



# ***Cuantificación del efecto del cambio climático en la producción de berries: antecedentes y alcances***

Rodrigo Cazanga S. Ing. Agr. M. Sc. Dr.

CERES SISTEMAS  
*Modelos para  
una agricultura  
sostenible*

Junio 2021

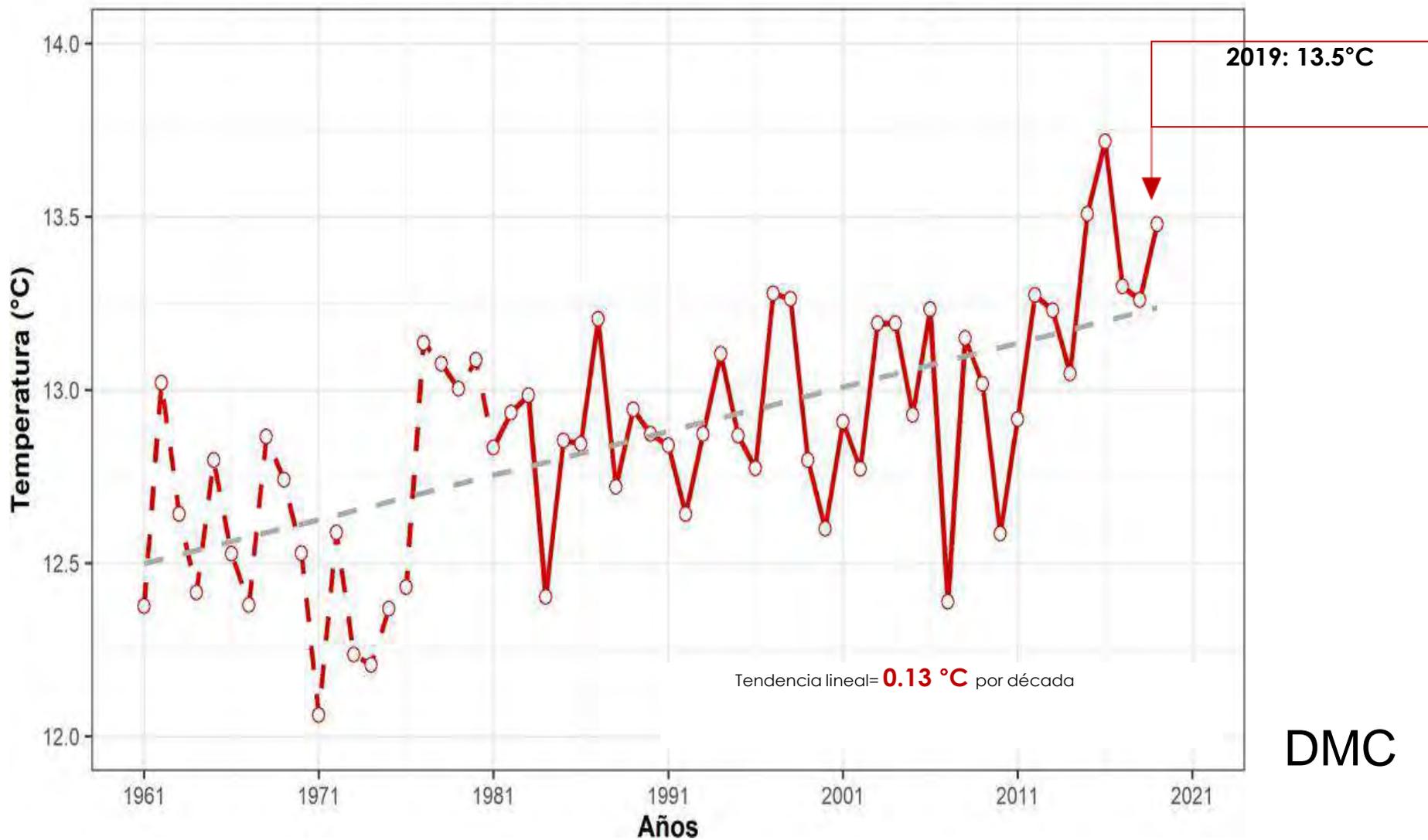
# Prefacio

- Respecto del cambio climático
- a) Podemos discutir si existe o no.
- O...
- b) Podemos hacer un ejercicio de su posible efecto en la producción de arándanos.

