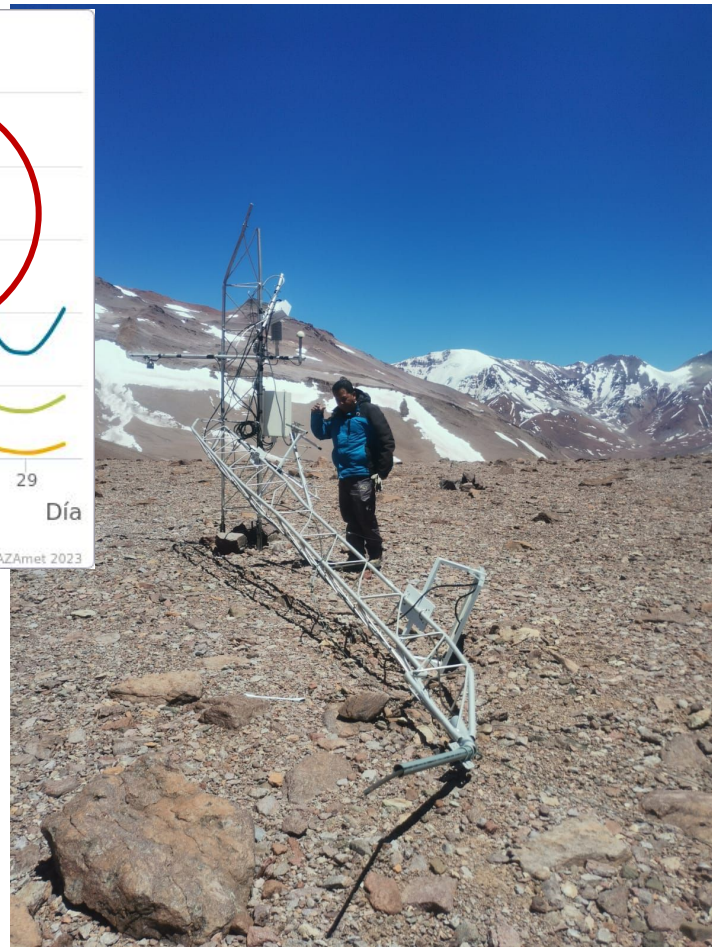


Problema de los entornos hostiles

Ejemplo: Vientos sobre 140km/h



Vientos de más
de 140km/h

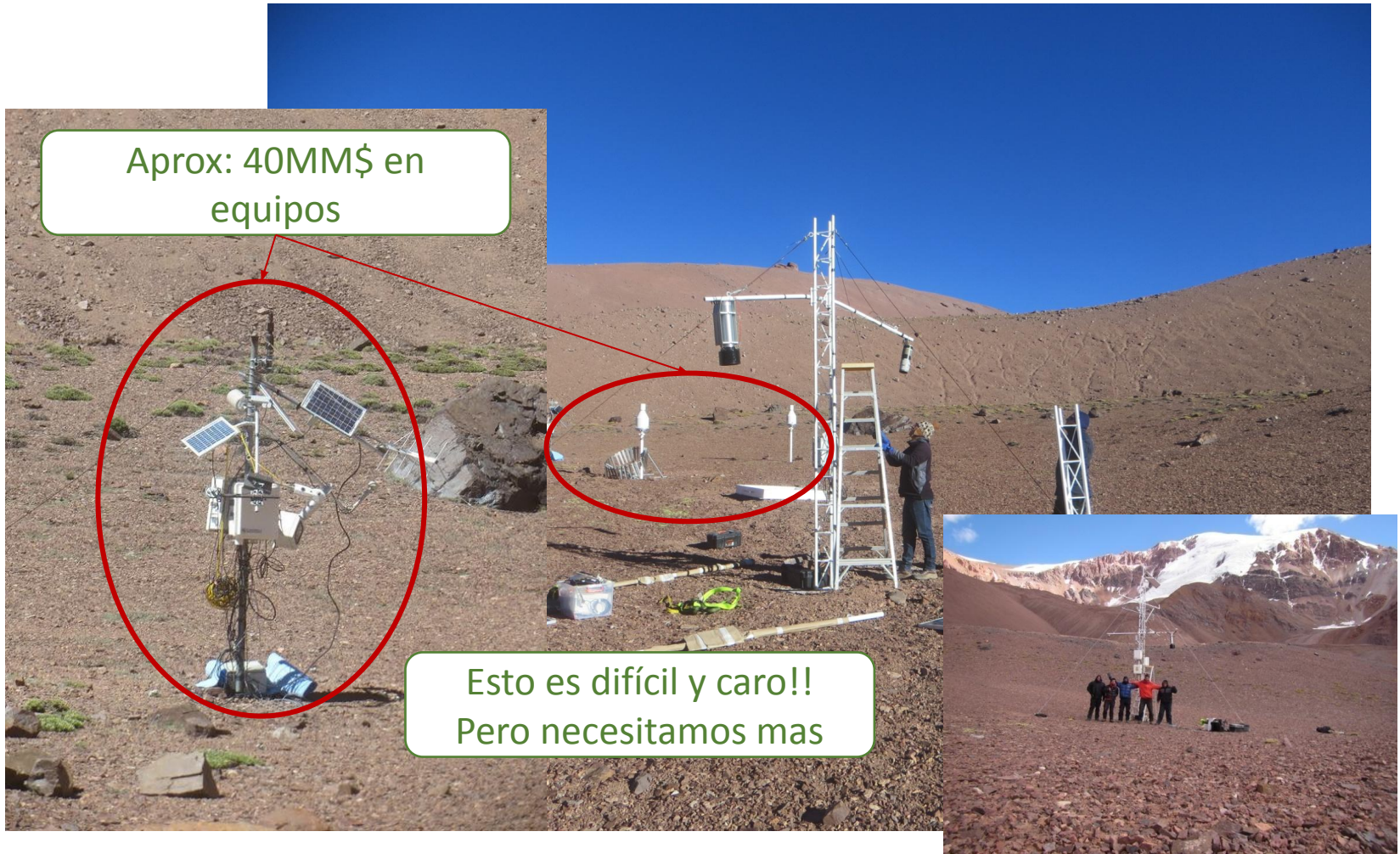


Consortio Científico Tecnológico CEAZA



Problema de los entornos hostiles

Ejemplo: >3 metros de nieve (2016)



Contexto

Problema/Oportunidad

Solución

Consorcio Científico Tecnológico CEAZA



Propuesta:

Desarrollo de hardware local de telemetría desde cero

(De Arduino al diseño de placas)

Consorcio Científico Tecnológico CEAZA



Arduino

- En una especie de computador, más parecido a una calculadora programable (memoria es un tema importante) que posee pines de entrada y salida que se pueden controlar, además de puertos como Serial o I2C.



