

**Pathways to precision in  
soil analysis: advancing  
soil laboratories in Latin  
America and the  
Caribbean**

**Caminos hacia la  
Precisión en el Análisis de  
Suelos: avance de los  
Laboratorios de Suelos  
en América Latina y el  
Caribe**

**Progreso de las bibliotecas  
espectrales de suelo visNIR y  
preparación de muestras para la  
medición espectral del suelo**

**WORKSHOP**  
SANTIAGO - CHILLÁN | CHILE  
8-11 APRIL 2024

**María de los Ángeles Sepúlveda Parada**  
**Erick Zagal**  
**Grupo de Investigación Espectroscopia Suelos UdeC**



Viscarra Rossel et al. (2016), “para obtener una mejor comprensión del suelo, sus propiedades, procesos y funciones, todas las cuales pueden variar en diferentes escalas espaciales y temporales, necesitamos desarrollar métodos efectivos para medirlo y monitorearlo.”

# Importancia de las Librerías Espectrales de Suelos



Pathways to precision in soil analysis: advancing soil laboratories in Latin America and the Caribbean

Caminos hacia la Precisión en el Análisis de Suelos: avance de los Laboratorios de Suelos en América Latina y el Caribe

WORKSHOP | SANTIAGO - CHILLÁN | CHILE

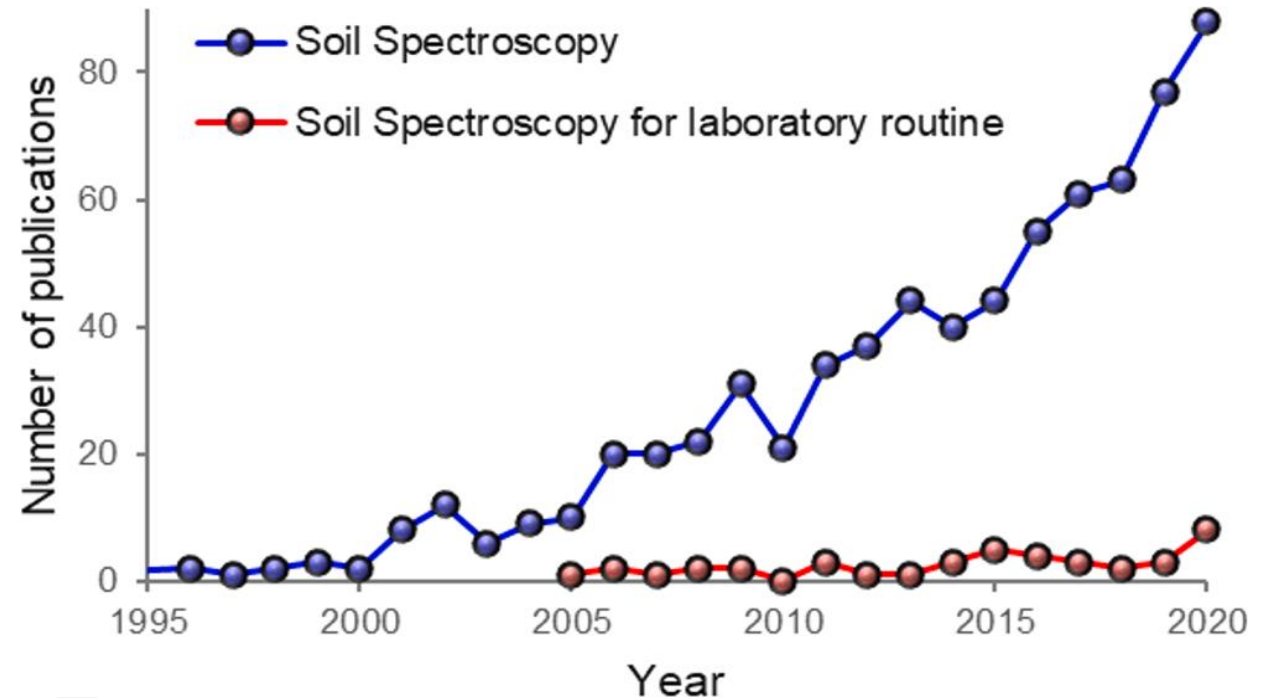
8-11 APRIL 2024



## Bridging the gap between soil spectroscopy and traditional laboratory: Insights for routine implementation

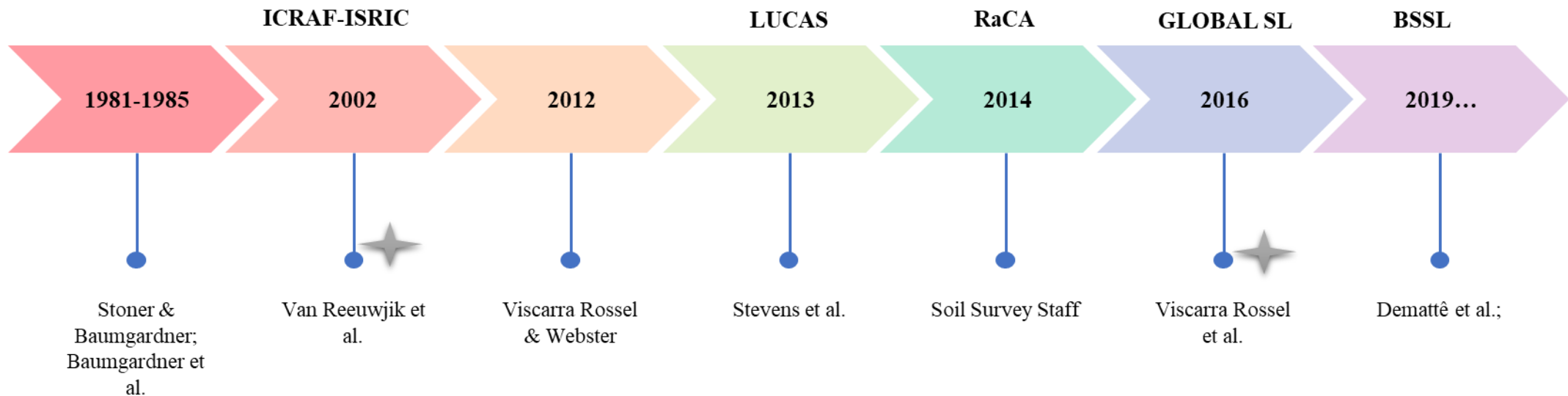
- ¿Cuáles serían las aplicaciones de la espectroscopia en laboratorios comerciales de suelos?
- ¿Podría la espectroscopia tener alguna utilidad más allá de predecir atributos del suelo?
- **¿Cuántas muestras y cuáles deberían seleccionarse para análisis y predicción?**
- ¿Cuáles serían las pautas para los técnicos de laboratorio?

## Disminuyendo la brecha entre la espectroscopia del suelo y el laboratorio tradicional: Perspectivas para su implementación rutinaria.



Poppiel et al., 2022

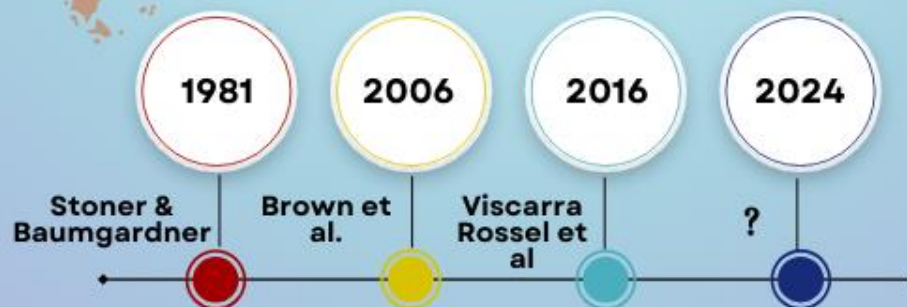
# ¿Cuándo aparecen las SSL?



