

Predicción de heladas mediante aprendizaje automático e IoT



Ing. Ana Laura Diedrichs

ana.diedrichs@frm.utn.edu.ar

Web <https://anadiedrichs.github.io/>

Twitter @anadiedrichs



LATINR

Conferencia Latinoamericana
sobre el uso de R
en Investigación + Desarrollo



CONICET



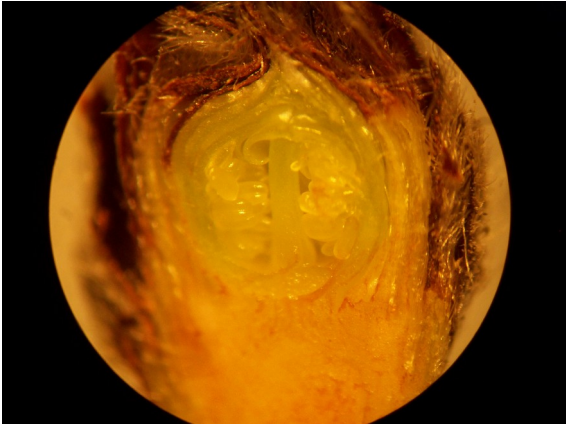
Consejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas



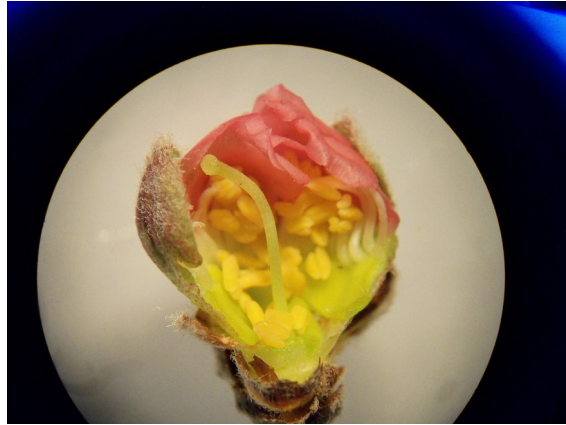
- **Prediction of frost events using machine learning & IoT**

Diedrichs, Ana Laura, Facundo Bromberg, Diego Dujovne, Keoma Brun-Laguna, and Thomas Watteyne. *"Prediction of frost events using machine learning and IoT sensing devices."* IEEE Internet of Things Journal 5, no. 6 (2018): 4589-4597. DOI: 10.1109/JIOT.2018.2867333

¿De dónde vienen los frutos?



vegetativo



floración

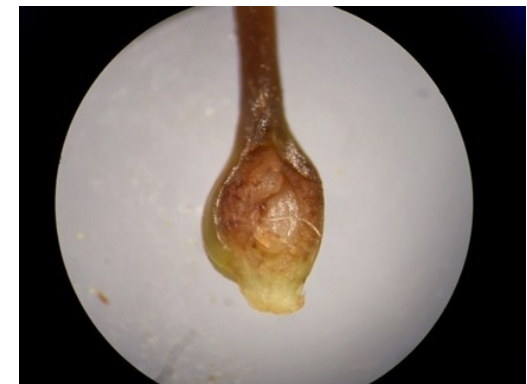
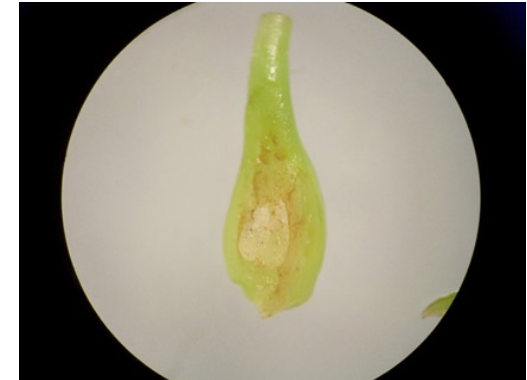
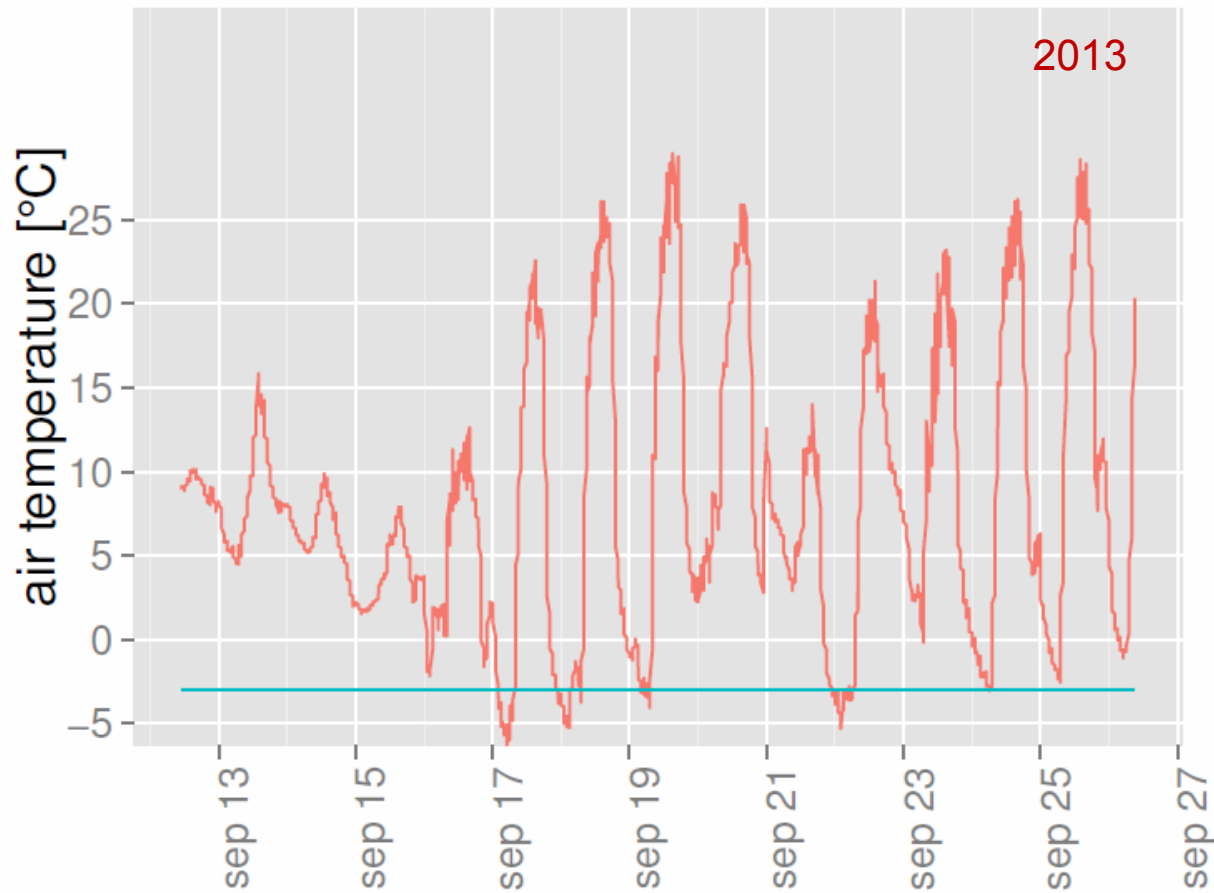


Flor abierta



3

A los cultivos no les agradan las heladas



Viñedos



Viñedo afectado por helada presentando la mayoría de los daños en la extremidad de los brotes.

Foto: Arturo Hernández. EEA Mendoza INTA



Planta afectada gravemente por helada con daños totales en brotes e inflorescencias.