Nota: Hay varios otros, Raspberry, MK, SMT32

Consorcio Científico Tecnológico CEAZA



Y los módulos

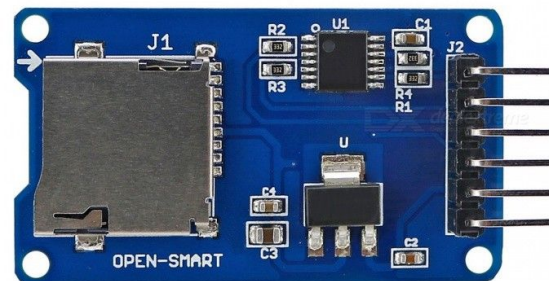
GPS



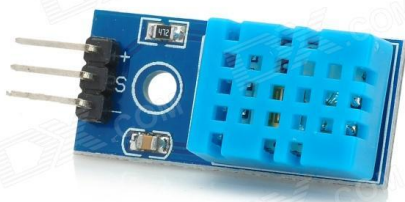
Lidar



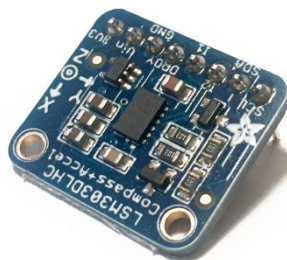
Memoria



Temp/Hum



brújula/Aceler/Giro



Modems



Consortio Científico Tecnológico CEAZA



Casi todo directo de los drones

Además: Impresión 3D



Consortio Científico Tecnológico CEAZA

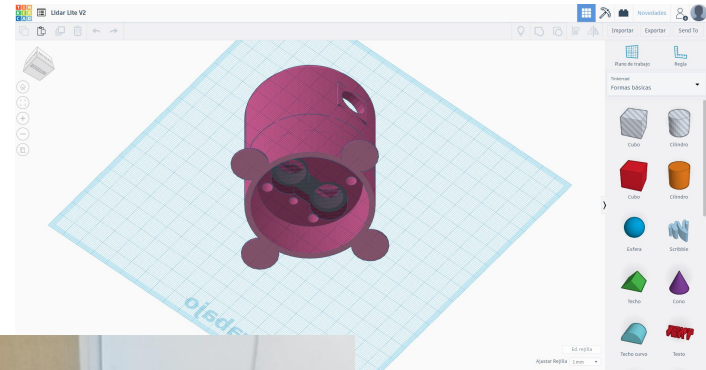


Etapa 1: Factibilidad (2015-2018)

Consorcio Científico Tecnológico CEAZA



Prototipos (2015-2018)



Es factible?

Consorcio Científico Tecnológico CEAZA



2018: Primeros test de campo - prototipos



Consorcio Científico Tecnológico CEAZA



Prototipo 3: Pruebas terreno 2



Si!!!!

Consorcio Científico Tecnológico CEAZA



Etapa 2: Desarrollo de hardware

“Made in CEAZA”

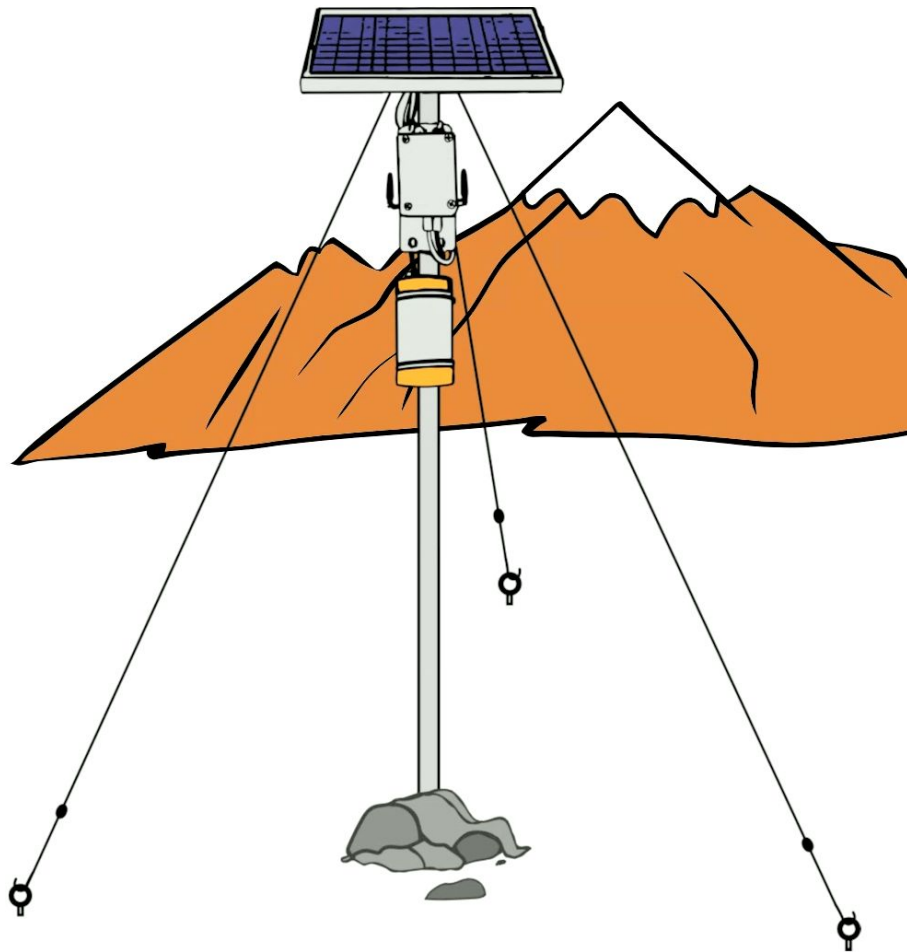
(ANID-IDEA 2020)



Consorcio Científico Tecnológico CEAZA



2020-2021: Nodos de altura (V4)