# LIBRERÍAS ESPECTRALES DE SUELOS (SSL) EN EL MUNDO



## INICIATIVAS MUNDIALES

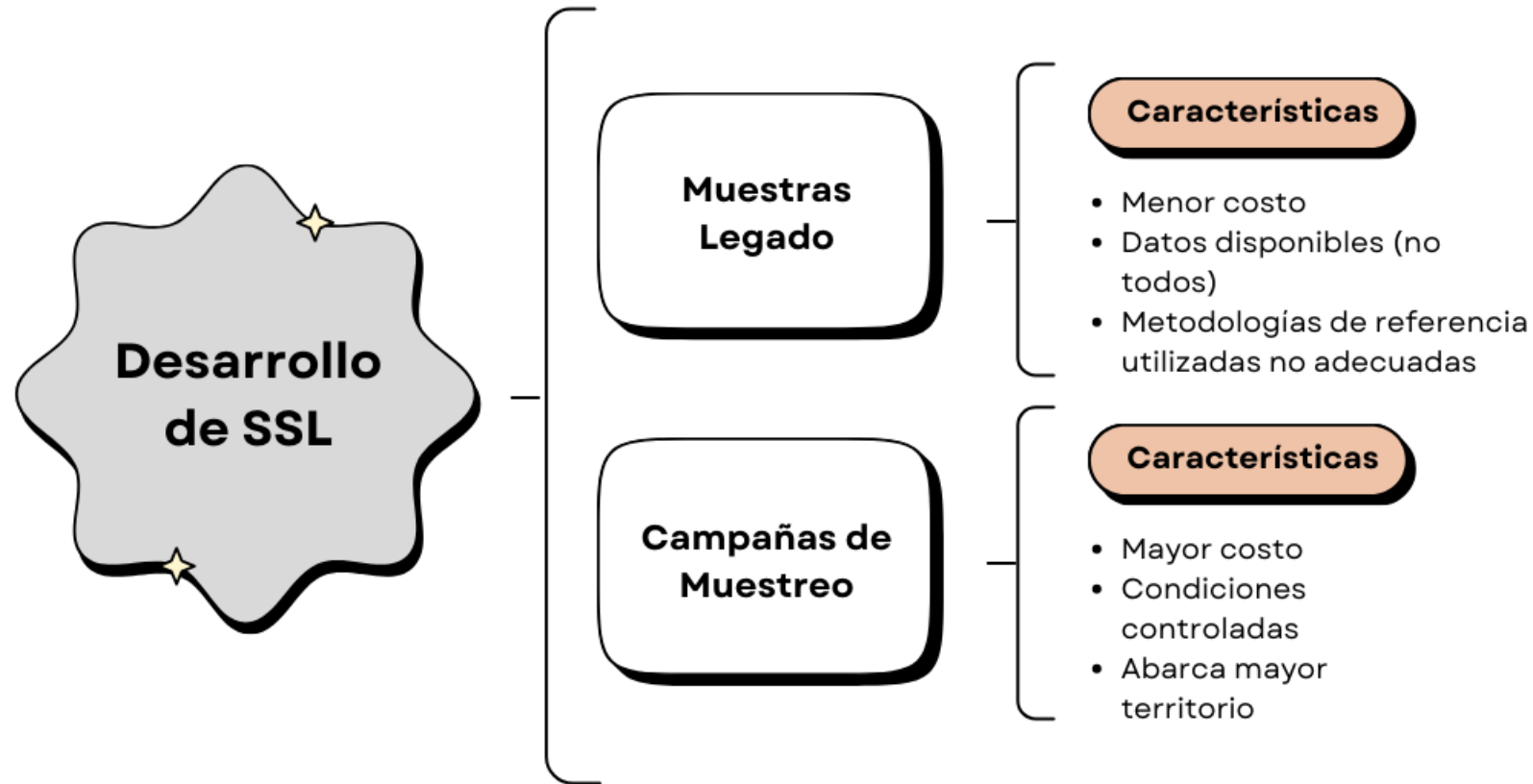


Pathways to prec  
Caminos hacia la

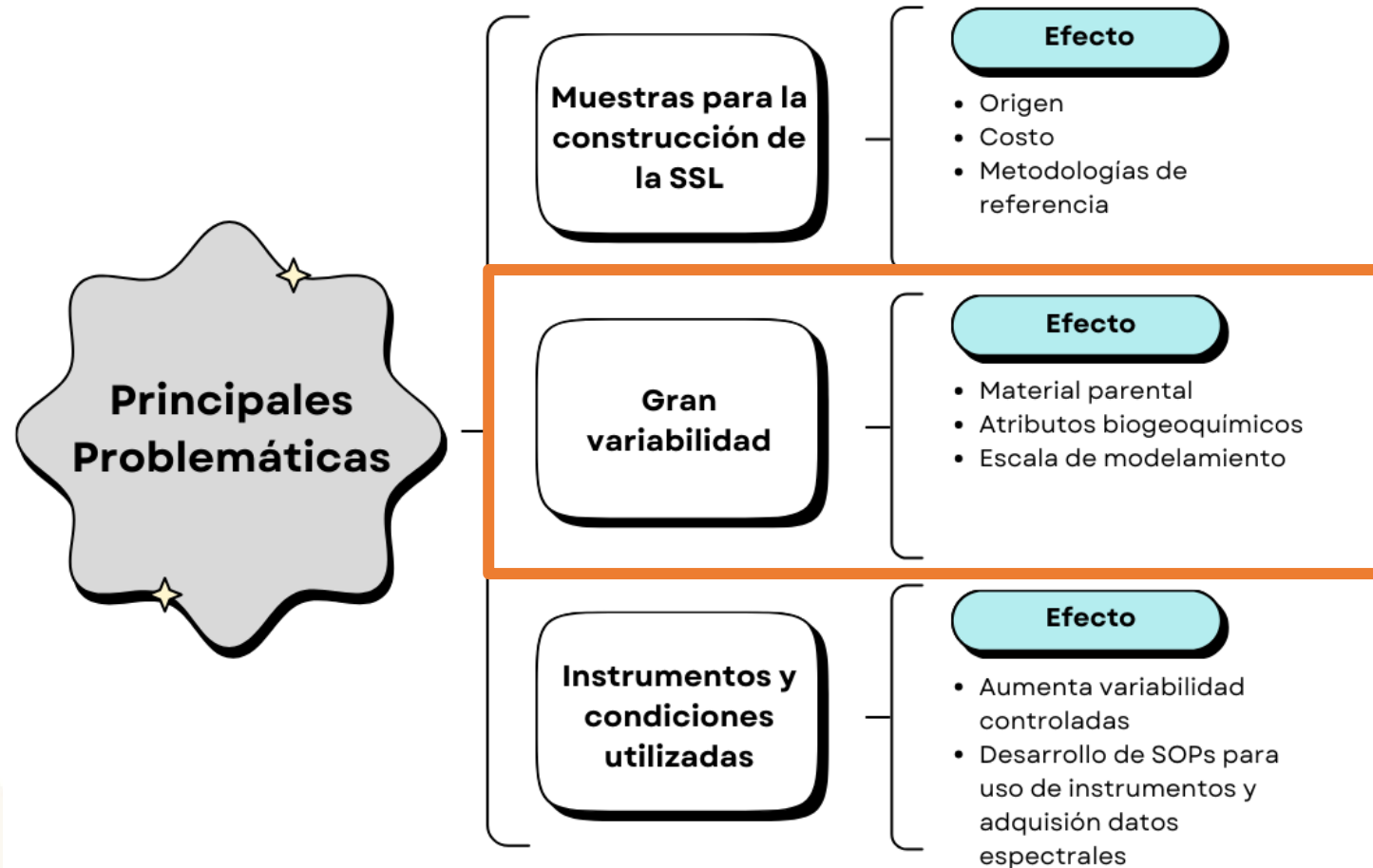
CHILE  
2024



# ¿Cómo podemos comenzar a construir nuestras SSL?



# ¿Cuáles han sido los problemas que se han presentado?







# Soil spectroscopy TRAINING MATERIAL

**1** | A primer on soil analysis using visible and near-infrared (vis-NIR) and mid-infrared (MIR) spectroscopy



Geoderma 245–246 (2015) 112–124



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Geoderma

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/geoderma](http://www.elsevier.com/locate/geoderma)



Reflectance measurements of soils in the laboratory: Standards and protocols



Eyal Ben Dor <sup>a,\*</sup>, Cindy Ong <sup>b</sup>, Ian C. Lau <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Tel Aviv University (TAU), Israel

<sup>b</sup> CSIRO, Perth, Western Australia, Australia

**Pero... Aún en discusión...**

- **Glosolan Spec**
- **P4005 - Standards and protocols for soil spectroscopy**

Pathways to precision in soil analysis: advancing soil laboratories in Latin America and the Caribbean

Caminos hacia la Precisión en el Análisis de Suelos: avance de los Laboratorios de Suelos en América Latina y el Caribe

WORKSHOP | SANTIAGO - CHILLÁN | CHILE

8-11 APRIL 2024



## GLOSOLAN Areas of work



Standard  
Operating  
Procedures



Quality  
Assurance  
/Quality  
Control



Equipment



Health  
&  
Safety



Capacity  
development



Soil  
Spectroscopy  
(GLOSOLAN-Spec)

### 2021-2023

**GLOSOLAN-Spec Chair:** Eyal ben Dor, Tel Aviv University, Israel

#### Steering Committee:

- Bo Stenberg (Swedish University of Agricultural Sciences, Sweden)
- Cecile Gomez (French Research Institute for Sustainable Development, France & India)
- José Alexandre M. Demattê (University of São Paulo, Brazil)
- Leigh Winowiecki (ICRAF, Kenya)
- Rapheal Viscarra Rossel (Curtin University, Australia)
- Sabine Chabrilat (Leibniz University Hannover and GFZ Potsdam, Germany)
- Yufeng Ge (University of Nebraska, USA)
- Zhou Shi (Zhejiang University, China)



The European and Eurasian region provided the largest number of feedbacks (see figure 1).