Foto: Arturo Hernández. EEA Mendoza INTA

<i>Receso Invernal</i>	<i>Yemas Cerradas Mostrando Color</i>	<i>Plena Floración</i>	<i>Pequeños Frutos Verdes</i>
-17 °C	-1,1 °C	-0,6 °C	-0,6 °C

Temperaturas que podrían causar daño a la vid según su estado fenológico.

Fuente: Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas.

- https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-hoja_divulgacin_helada.pdf

Impacto económico-social

2013 - 85% producción durazno perdida • 10,000 puestos de trabajos

Campaña 2016-2017

Denunciaron daños unos 6.041 productores

- 53.647 hectáreas afectadas por heladas
- La mitad son de viñedos

Combatir un evento de helada



molinos



calentadores



rociadores

Sábado, 1 de octubre de 2016 Edición impresa

Casi 30 mil hectáreas afectadas por heladas

Se trata de un relevamiento estimativo hecho por la Provincia por las heladas que se registraron el mes pasado. La fruta de carozo es la más afectada.



Archivo Los Andes

Hay muchas formas de combatir la helada, lo que es complicado es **predecirla.**

La helada como fenómeno microclimático

- Predicciones con simulaciones numéricas no suelen ser precisas (pocas estaciones, condiciones de contorno) → helada como fenómeno microclimático
- Se ha aplicado modelos de aprendizaje automático a datos de una sola estación
- **Fenómeno de inversión térmica**

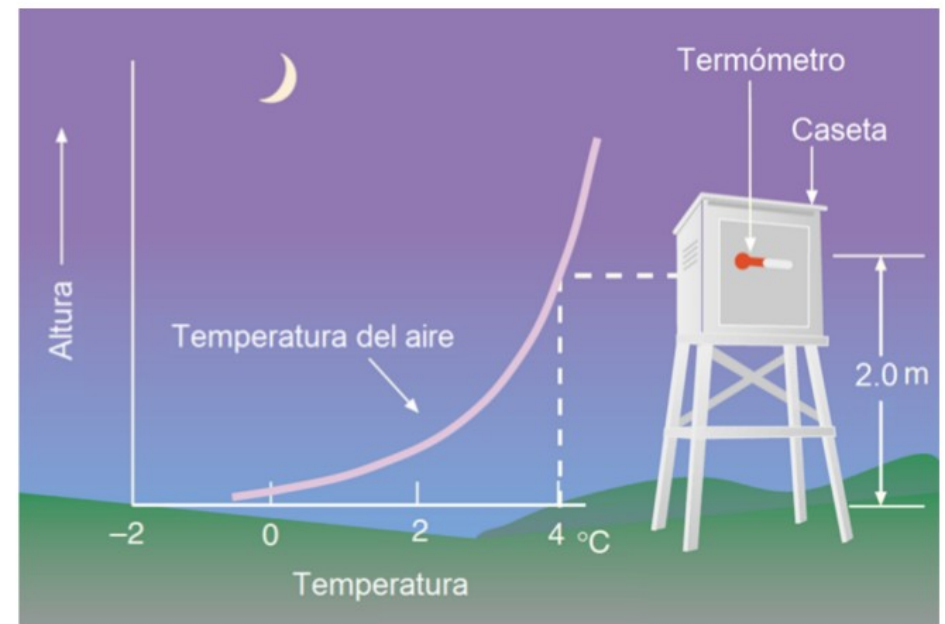


Figure 2.4.: Perfil característico de la temperatura cerca a la superficie durante la ocurrencia de una helada radiativa [2].

Empirical formula used in Mendoza

The empirical formula for estimating the minimum temperature is $T_{min} = \frac{T_{max} + T_{dew}}{2} - K$. For calculating K, we call `buildMdz` function. Then for prediction we use `predMdz`.

```
# just an example
dw <- c(-2,-5,2,6,8)
tempMax <- c(10,20,30,25,29)
tmin <- c(-1,-2,3,5,10)
out <- buildMdz(dw,tempMax,tmin)
print(out)
#> $model
#>
#> Call:
#> lm(formula = tmin ~ ., data = as.data.frame(dw))
#>
#> Coefficients:
#> (Intercept)          dw        tempMax
#>   -0.2365         0.7847         0.0800
#>
#>
#> $k
#> [1] -9.3
#>
#> $kmean
#> [1] -9.3
predMdz(dw = -3, tempMax = 15, K=out$k)
#> [1] 15.3
```

Fórmulas empíricas





CRAN 0.0.4 downloads 1831 build passing coverage 100% DOI 10.5281/zenodo.3462366

Prediction of minimum temperature for frost forecasting in agriculture

This package contains a compilation of empirical methods used by farmers and agronomic engineers to predict the minimum temperature to detect a frost event.

These functions use variables such as environmental temperature, relative humidity, and dew point.

Installation

If you don't have package **devtools** installed, run the following commands.

```
install.packages("devtools")
```

```
library(devtools)
```

To install the package from the GitHub repo, run

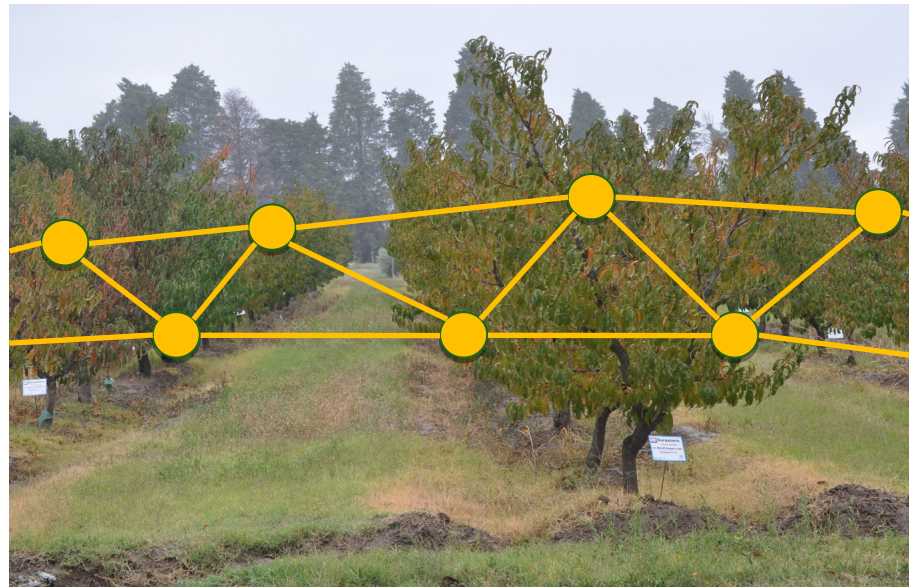
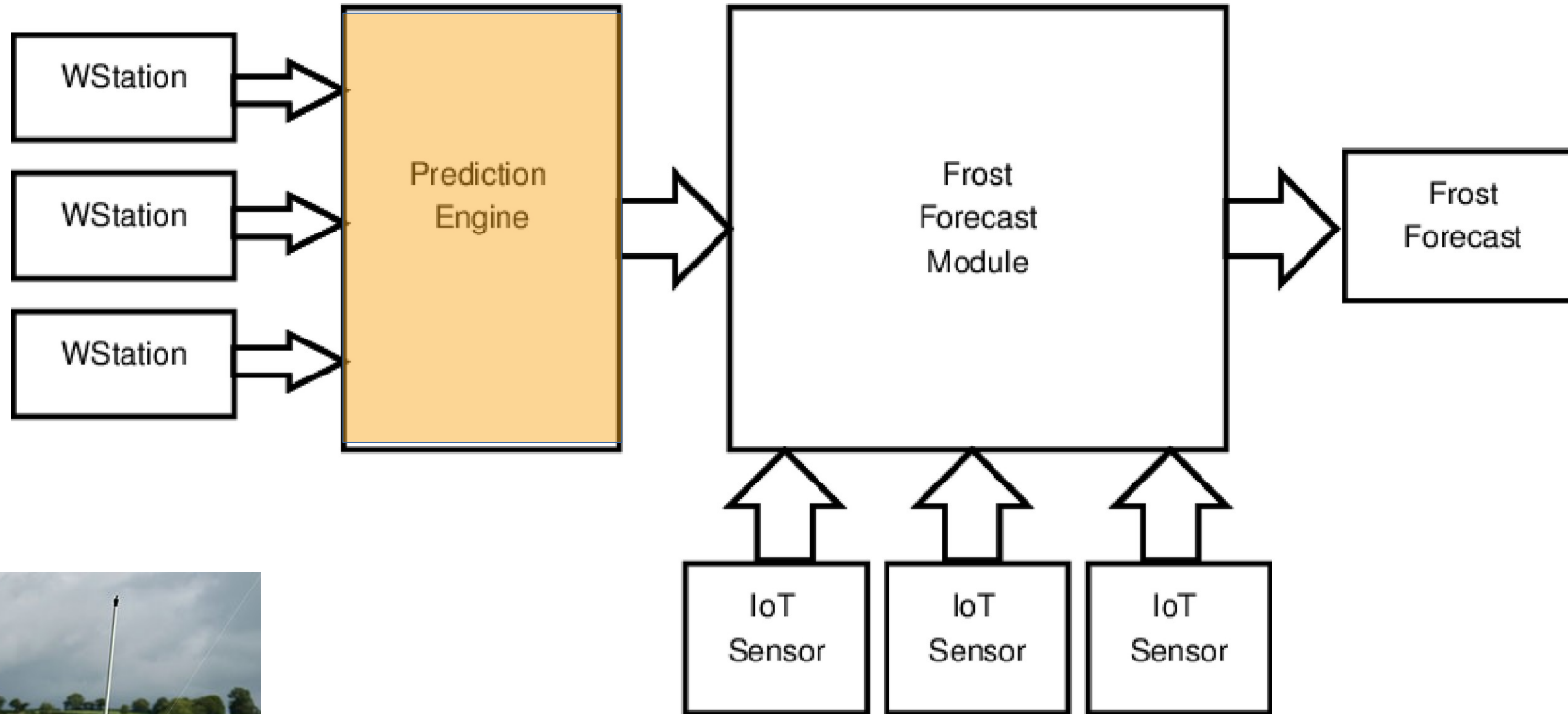
```
install_github("anadiedrichs/frost")
```