Bajo costo

Bajo peso

Bajo tamaño

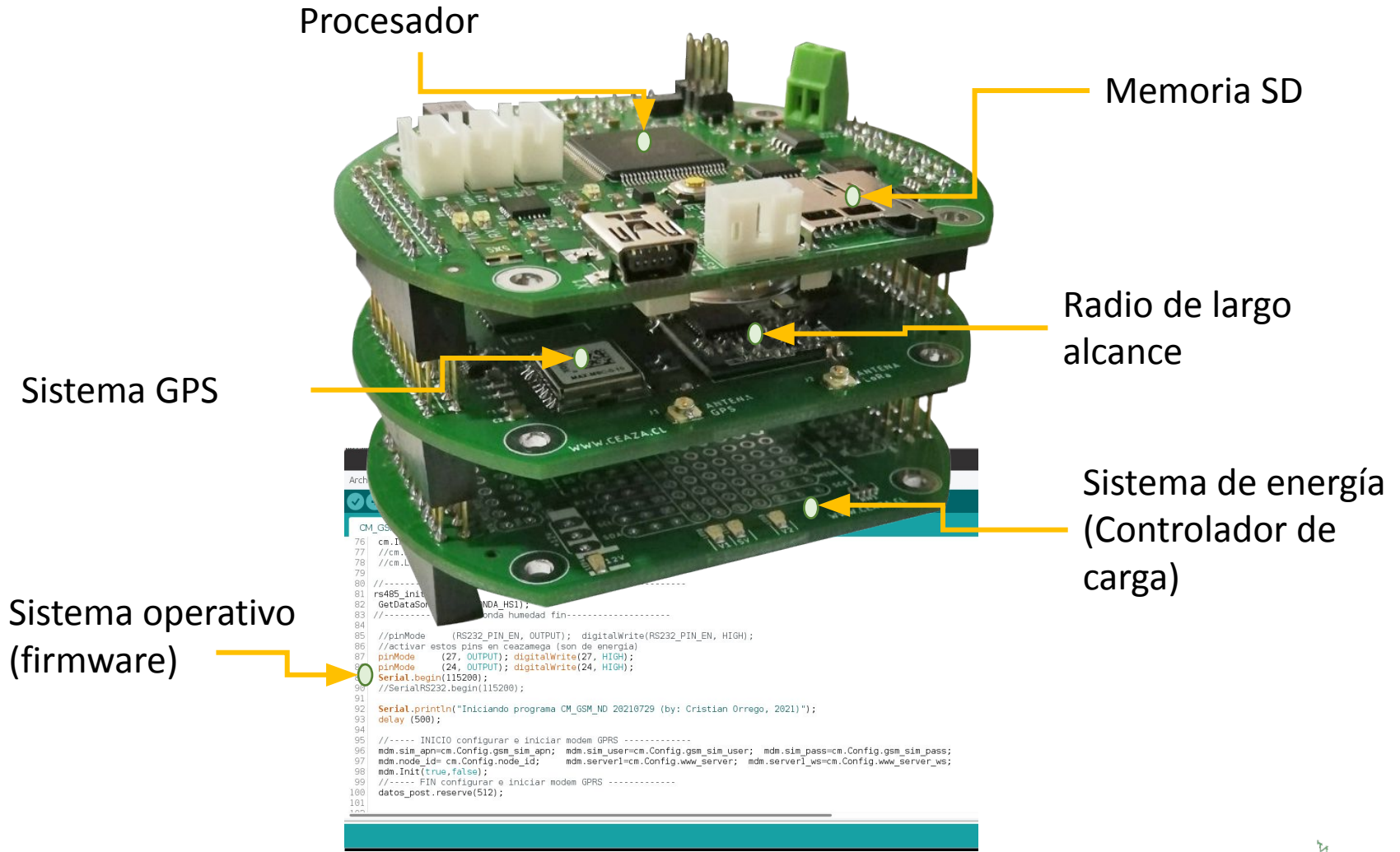
Bajo consumo

Sistemas a medida

Consorcio Científico Tecnológico CEAZA



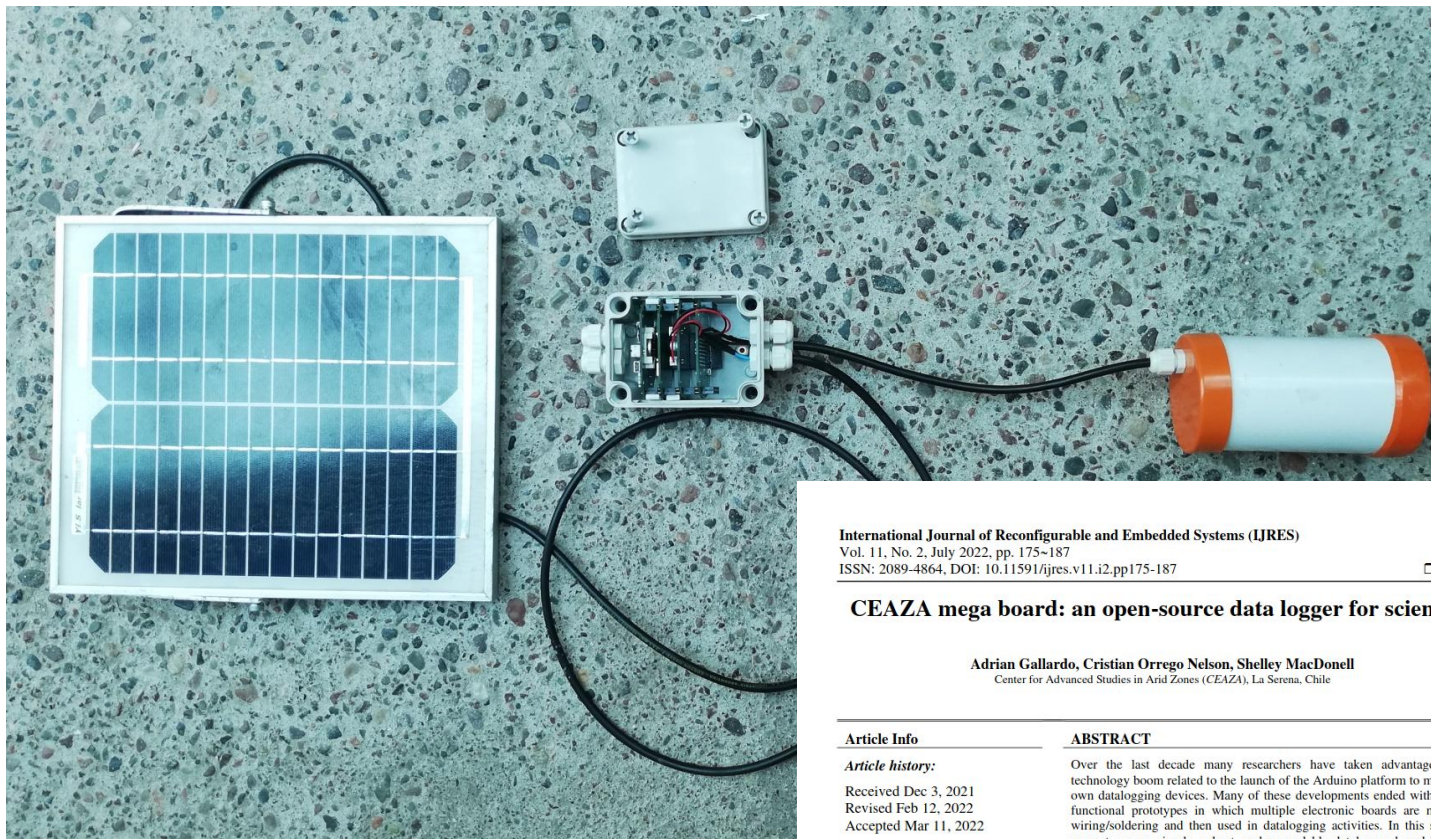
2020-2021: Nodos de altura, hardware



Consorcio Científico Tecnológico CEAZA



2021: Nodos de altura, fabricación



International Journal of Reconfigurable and Embedded Systems (IJRES)

Vol. 11, No. 2, July 2022, pp. 175-187

ISSN: 2089-4864, DOI: 10.11591/ijres.v11.i2.pp175-187

□ 175

CEAZA mega board: an open-source data logger for scientists

Adrian Gallardo, Cristian Orrego Nelson, Shelley MacDonell

Center for Advanced Studies in Arid Zones (CEAZA), La Serena, Chile

Article Info

Article history:

Received Dec 3, 2021

Revised Feb 12, 2022

Accepted Mar 11, 2022

Keywords:

Arduino
Climate change
Data logger
Embedded system
Environmental monitoring
Open source
Science

ABSTRACT

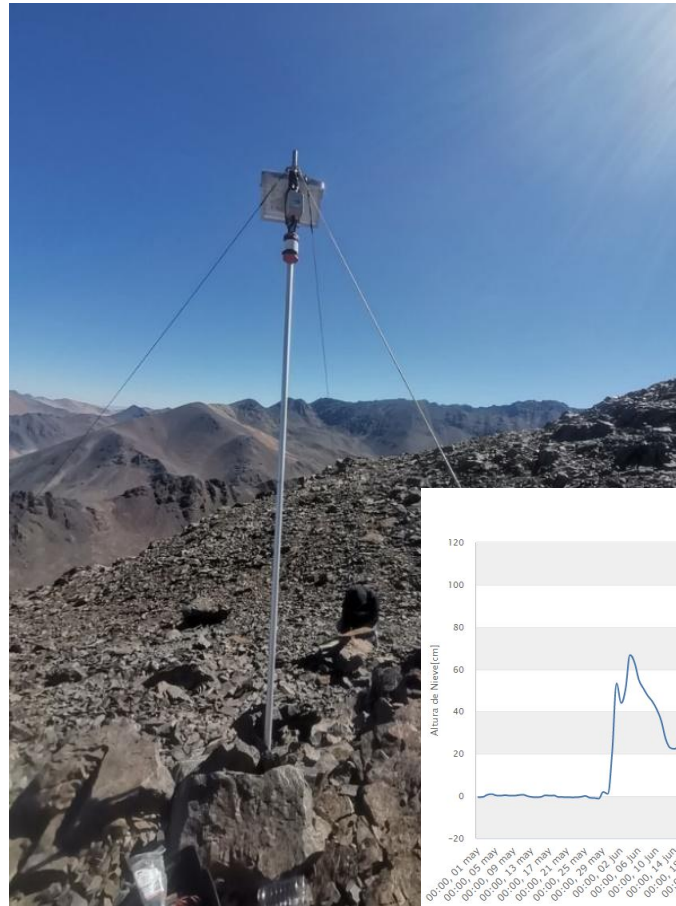
Over the last decade many researchers have taken advantage of the technology boom related to the launch of the Arduino platform to make their own datalogging devices. Many of these developments ended with the first functional prototypes in which multiple