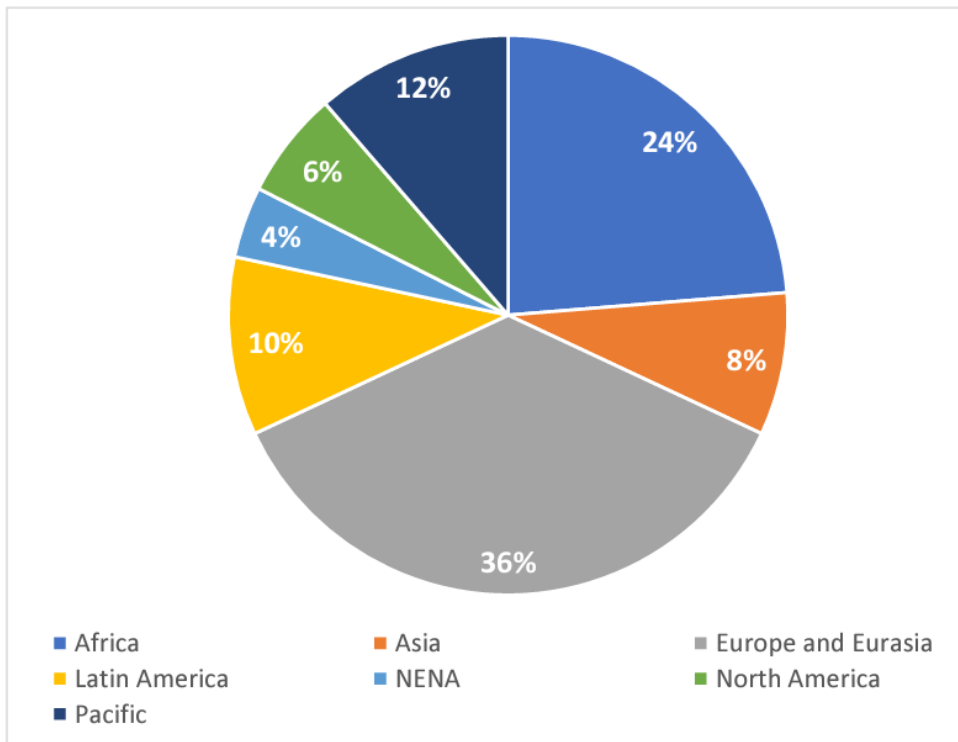


Figure 1 – Participation in the survey by region, expressed as a percentage of the total amount of answers collected.

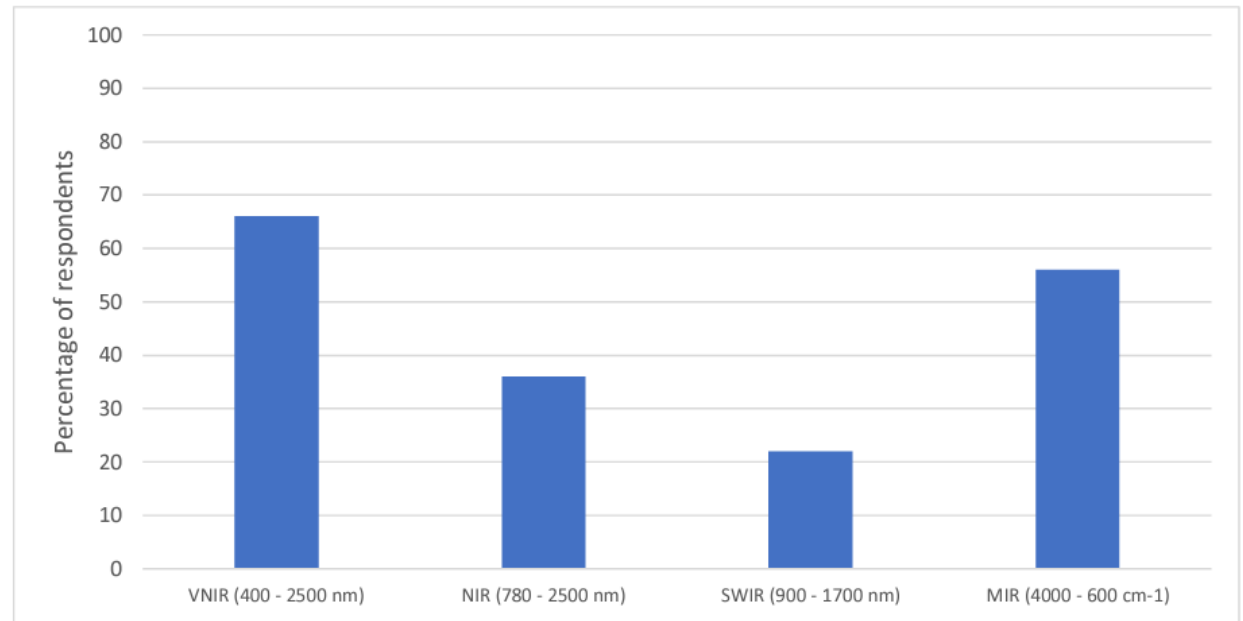


Figure 6 – Spectral regions measured by laboratories responding to the survey, in percentages.

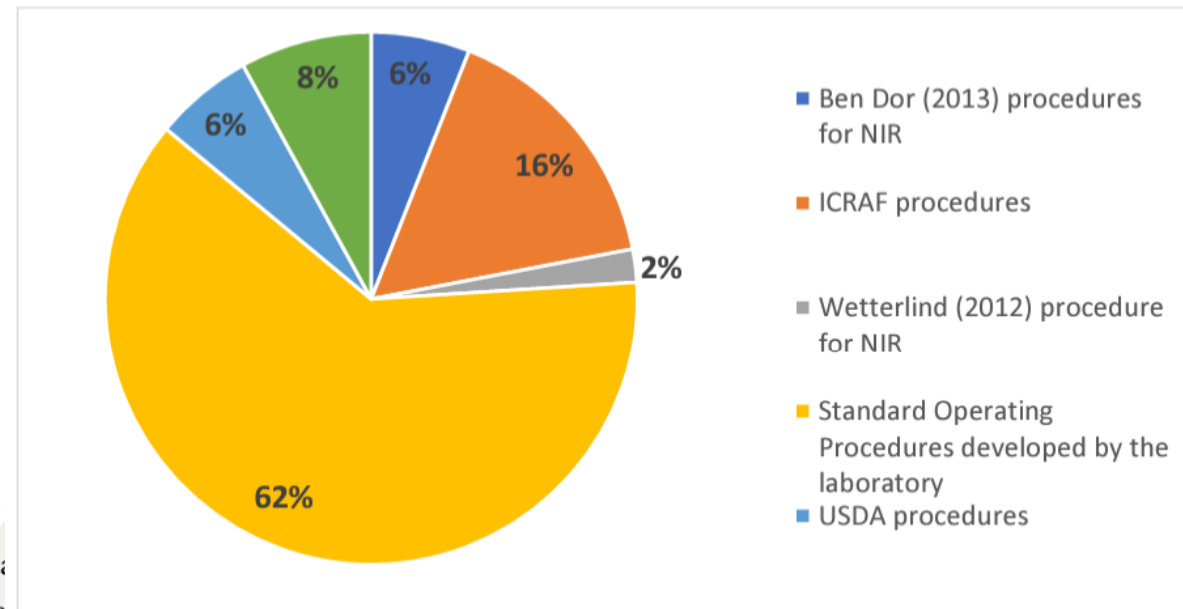
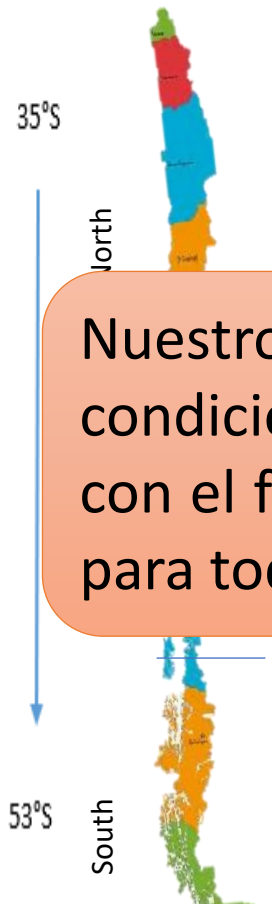


Figure 7 - Laboratory procedures followed for spectral measurements.



# ¿Local o Global? Ejemplos y casos.



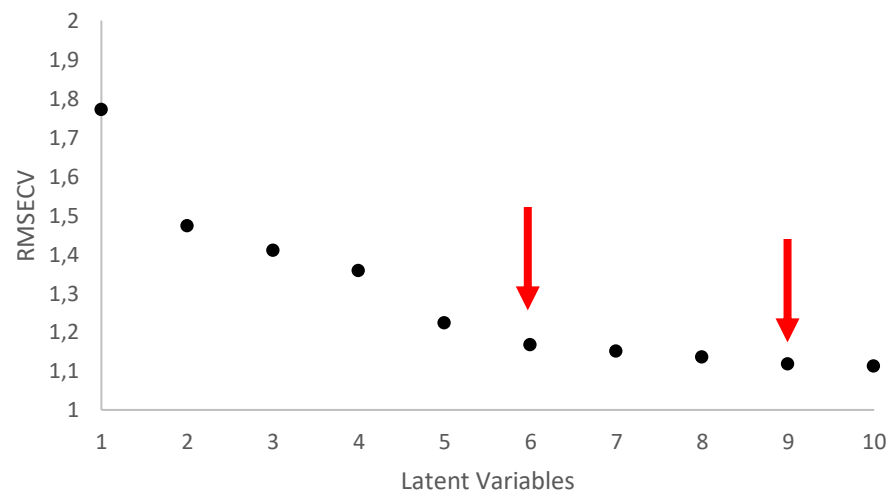
Soil Series	Nitrogen (g N·kg <sup>-1</sup> soil)			Carbon (g C·kg <sup>-1</sup> soil)			Bulk density (g·cm <sup>-3</sup> )			Clay (%)	
	Depth (cm)	0–10	10–30	30–60	0–10	10–30	30–60	0–10	10–30	30–60	0–10
Puerto Cisnes		5.77	3.33	6.62	53.34	38.88	82.79	1.4	1.8	0.3	22.3
Bahía Exploradores		4.93	1.04	1.00	60.74	15.83	14.48	1.7	1.7	1.0	24.3
Aguas Frescas		4.54	0.50	ns	67.66	13.26	ns	0.7	0.7	ns	7.6
Santa Olga		7.65	4.77	ns	150.23	91.86	ns	0.6	0.8	ns	13.0

ns: not sampled due to an excessive amount of gravel

Nuestro estudio incluye diferentes tipos de suelo, bajo diferentes condiciones ambientales cuya concentración de C abarca un amplio rango con el fin de poder calibrar el modelo predictivo y estimar <sup>13</sup>C usando NIRS para todo el transecto.