More info

You can have more information about how to use this package in the [Introduction vignette](#)



IoT-enabled frost prediction system

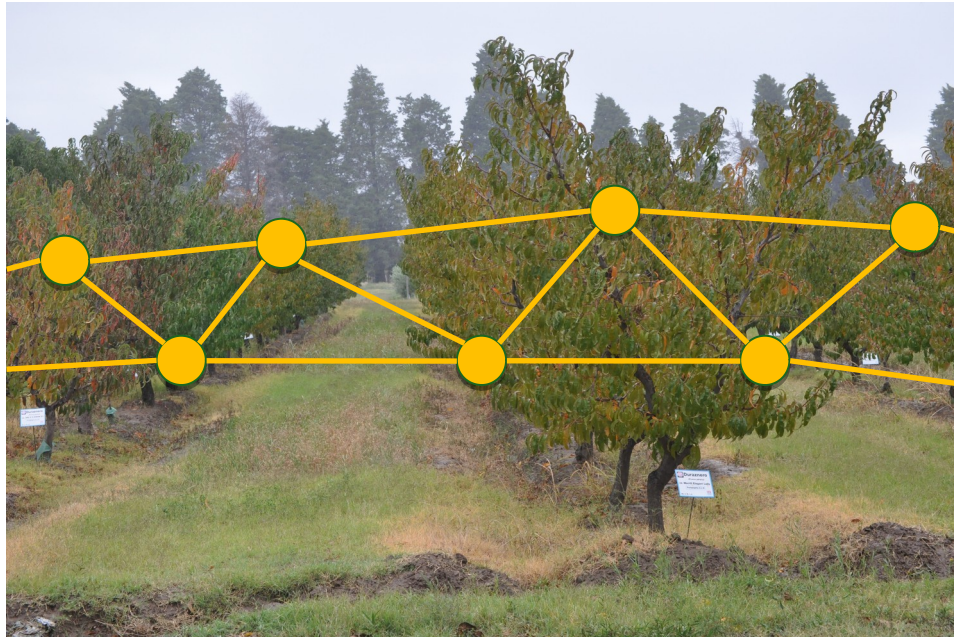


- Temp. aire
- RH
- otros

Problema

- Predecir si helará o no (**clasificación**)
- Predicción de temperatura mínima diaria (**regresión**)
- Usar información de temperatura y humedad ambiental (sensores baratos)

Enfoque selección vecinos



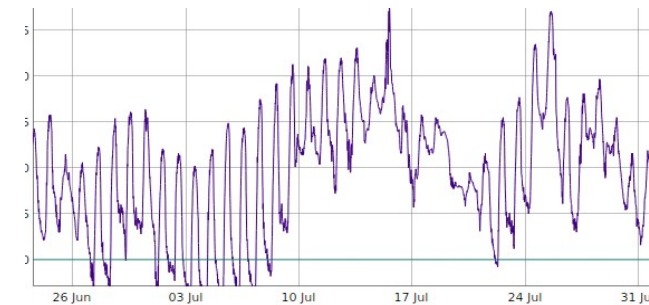
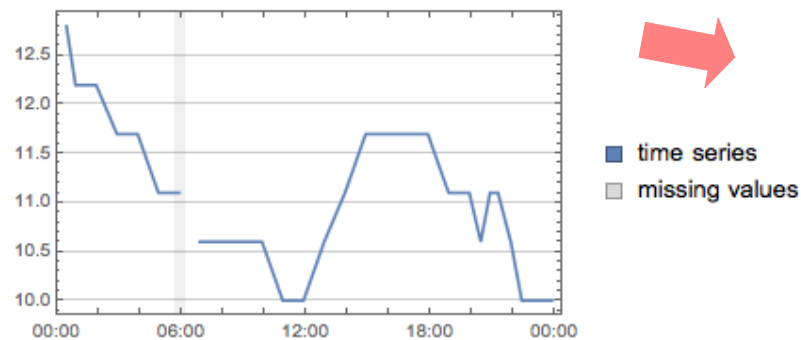
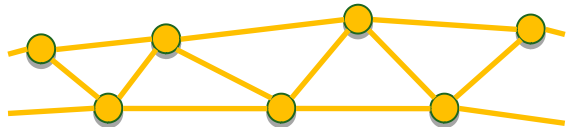
¿Es posible mejorar la predicción de la temperatura mínima al utilizar información de sensores vecinos?