electronic boards are mixed by wiring/soldering and then used in datalogging activities. In this study we present a new, simple, robust, and expandable datalogger board based on maker's community integrations. Our datalogger board extends previous work in this area as we designed an Arduino Mega 2560 derivative integrated board that is compatible with existing developments but was also designed and implemented considering requirements such as low power consumption, expandability, and integration. Different tests were made so reliability in low temperatures and low energy needs are satisfied. Is expected that the scientific community can add this board to their tool set, as this board solves the energy problem and present an easy transition from handmade logger integrations.

This is an open access article under the CC BY-SA license.

Consorcio Científico Tecnológico CEAZA



2021: Nodos de altura, pruebas



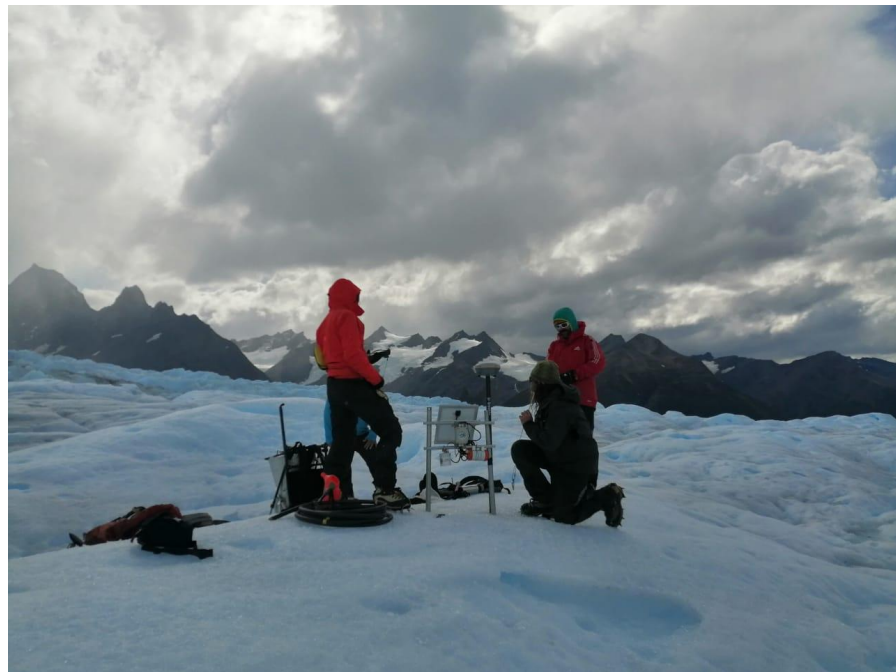
Consortio Científico Tecnológico CEAZA



2021: Nodos de altura, transferencia



Glaciología CEAZA,
Glaciar El Tapado



Glaciología IANIGLA,
Glaciar Perito Moreno

Consortio Científico Tecnológico CEAZA



Etapa 3:

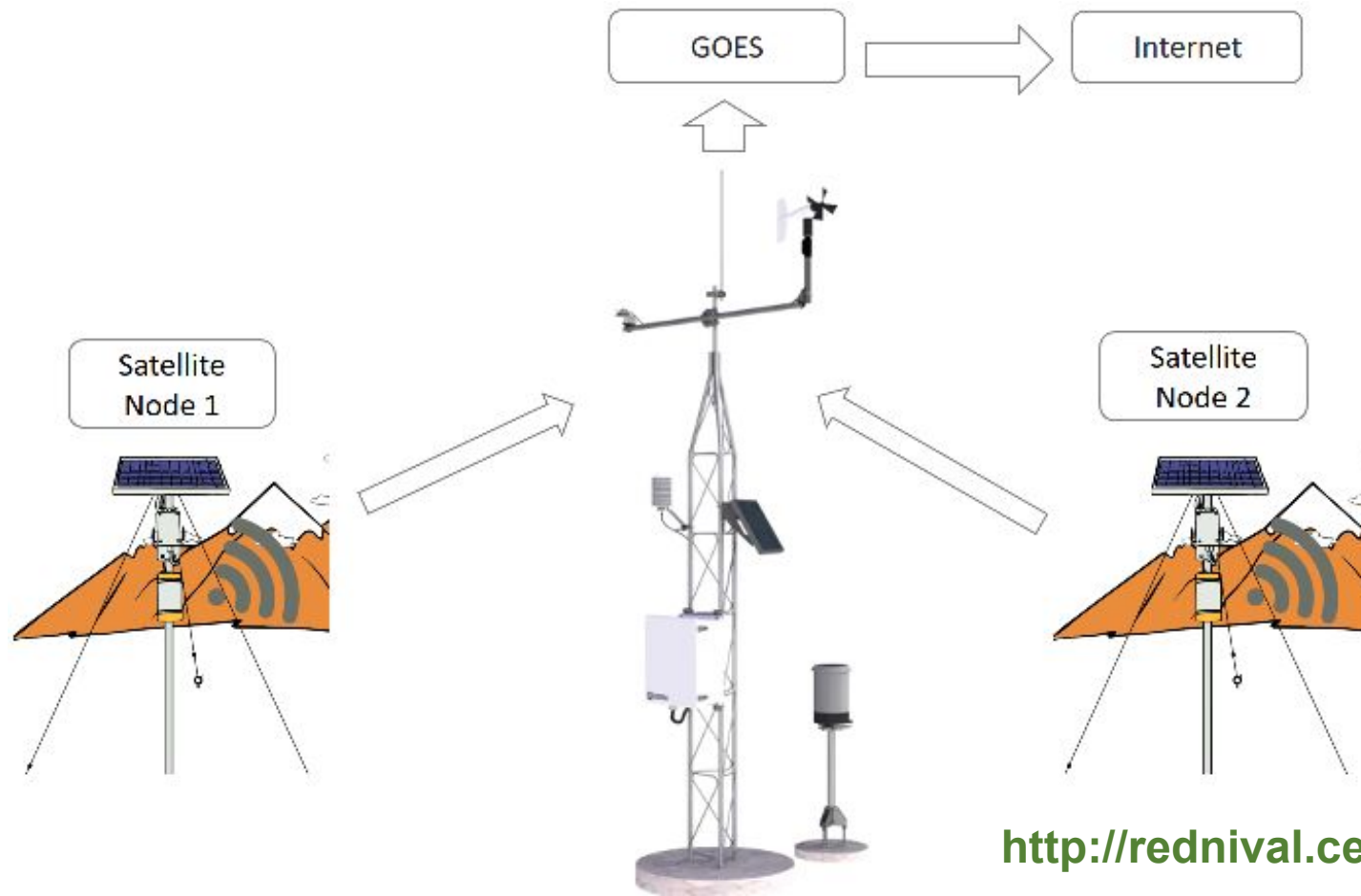
Mejoras funcionales y estéticas

(ANID-IDEA, 2022-2024)