**Table 2. Chemical and physical properties of the eleven sites used for model construction (source: own elaboration).**

# Caso Chile: Resultados



**Figure 3. Latent variables and the associated root mean square error of cross validation (RMSECV) values. (source: own elaboration).**

Si muy pocos componentes se escogen, es posible que el modelo no tenga la información adecuada para hacer predicciones confiables. Si demasiados componentes son seleccionados, el modelo podría tener tanto información como ruido, que puede resultar en predicciones aun menos confiables.

# Caso Chile: Resultados

Latent Variables	N	Variance (%)	RMSEV	r Val	RMSEC	r Cal	RMSEP	R <sup>2</sup>
6	281	99.55	1.17	0.78	1.14	0.80	1.41	0.67
9	281	99.79	1.12	0.80	1.04	0.84	1.16	0.79

n: sample size; RMSEV: root mean square error of cross validation; r Val: validation correlation;

RMSEC: root mean square error calibration; r Cal: calibration correlation

**Table 3. Calibration and external validation performance values for selected models (source: own elaboration).**

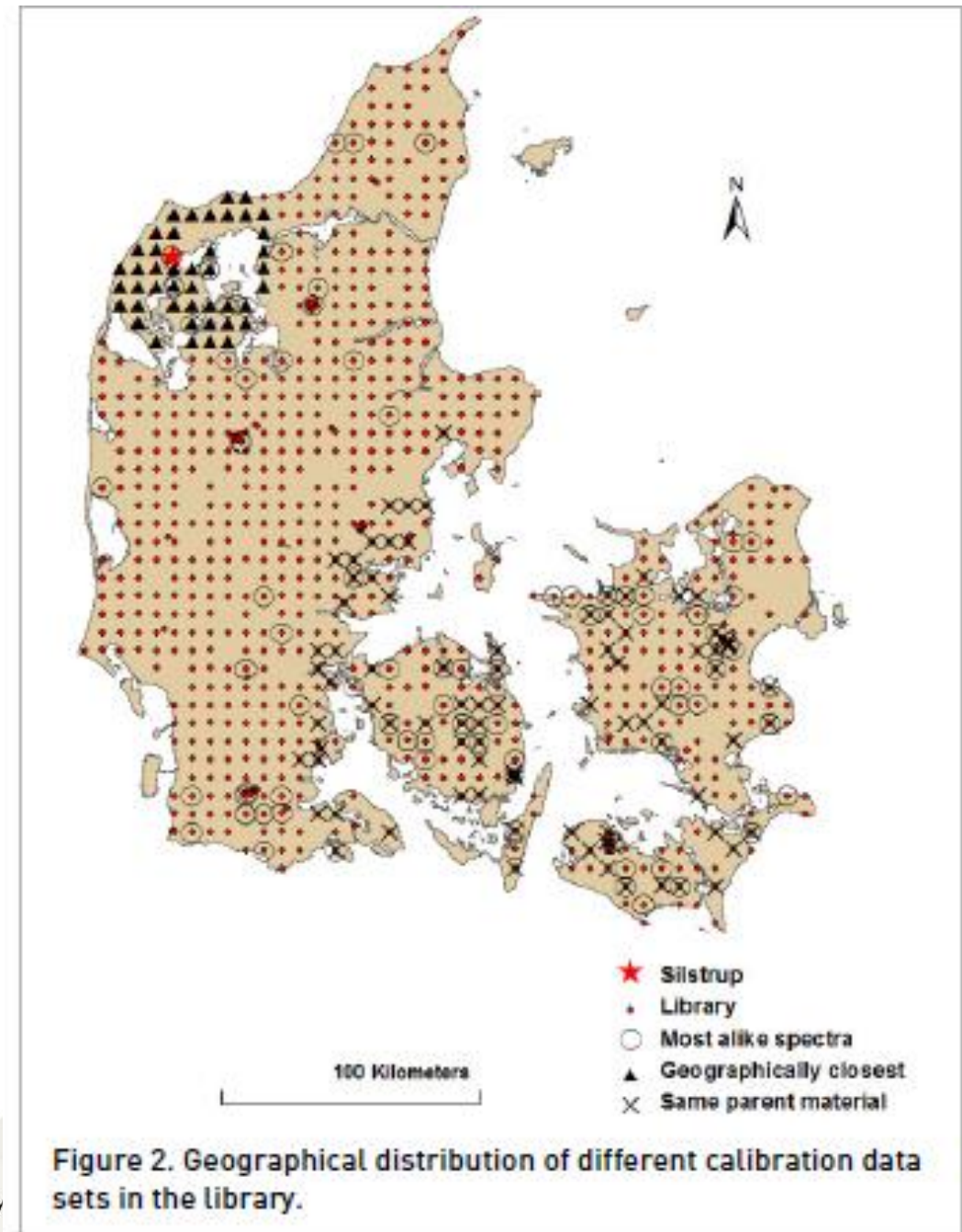
Mayor cantidad de componentes → Modelo general

Menor cantidad de componentes → Modelo más específico.

# Caso Dinamarca: Resultados

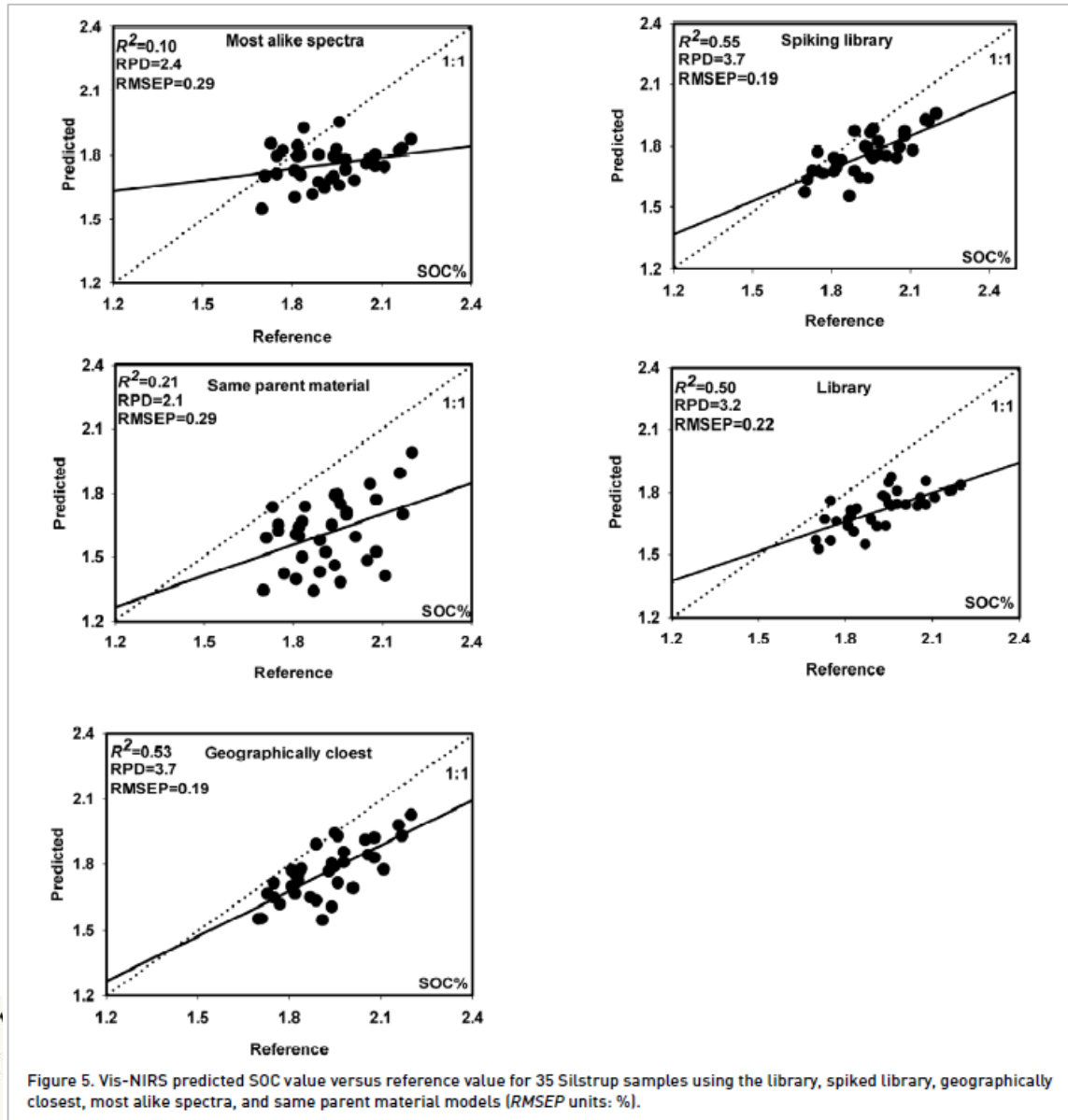
Peng et al., 2013

- “Predicting soil organic carbon at field scale using a national soil spectral library
- Librería espectral contruida con muestras espaciadas cada 7 kms.