Caso de estudio: predicción de temperatura mínima diaria

Metodología



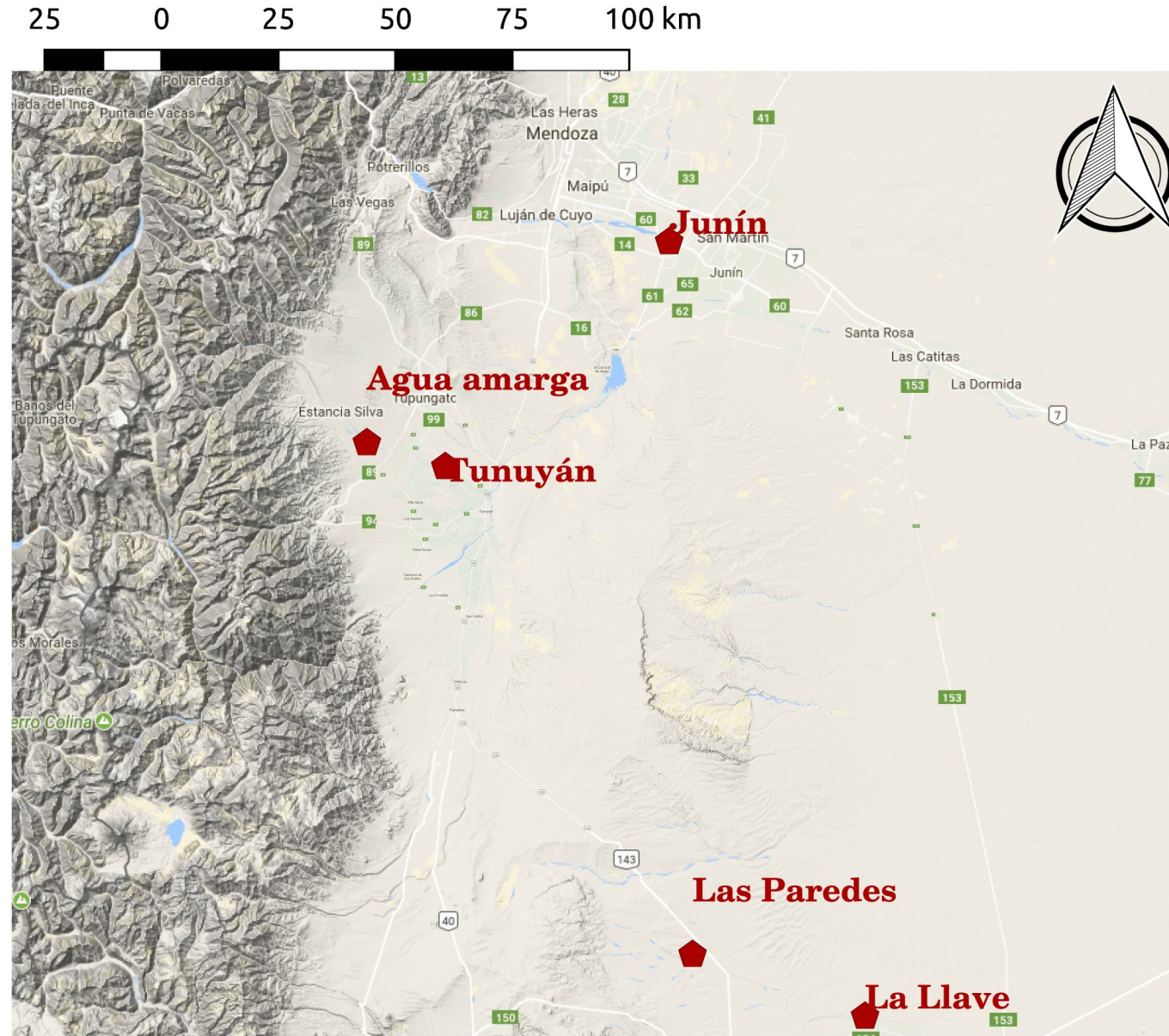
Datos de red
de
Estaciones
Meteorológicas



Tratamiento de valores perdidos
Valores diarios
Variables

Dataset

- Valores diarios
- Temperatura
- Media, mínima,
- max
- Humedad
- Media, mínima,
- max
- Cinco ubicaciones



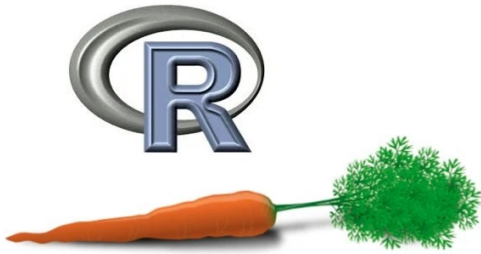
Dataset: configuraciones

- Dataset desbalanceado:
 - No todos los días hay heladas
 - Más días “normales” y menos de heladas
- SMOTE
 - Synthetic Minority Over-sampling Technique (SMOTE)
 - Crear ejemplos sintéticos de la clase minoritaria

Dataset: configuraciones

- Con y sin información vecina
- Cuanta información de días anteriores tomar
- (Sliding-windows)

Metodología



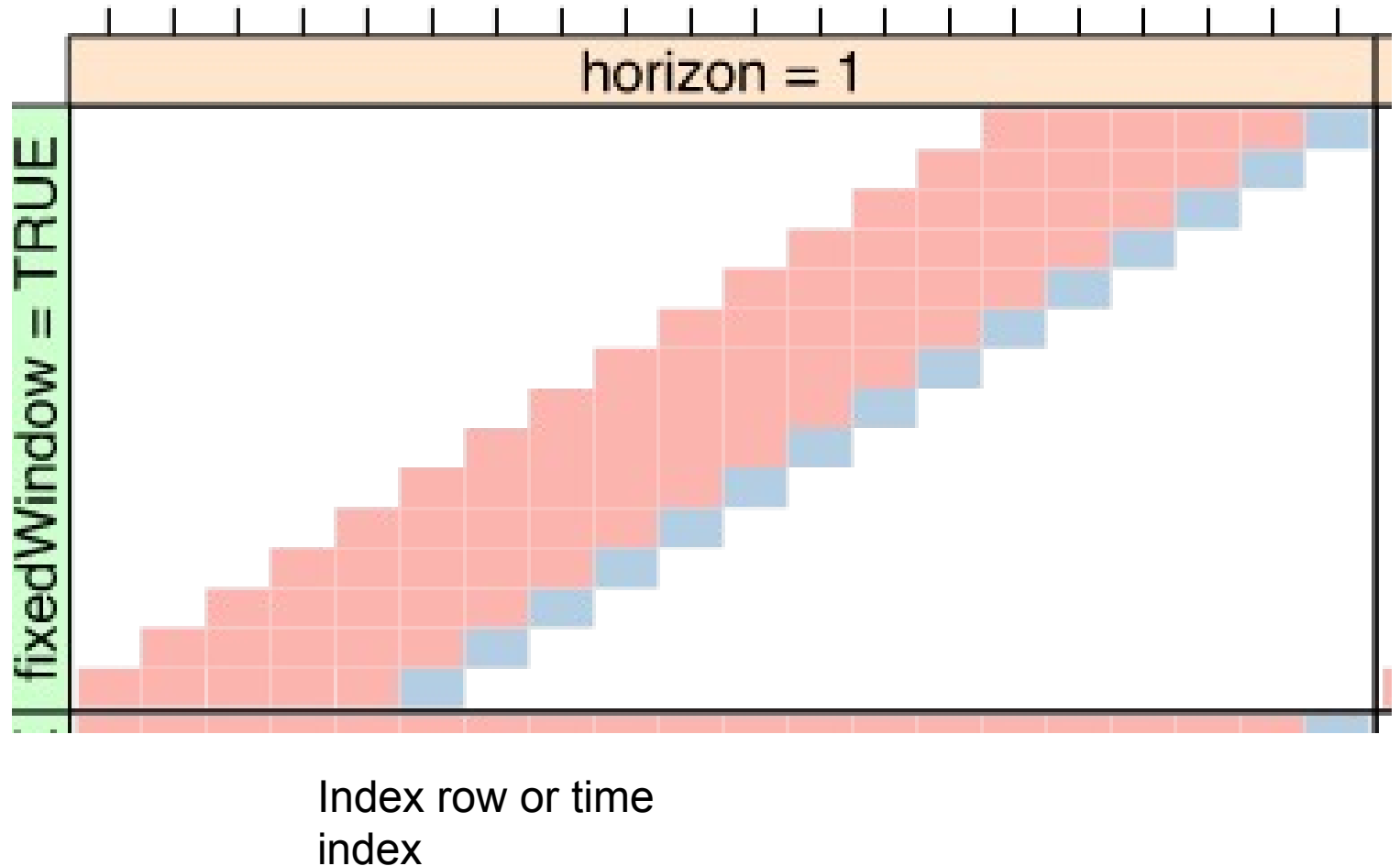
The caret package
(short for
Classification And
REgression
Training)