Consorcio Científico Tecnológico CEAZA



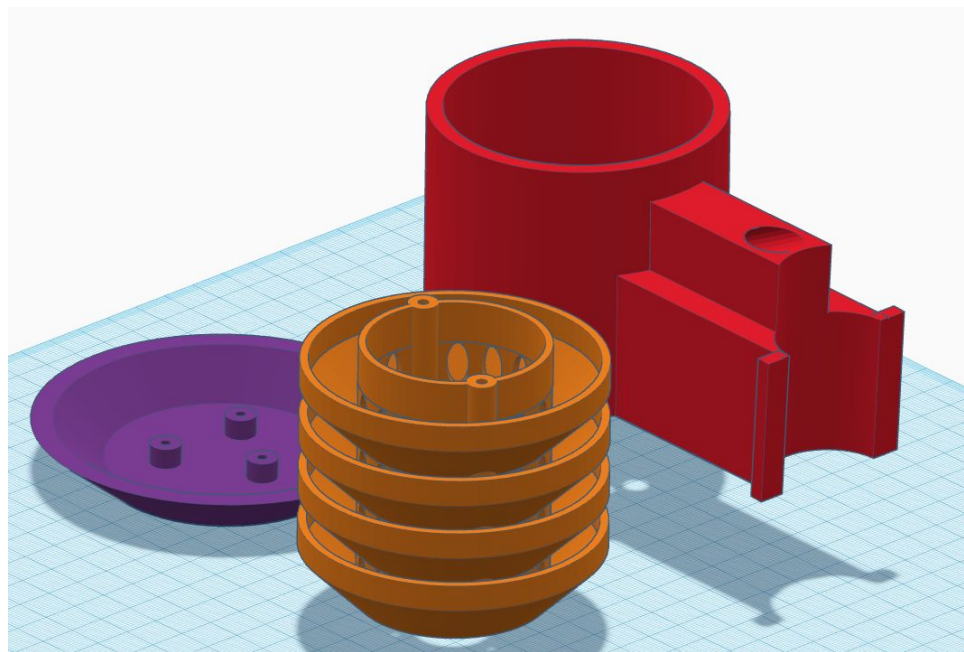
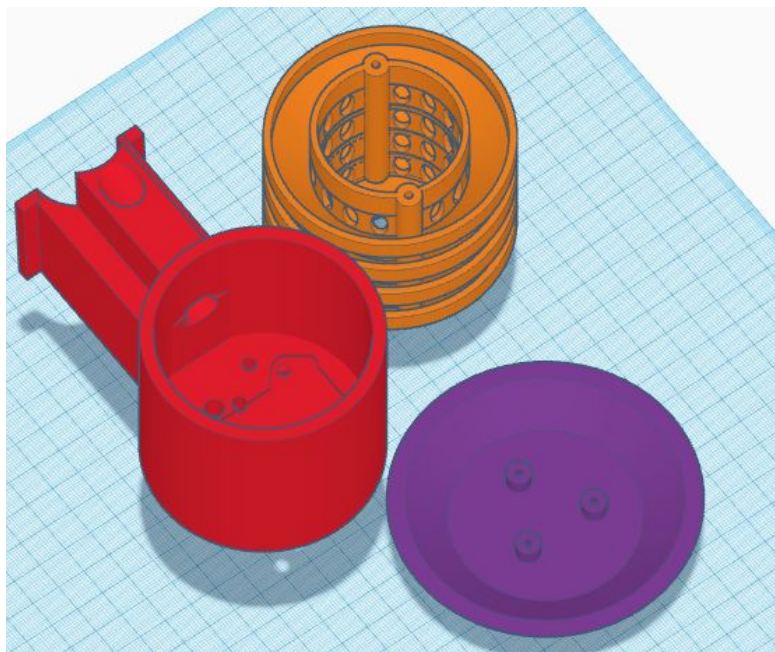
Objetivo: Red nival de bajo costo



Consorcio Científico Tecnológico CEAZA



Desarrollo de sensores: Diseño 3D



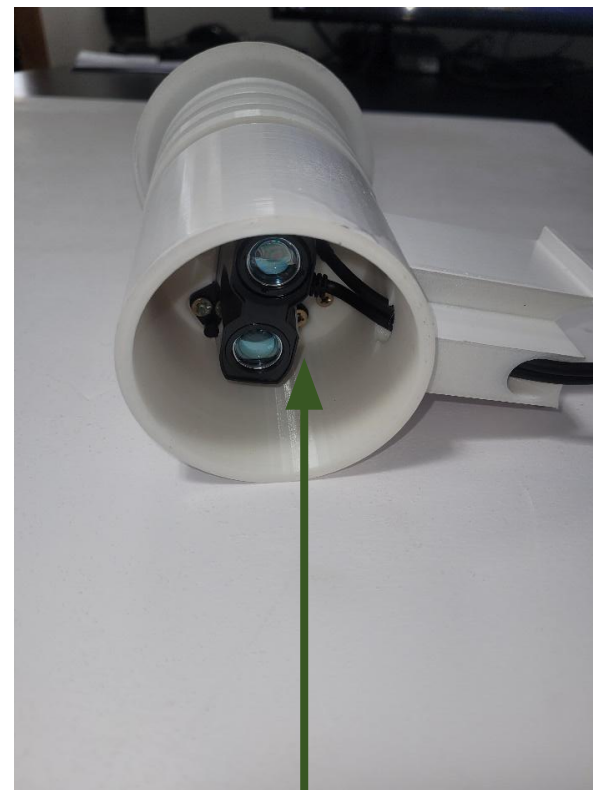
Consorcio Científico Tecnológico CEAZA



Desarrollo de sensores: Diseño 3D



Temperatura



Altura de nieve

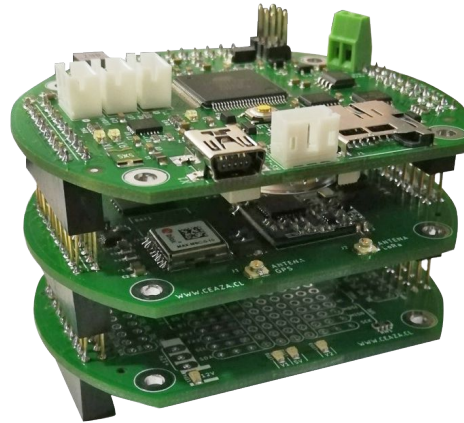
Consorcio Científico Tecnológico CEAZA



Y en 8 años de desarrollo...