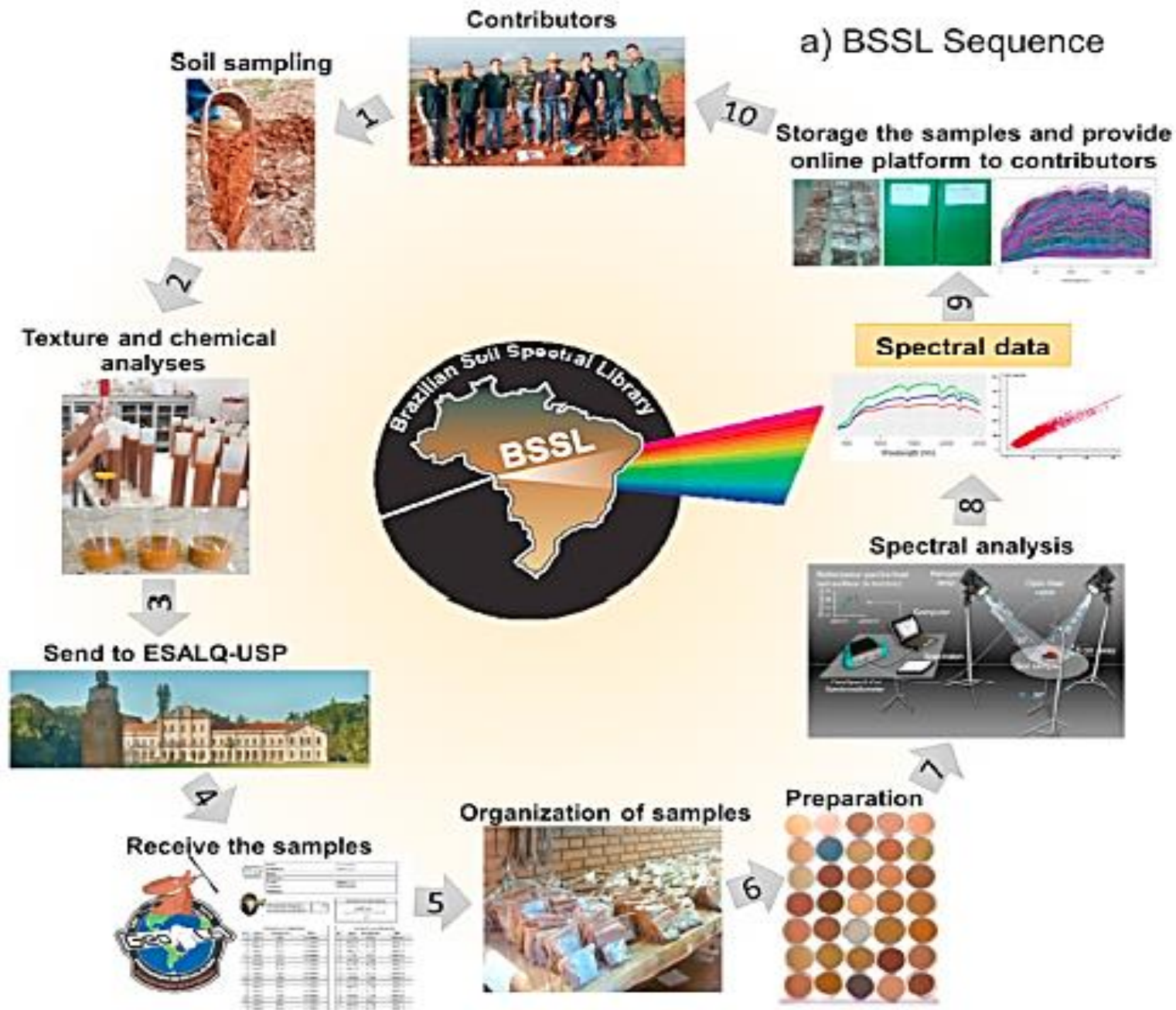
# Caso Dinamarca: Resultados

- The results showed that the geographically closest model, which used the fewest number of samples, gave the lowest root mean square error of prediction (*RMSEP*) of 0.19%, followed by the spiked library, same parent material, the spectral library and the most alike spectra.



- Los resultados mostraron que el modelo geográficamente más cercano, que utilizó el menor número de muestras, dio el error cuadrático medio de predicción (*RMSEP*) más bajo de 0.19% , seguido por la biblioteca enriquecida, el mismo material parental, la biblioteca espectral y los espectros más parecidos.







Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Geoderma

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/geoderma](http://www.elsevier.com/locate/geoderma)



## Reflectance measurements of and protocols

Eyal Ben Dor <sup>a,\*</sup>, Cindy Ong <sup>b</sup>, Ian C. L.

<sup>a</sup> Tel Aviv University (TAU), Israel

<sup>b</sup> CSIRO, Perth, Western Australia, Australia



Trends in Analytical Chemistry 83 (2016) 25–30

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Trends in Analytical Chemistry

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/trac](http://www.elsevier.com/locate/trac)



## Espectroscopia en campo.

## Wet or dry? The effect of sample characteristics on the determination of soil properties by near infrared spectroscopy

J.J. Roberts, D. Cozzolino \*

*School of Medical and Applied Sciences, CQIRP (Central Queensland Innovation and Research Precinct), Central Queensland University (CQU) Australia,  
Bruce Highway, North Rockhampton, Qld 4701, Australia*



Pathways to precision in soil analysis: advancing soil laboratories in Latin America and the Caribbean

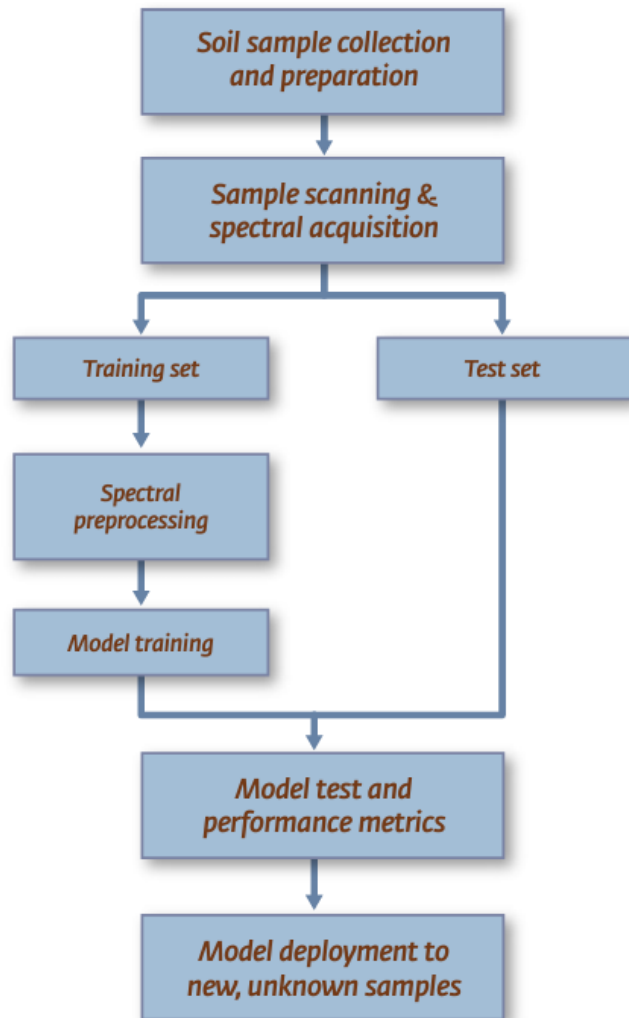
Caminos hacia la Precisión en el Análisis de Suelos: avance de los Laboratorios de Suelos en América Latina y el Caribe

WORKSHOP | SANTIAGO - CHILLÁN | CHILE

8-11 APRIL 2024



# Algunas recomendaciones



## Preparación de Muestras

- Coarse fragments and plant roots need to be removed
- Dry samples (35 – 40°C) to constant weight
- Ground to pass through 2-mm sieve.

## Lectura de muestras

- Certified, standard panel with over 99 percent reflectance at all wavelengths
- Turn on the instrument long enough (depending on instrument type and brand) before taking any measurement.
- Employ certain types of cooling

SIMILAR CONDITIONS TO SAMPLES USED IN THE TRADITIONAL LAB ANALYSIS!!!

Figure 2. The workflow of vis-NIR and MIR spectroscopy for soil analysis.

# DESAFIOS

- La falta de:
  1. Estándares y protocolos
  2. Bibliotecas espectrales
  3. Capacidad instrumental de laboratorios de suelos tradicionales en métodos espectrales.
  4. Capacidad técnica de laboratorios en quimiometría.
  5. Comprar equipos??