Model	R package	• Regression	Classification
Logistic regression			x
Decision trees	C50 rpart		x
Random forest	randomforest	• x	x
Bayesian Networks	bnlearn	• x	

Building models

Time series cross-validation

Resample
number



Metodología



$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |y_i - \hat{y}|$$

$$RMSE = \sqrt{MSE} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y})^2}$$

Métricas

Predicted	Reference	
	Event	No Event
	A	B
Event	A	B
No Event	C	D

The formulas used here are:

$$Sensitivity = \frac{A}{A + C}$$

$$Specificity = \frac{D}{B + D}$$

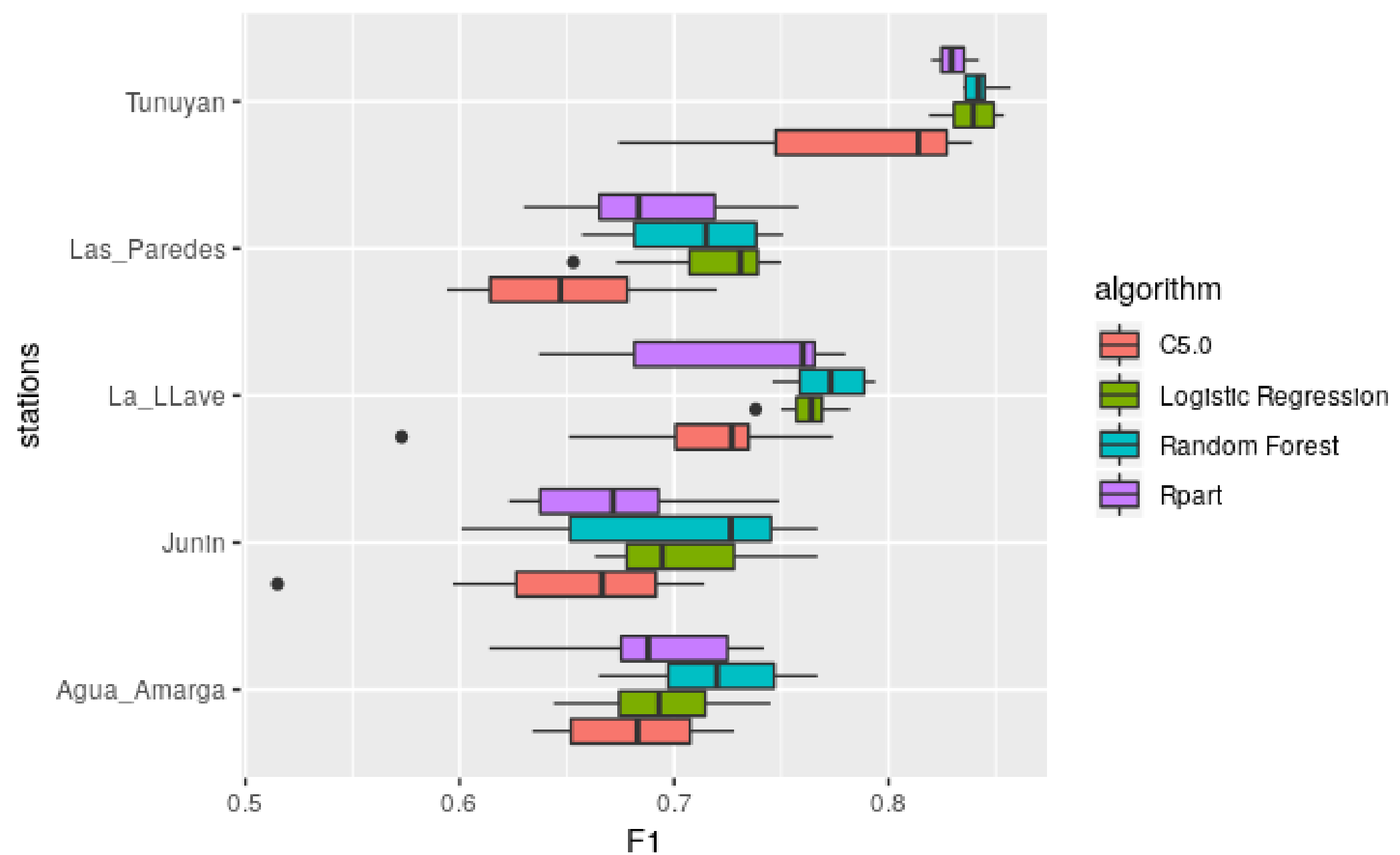
$$Precision = \frac{A}{A + B}$$

$$Recall = \frac{A}{A + C}$$

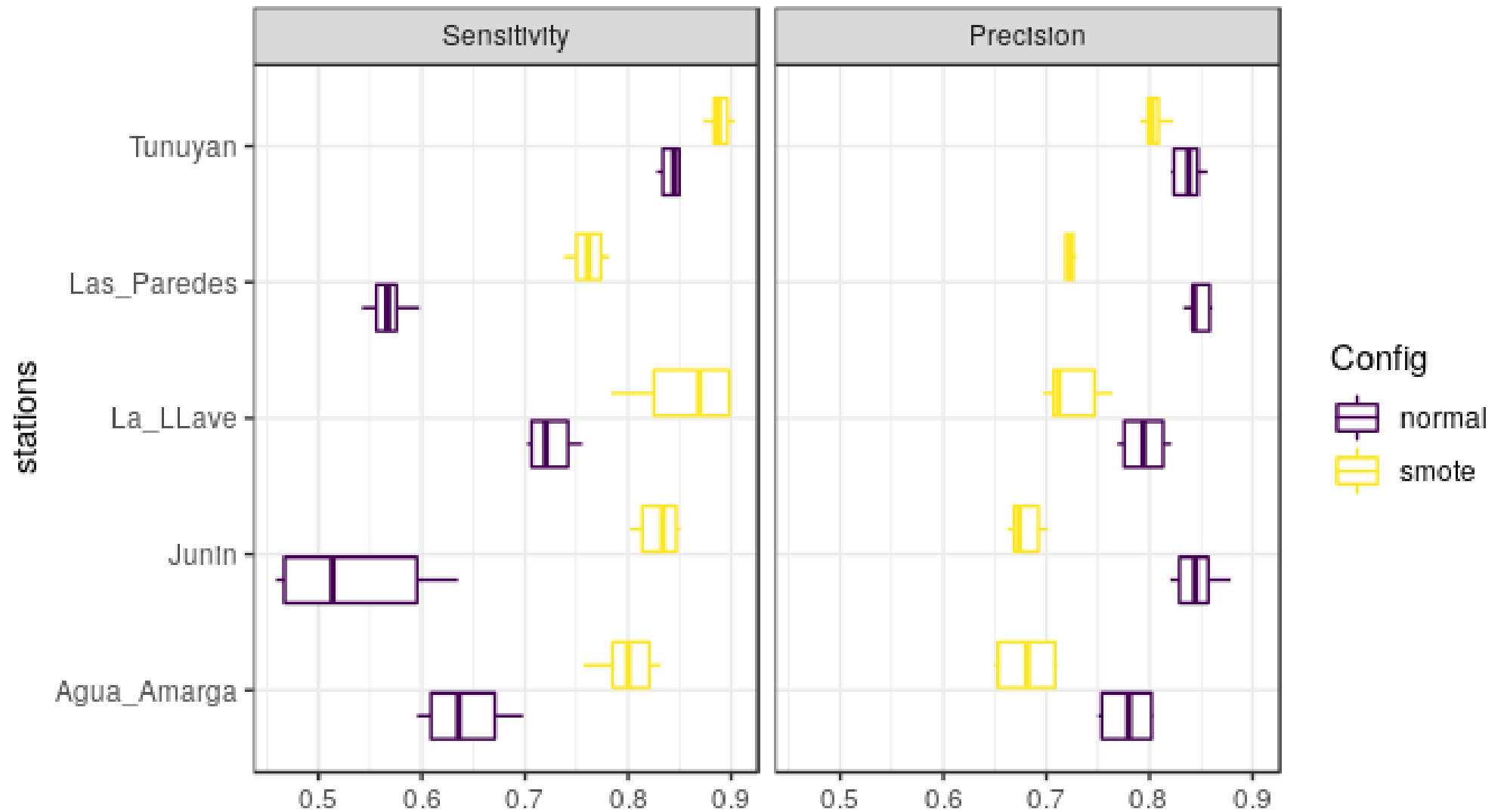
$$F1 = \frac{(1 + \beta^2) \times precision \times recall}{(\beta^2 \times precision) + recall}$$