2015
V0.1



2020
V0.5

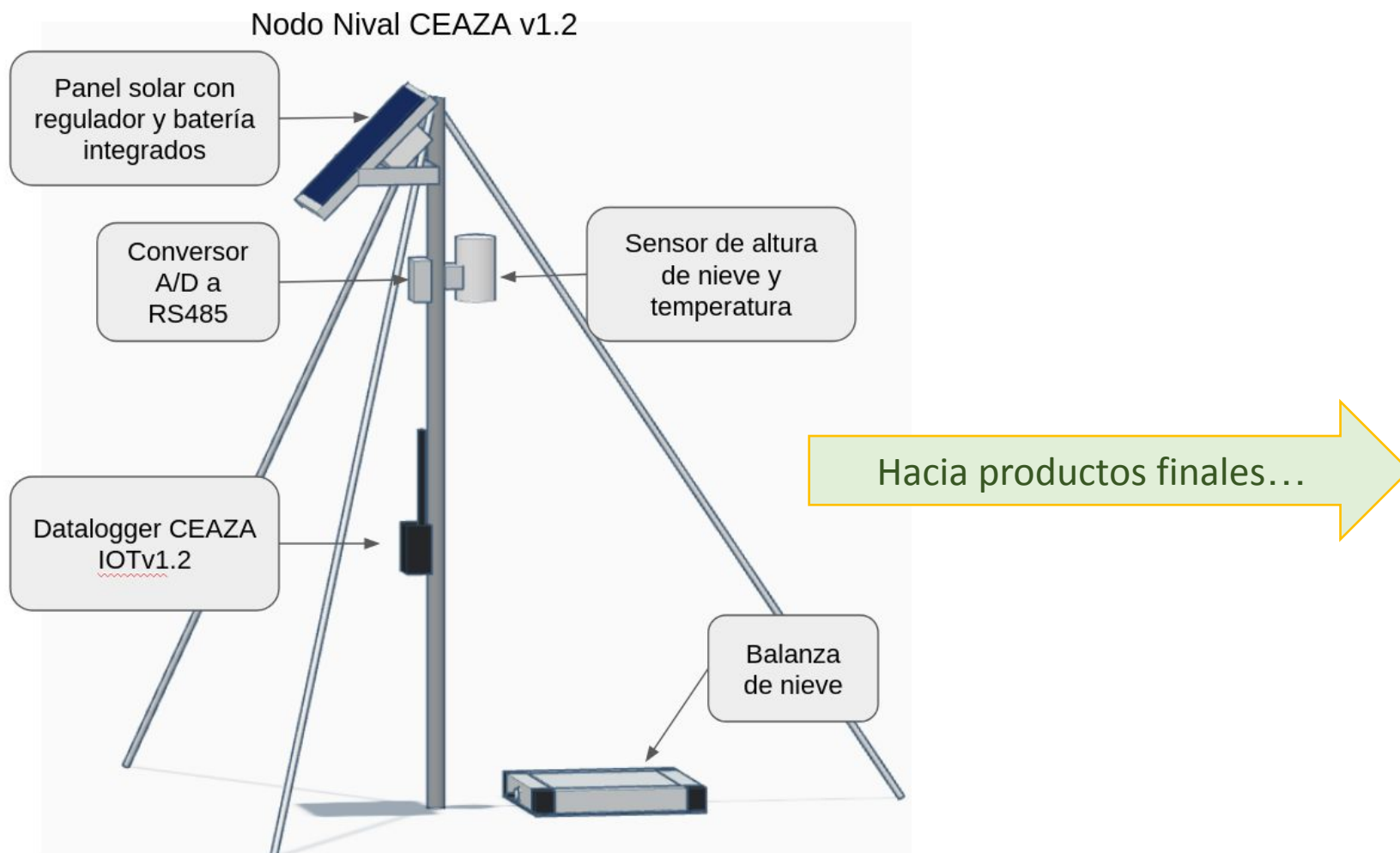


2022
V1.2

Consorcio Científico Tecnológico CEAZA



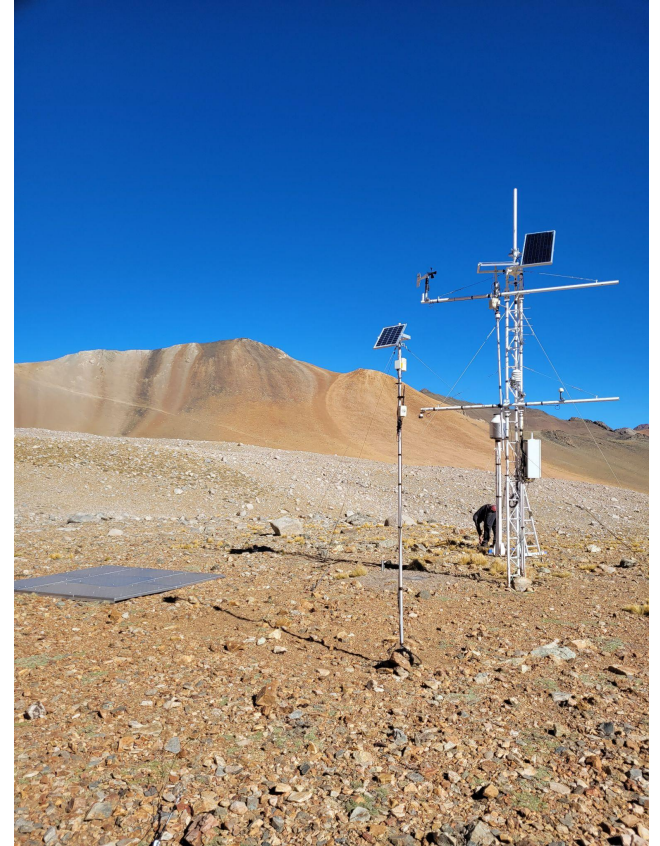
Sistemas integrados



Consorcio Científico Tecnológico CEAZA



Instalación



Consortio Científico Tecnológico CEAZA



Problema de los entornos hostiles

Ejemplo: Difícil acceso



Consortio Científico Tecnológico CEAZA



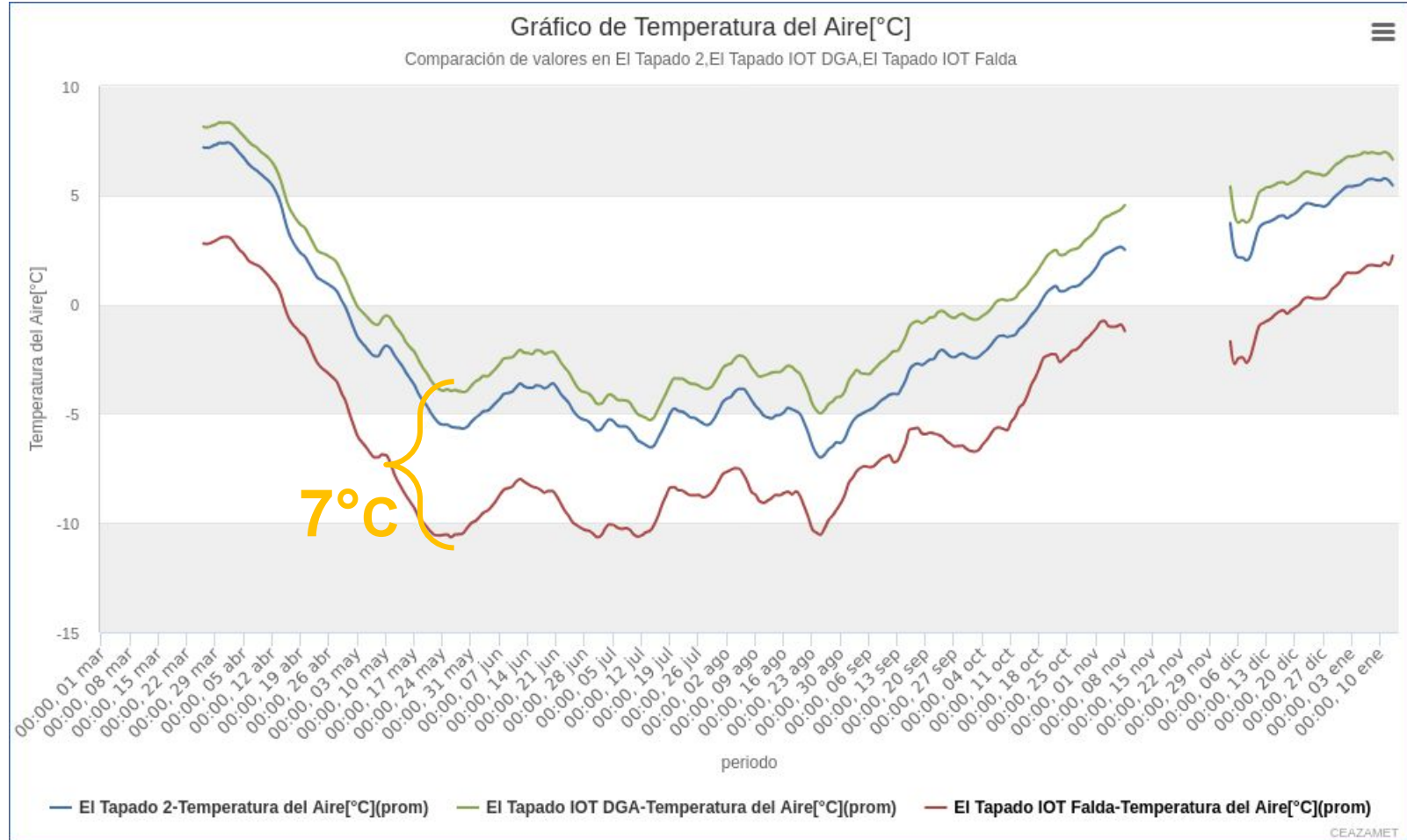
T° Sector Tapado



Consorcio Científico Tecnológico CEAZA



T° Sector Tapado



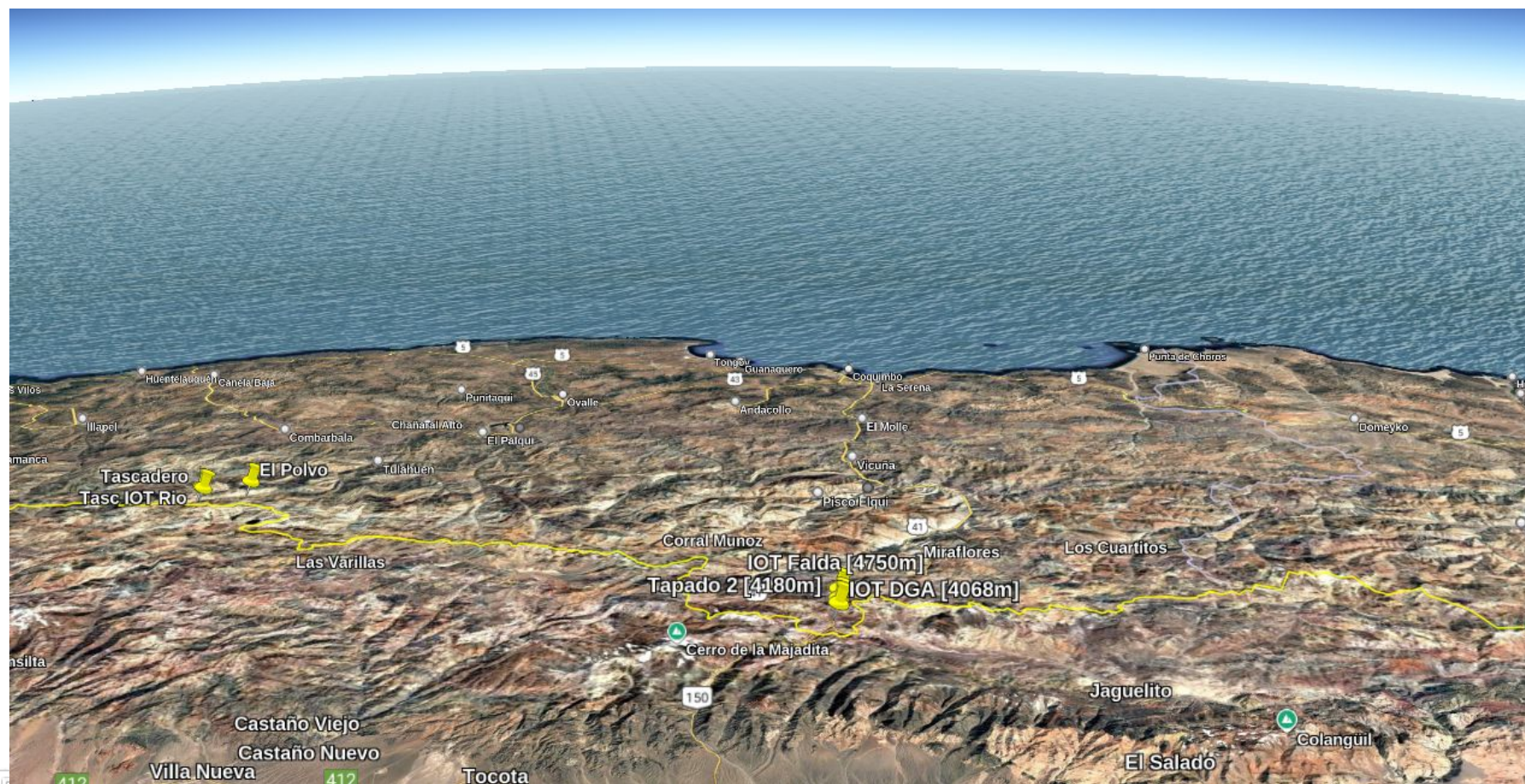
En un sector de menos de 4km existe una diferencia de más de 7°C y lo mismo pasa con la acumulación nival y otros parametros.

Consortio Científico Tecnológico CEAZA



Futuro...

El mar tiene los mismos problemas, potenciales y desafíos que la cordillera



Consorcio Científico Tecnológico CEAZA





21 años

Ciencia con impacto en
la Región de Coquimbo

cristian.orrego@ceaza.cl – 2025
rednival.ceazamet.cl

Cristian Orrego
Program Manager/Firmware Engineer



cristian.orrego@ceaza.cl

Adrián Gallardo
Hardware Engineer



adrian.gallardo@ceaza.cl

Francisco Vega
Hardware Engineer



francisco.vega@ceaza.cl

Diego Morales
Field Technician



diego.morales@ceaza.cl

Carlo Guggiana
Firmware Engineer



carlo.guggiana@ceaza.cl

Shelley MacDonell
Glaciologist



shelley.macdonell@ceaza.cl

Consorcio Científico Tecnológico CEAZA