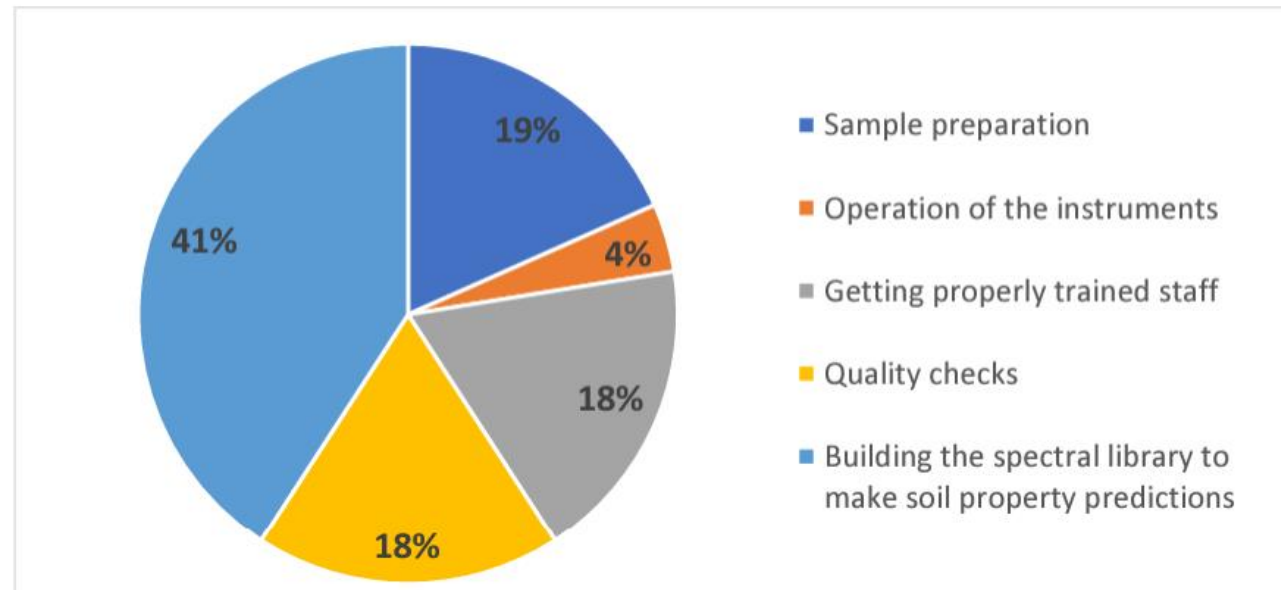


Figure 8 – Main challenges faced by laboratories during the soil spectral measurements.

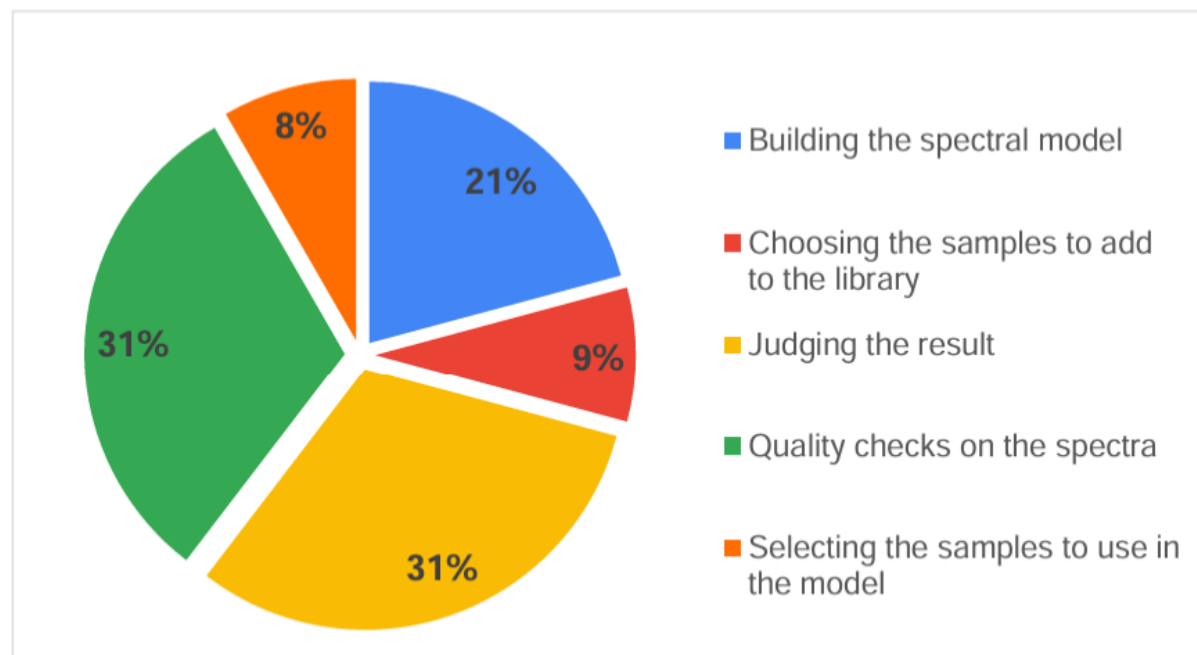


Figure 9 - Main challenges faced by laboratories after the spectral measurement, in relation to data processing and supplying the spectrally-derived soil data.

# Pero también se proponen soluciones...

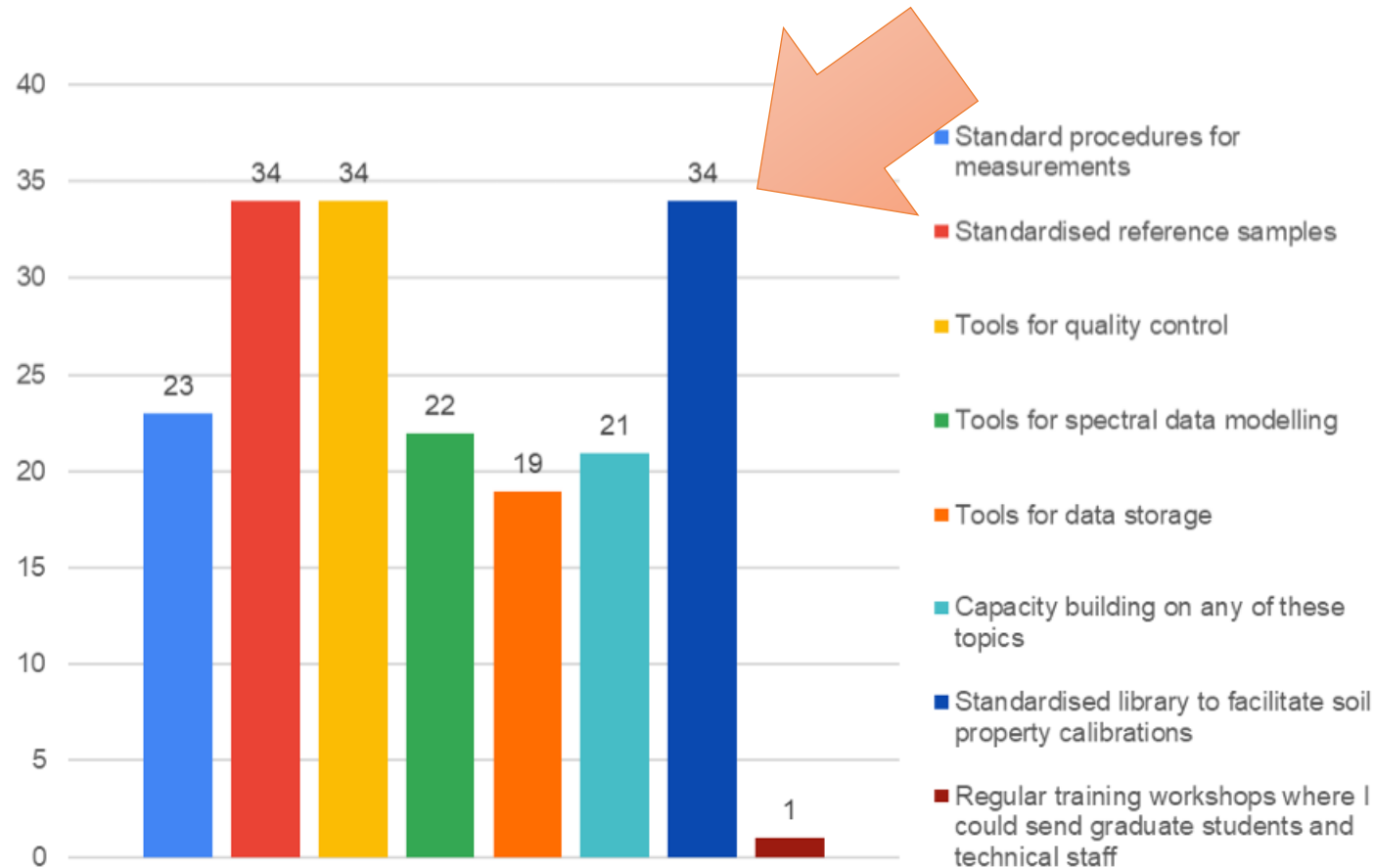


Figure 10 - Main solutions proposed by laboratories to improve the spectral measurements.