		Actual	
		Positive	Negative
Predicted	Positive	True Positive	False Positive
	Negative	False Negative	True Negative

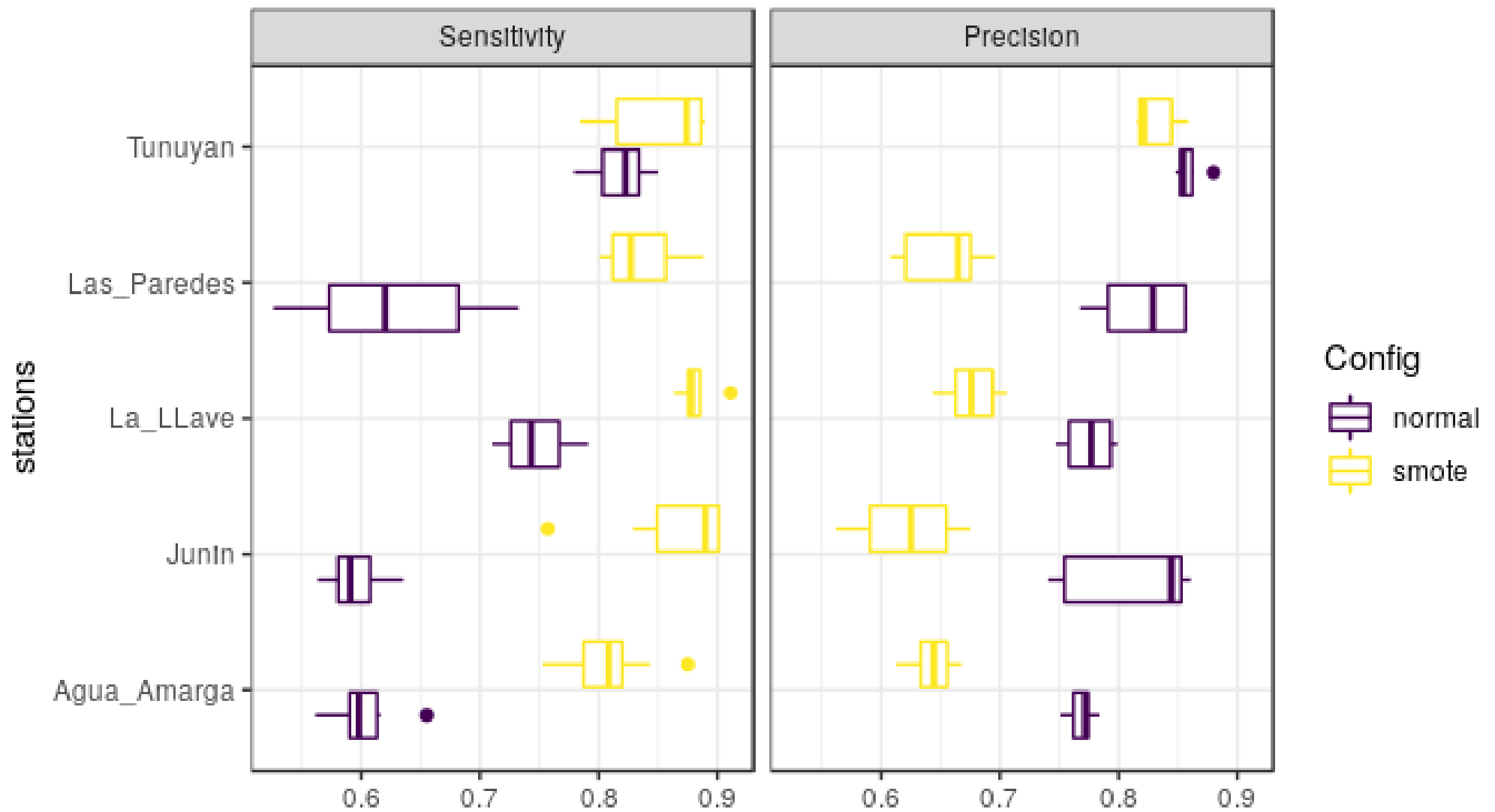
RESULTADOS



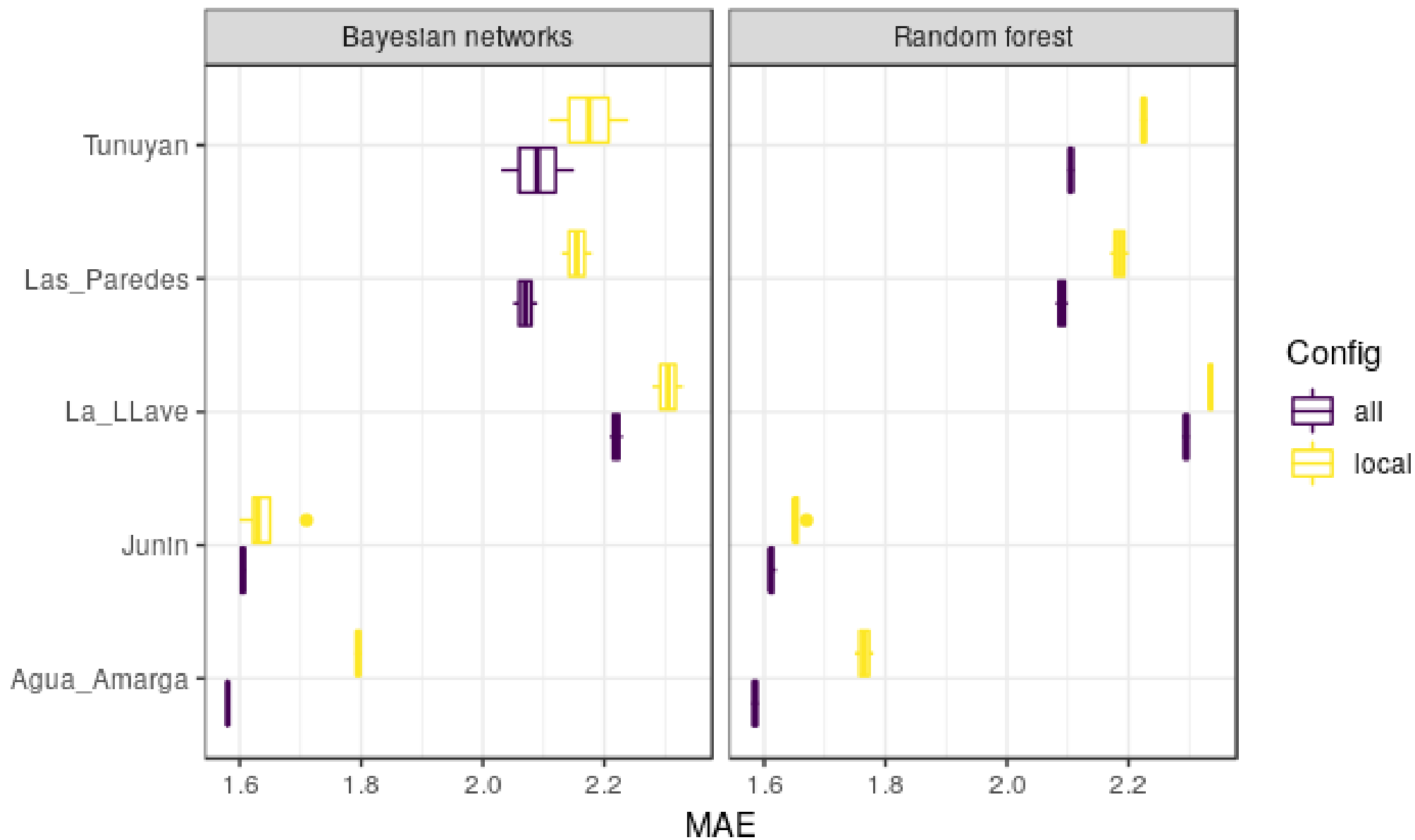
Random Forest



Logistic Regression



Regression models



¡ Muchas gracias LatinR 2019 !

Ing. Ana Laura Diedrichs
Twitter @anadiedrichs

ana.diedrichs@frm.utn.edu.ar
Web
<https://anadiedrichs.github.io/>

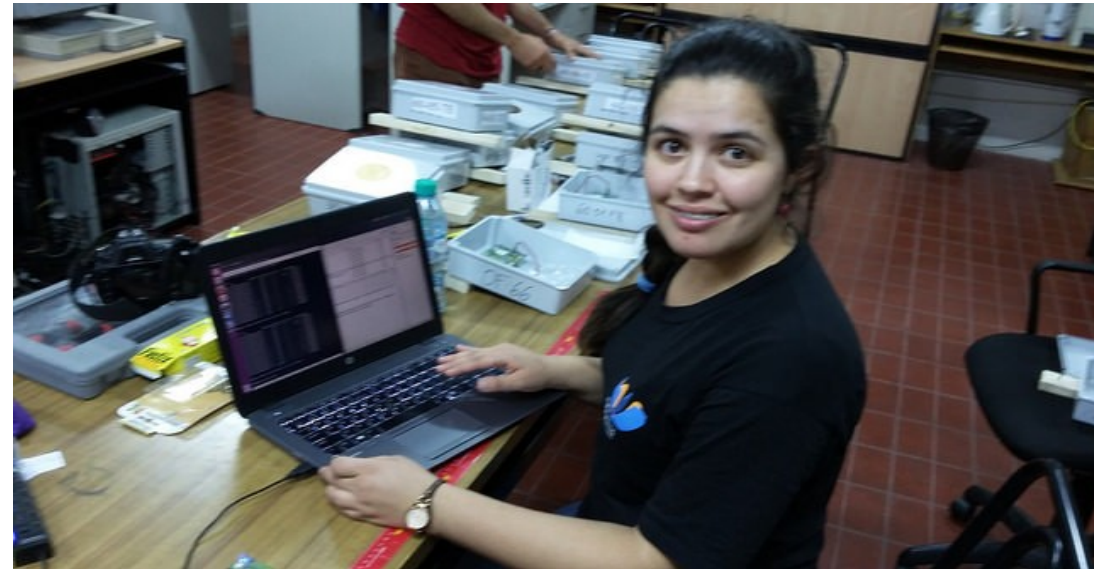
Enlaces

- * Paquete frost <https://github.com/anadiedrichs/frost>
- * Experimentos
<https://github.com/anadiedrichs/diedrichs2017prediction-frost-experiments>
- * Mi sitio web <https://anadiedrichs.github.io/>
- * Enlace al paper <https://anadiedrichs.github.io/files/publications/2018-IoT-Diedrichs.pdf>



LATINR

Conferencia Latinoamericana
sobre el uso de R
en Investigación + Desarrollo



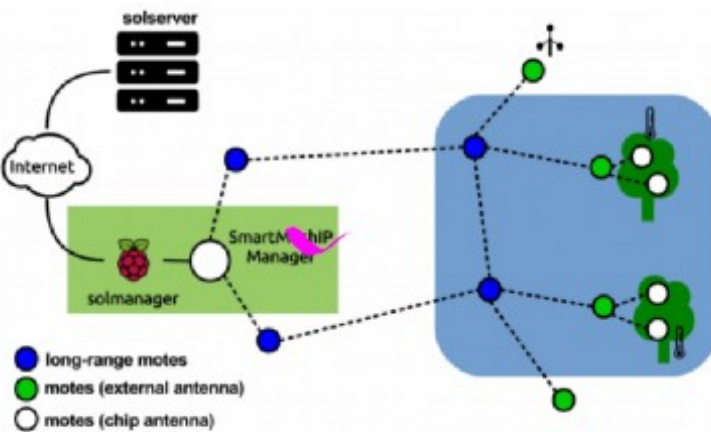
Extras – spare slides

PrEcision Agriculture through Climate research

Linear Technologies

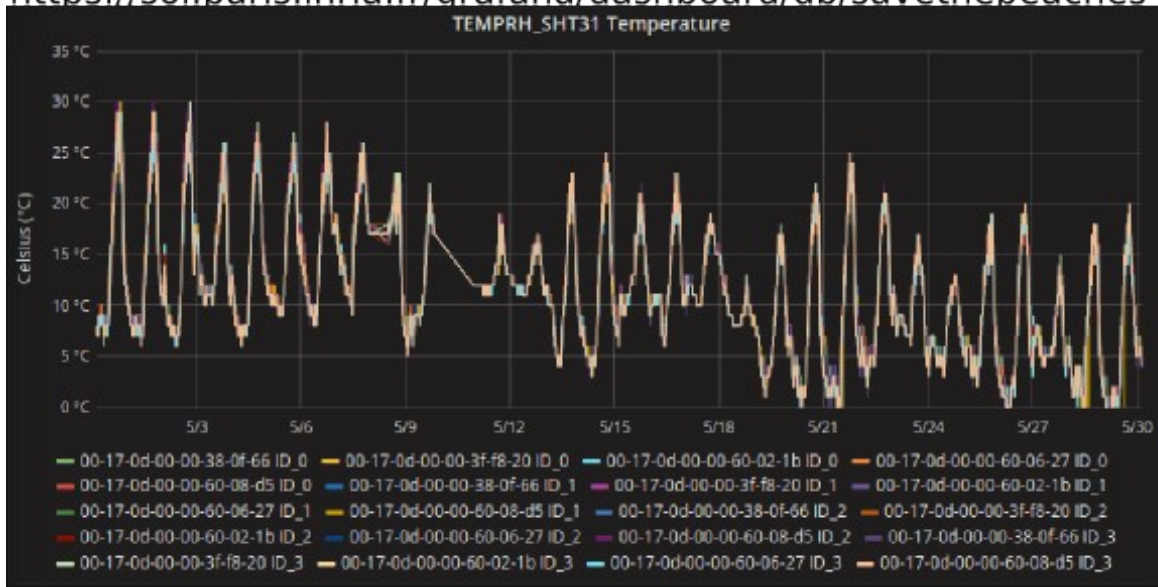


- In parallel to sensor measurements, each device produces large amounts of network statistics
- Every 15min, each device produces
 - Packet counters
 - Charge consumed
 - Battery state
 - Neighbors heard
 - Neighbors communicating with
 - Link quality
 - Etc.



The deployment architecture

<https://sol.paris.inria.fr/grafana/dashboard/db/savethepeaches>



The nodes and wireless links of the PEACH deployment

- Previous model can predict how much “frost” is going to be
But not when or at what time
- Recurrent neural networks models such as LSTM and GRU have a good performance to predict sequences.