# ¿Por qué una SSL para Chile?

## EL CASO DE CHILE

Pathways to precision in soil analysis: advancing soil laboratories in Latin America and the Caribbean

Caminos hacia la Precisión en el Análisis de Suelos: avance de los Laboratorios de Suelos en América Latina y el Caribe

**WORKSHOP** | SANTIAGO - CHILLÁN | CHILE

**8-11 APRIL 2024**

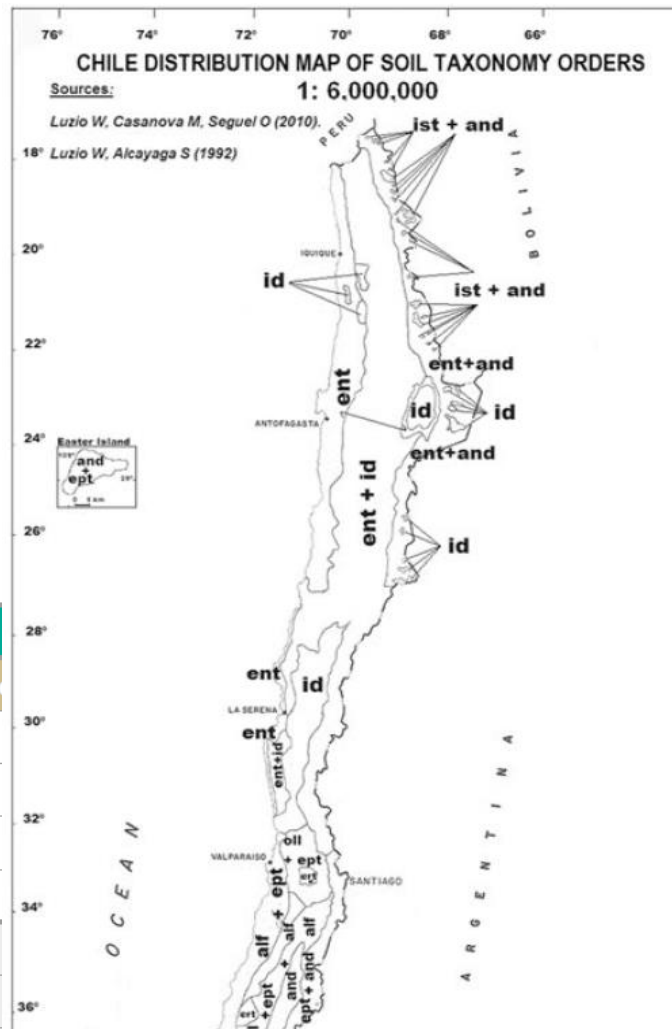


- Estado de los Suelos Chilenos
  - Caracterización
- Conservación y protección de este recurso
  - Investigación
  - Manejo
  - Políticas de estado

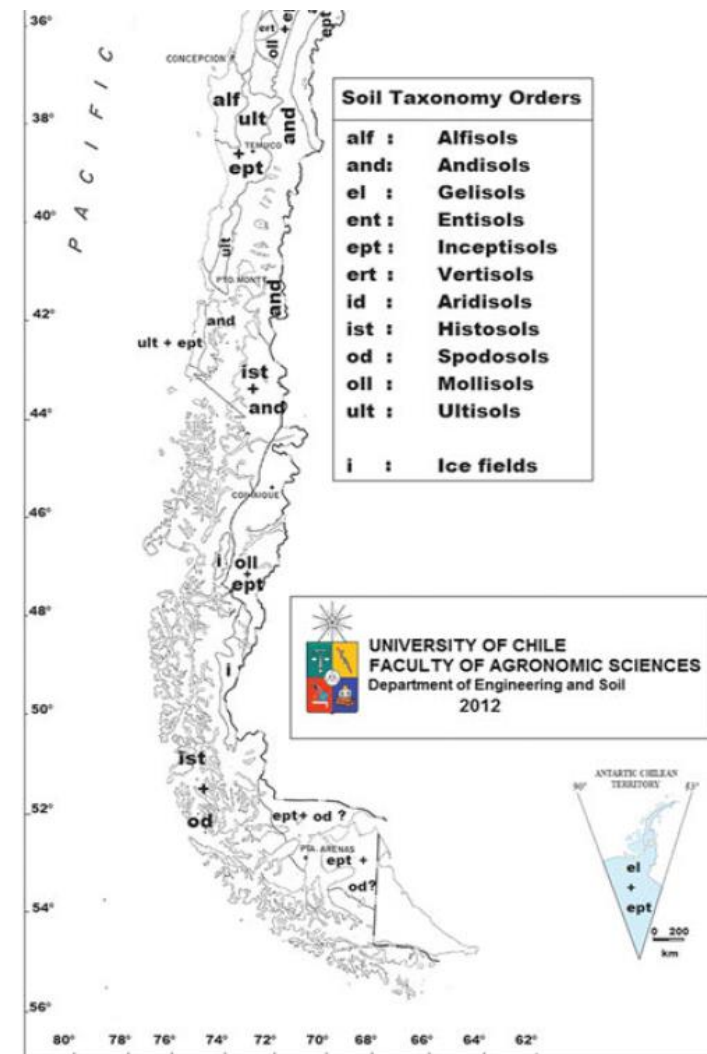
Cuadro 5.3. Principales problemas de degradación de los suelos

Tipo de Degradación	Sub-tipo de Degradación
Degradación Física	Erosión
	Compactación y encostramiento
	Subsidencia
	Anegamiento
Degradación Química	Exceso y/o falta de nutrientes
	Acidificación/Alcalinización
	Salinización
	Polución (metales pesados, pesticidas, desechos industriales)
Degradación Biológica	Pérdida de materia orgánica
	Pérdida de biodiversidad

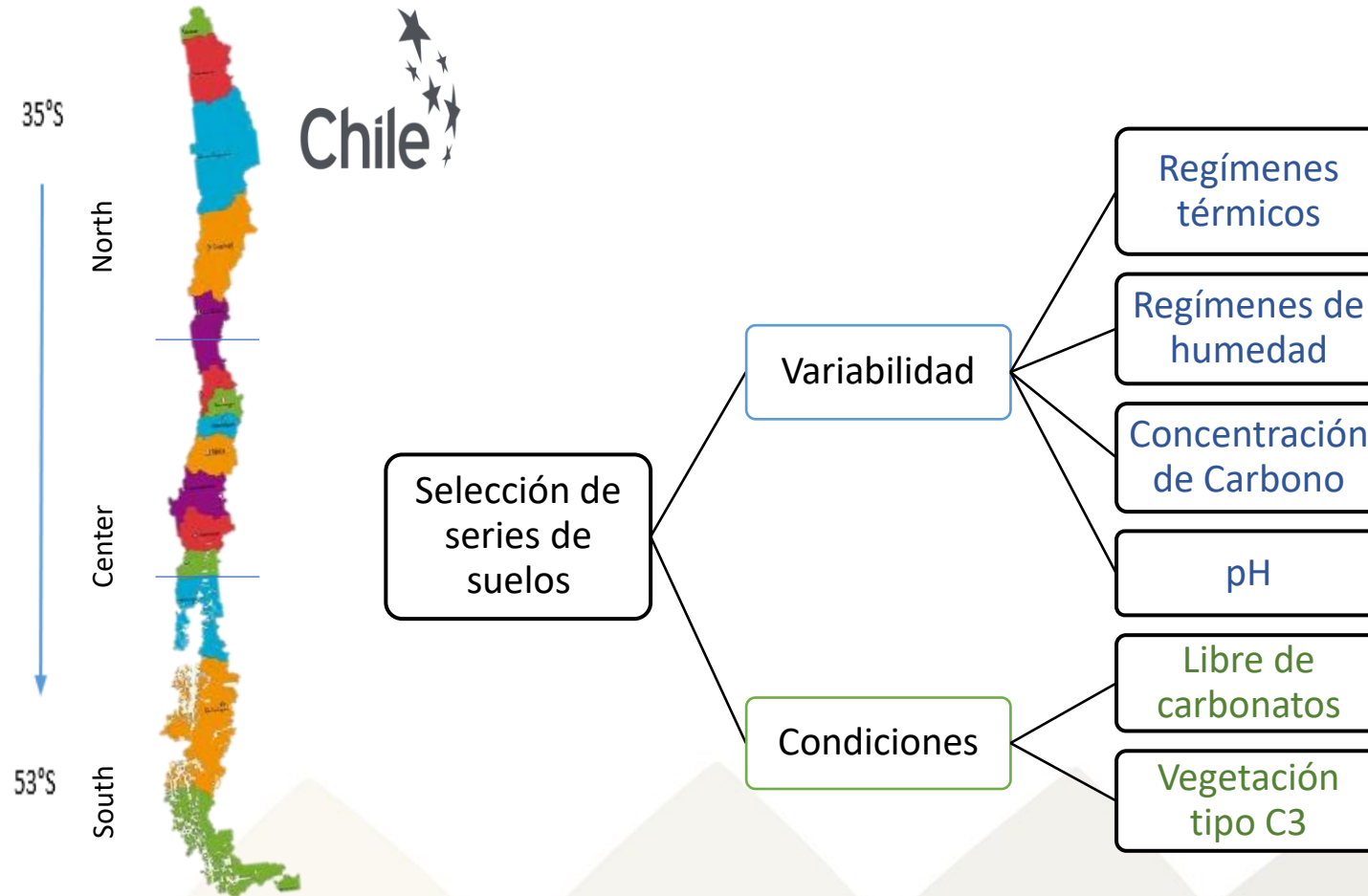
FUENTE: Modificado de Casanova et al., 2013.