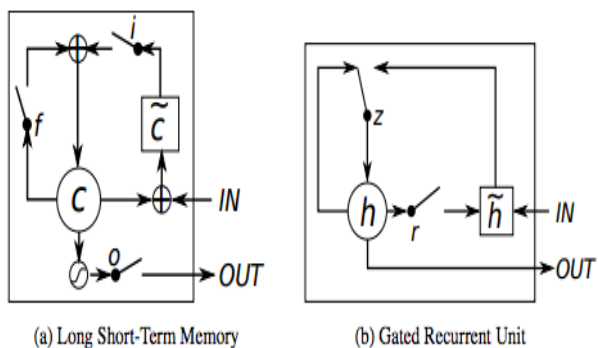
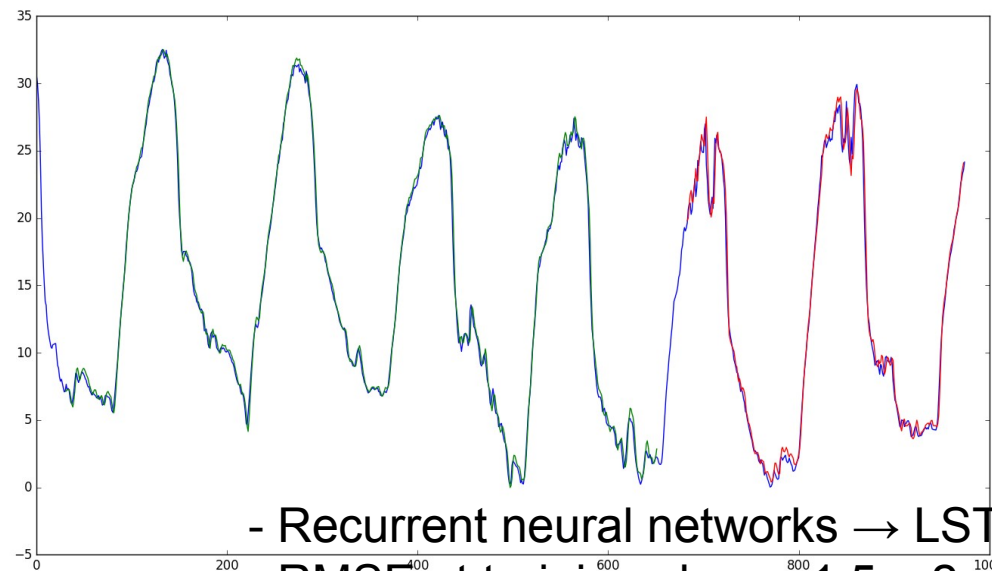
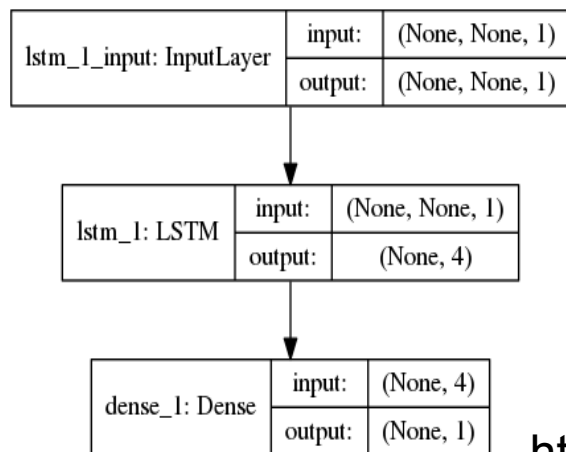
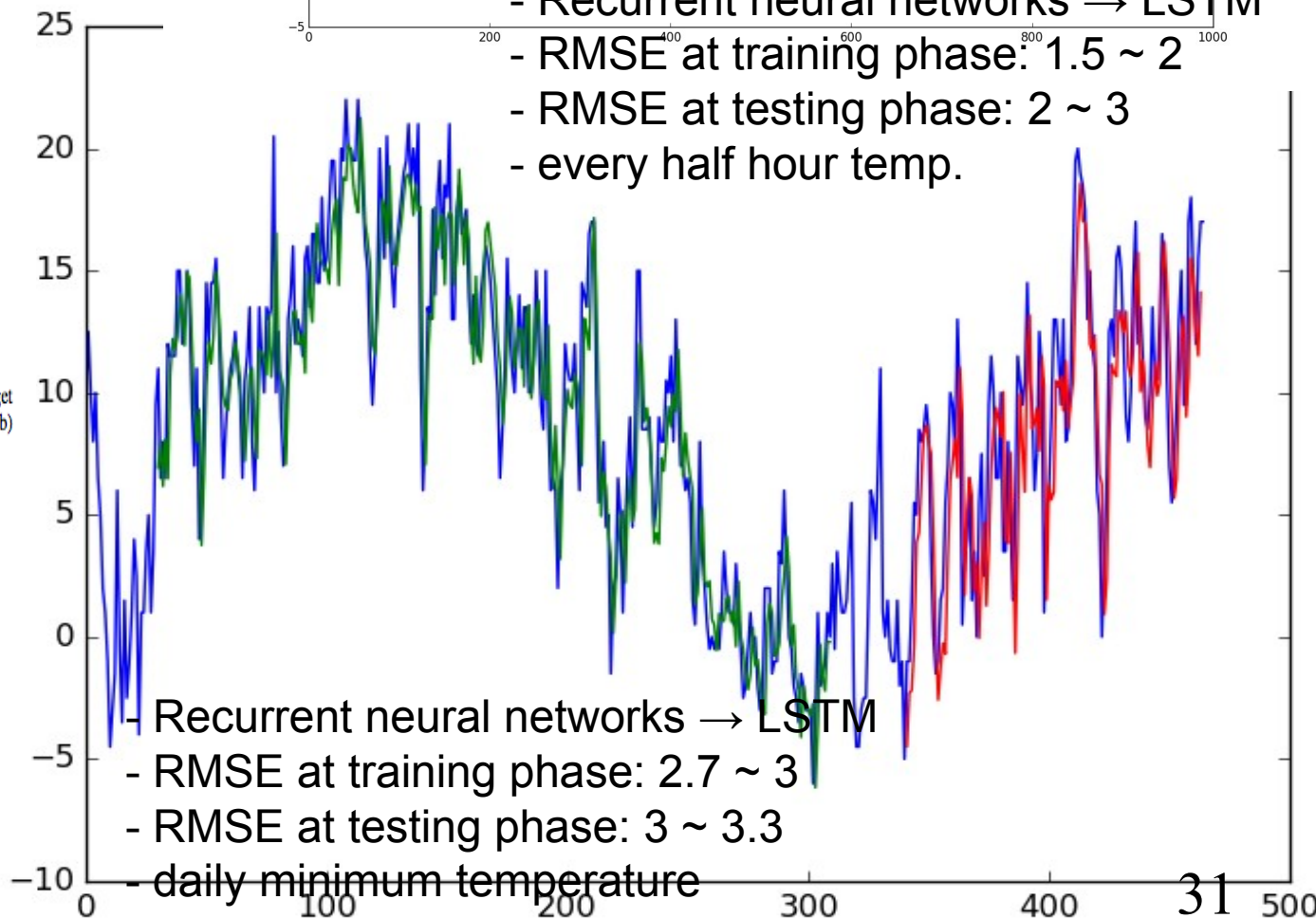


Figure 1: Illustration of (a) LSTM and (b) gated recurrent units. (a) i , f and o are the input, forget and output gates, respectively. c and \tilde{c} denote the memory cell and the new memory cell content. (b) r and z are the reset and update gates, and h and \tilde{h} are the activation and the candidate activation.



- Recurrent neural networks → LSTM
- RMSE at training phase: 1.5 ~ 2
- RMSE at testing phase: 2 ~ 3
- every half hour temp.



- Recurrent neural networks → LSTM
- RMSE at training phase: 2.7 ~ 3
- RMSE at testing phase: 3 ~ 3.3
- daily minimum temperature