Casanova et al., 2013



# ¿Cómo estudiar el rol del suelo en el control del intercambio de C ante el cambio climático?



- Dos proyectos de investigación:
  - FONDECYT 1161492
  - FONDECYT 1121138
- Transecto amplia variedad de condiciones edafoclimáticas



# ¿Cómo caracterizar alta densidad de muestras de suelos física, química y biológicamente a bajo costo?

## CARACTERIZACIÓN ATRIBUTOS

### Métodos tradicionales

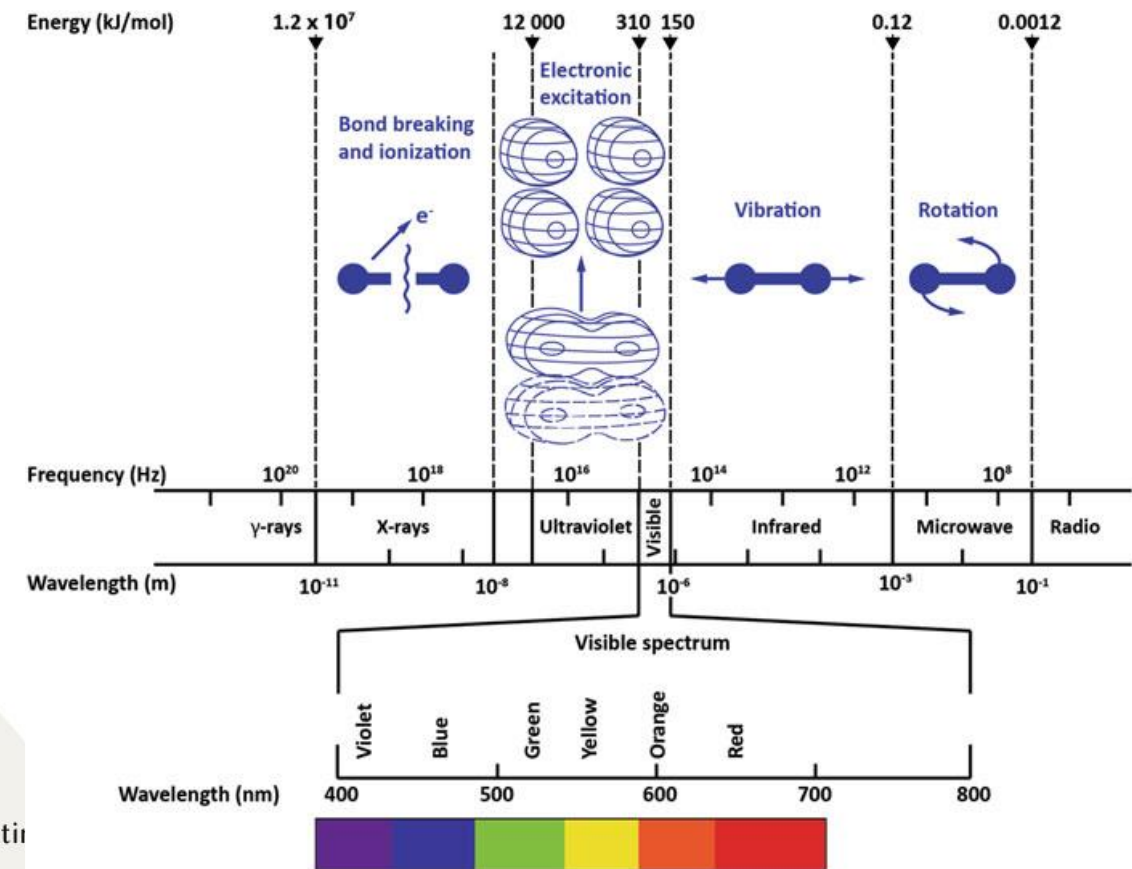
- Lentos
- Costosos
- No amigable con el medio ambiente

Armonización

### Espectroscopia de Suelos

- Rápido
- Costo efectivo
- Ecológico
- No destructivo
- Multiparamétrico

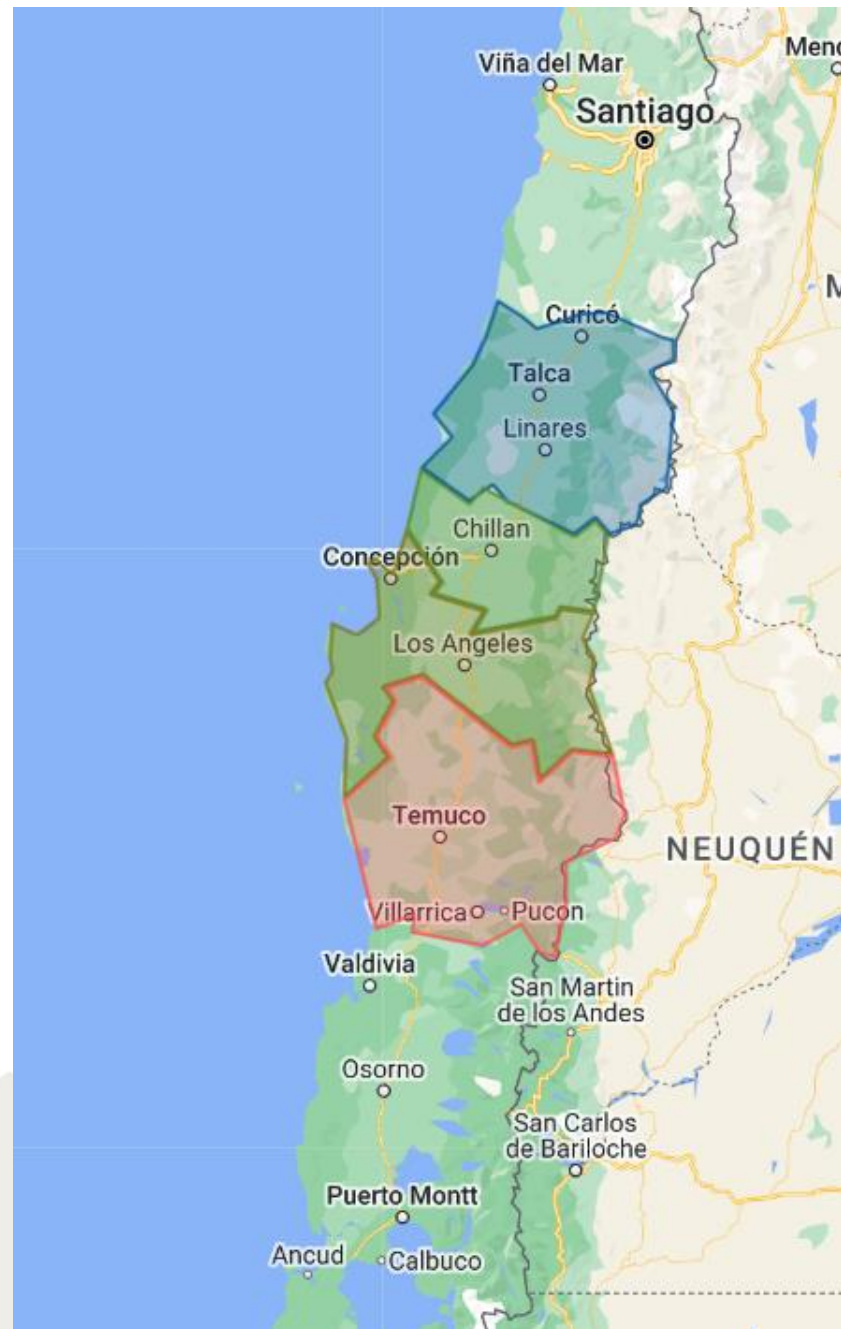
## ESPECTROSCOPIA SUELO VNIR



# ¿Por dónde empezar?

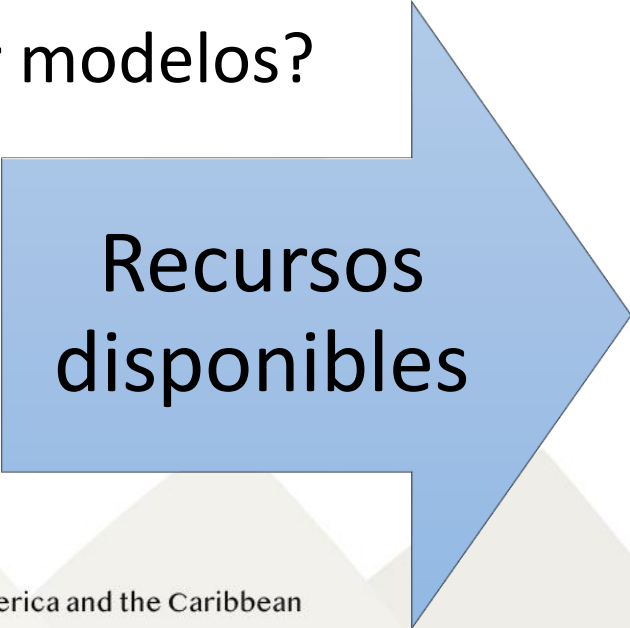
## Condiciones

- Agrupación por tipos de suelos (macro) en función de génesis, evolución y desarrollo. (Volcánicos, Ultisoles, Aluviales, Graníticos, Sedimentarios, Metamórficos)
- Definición de tipos de suelos en función de su taxonomía y uso
- Inclusión además de praderas naturales, cultivos tradicionales, con lomajes suaves.
- Caracterización propiedades física y química a estudiar
- Caracterización edafoclimática
- Geolocalización de muestras usadas
- 20 primeros cms




# Siempre surgen dudas al comenzar en espectroscopía

- ¿Cuántas muestras son suficientes para una SSL?
- ¿Cómo enfoco mis modelos?
- ¿Puede la espectroscopia reemplazar el análisis de rutina?
- ¿Hay una receta para hacer modelos?



Recursos  
disponibles



Objetivos a  
lograr



Food and Agriculture  
Organization of the  
United Nations



# Thank you