# Antecedentes

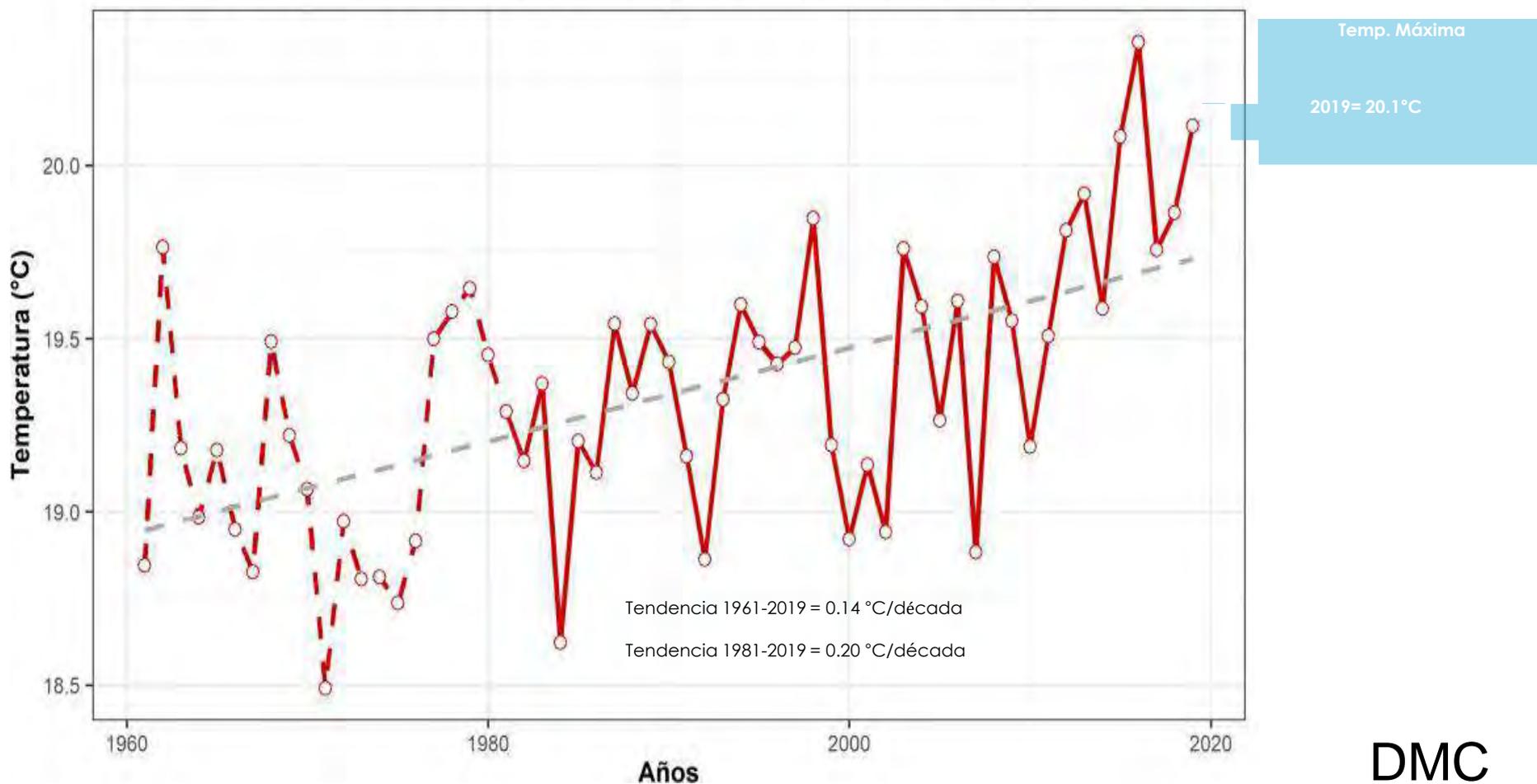
Datos:

# Evolución de la Temperatura Media - Chile

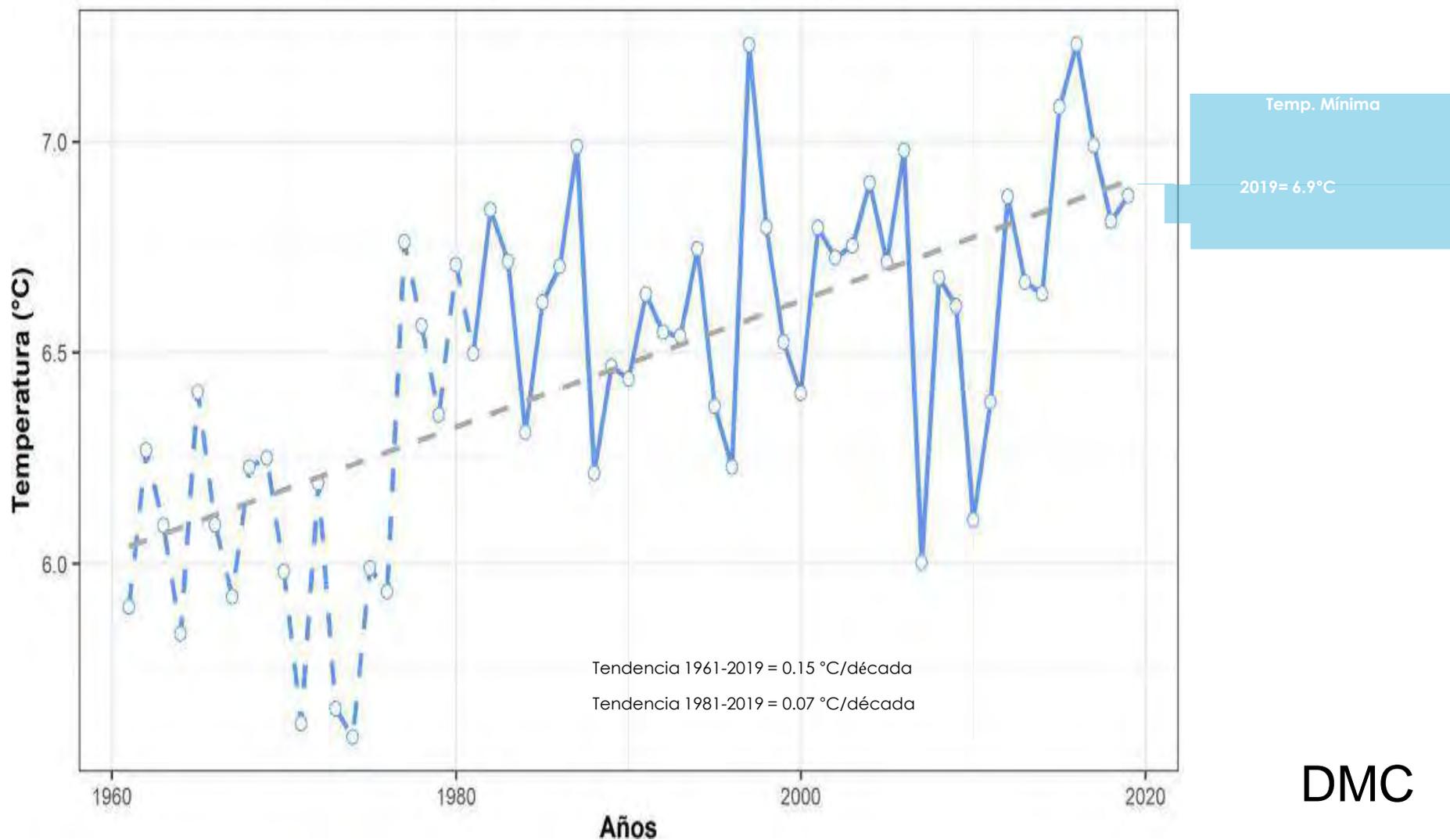


DMC

# Evolución de la Temperatura Máxima Media - Chile

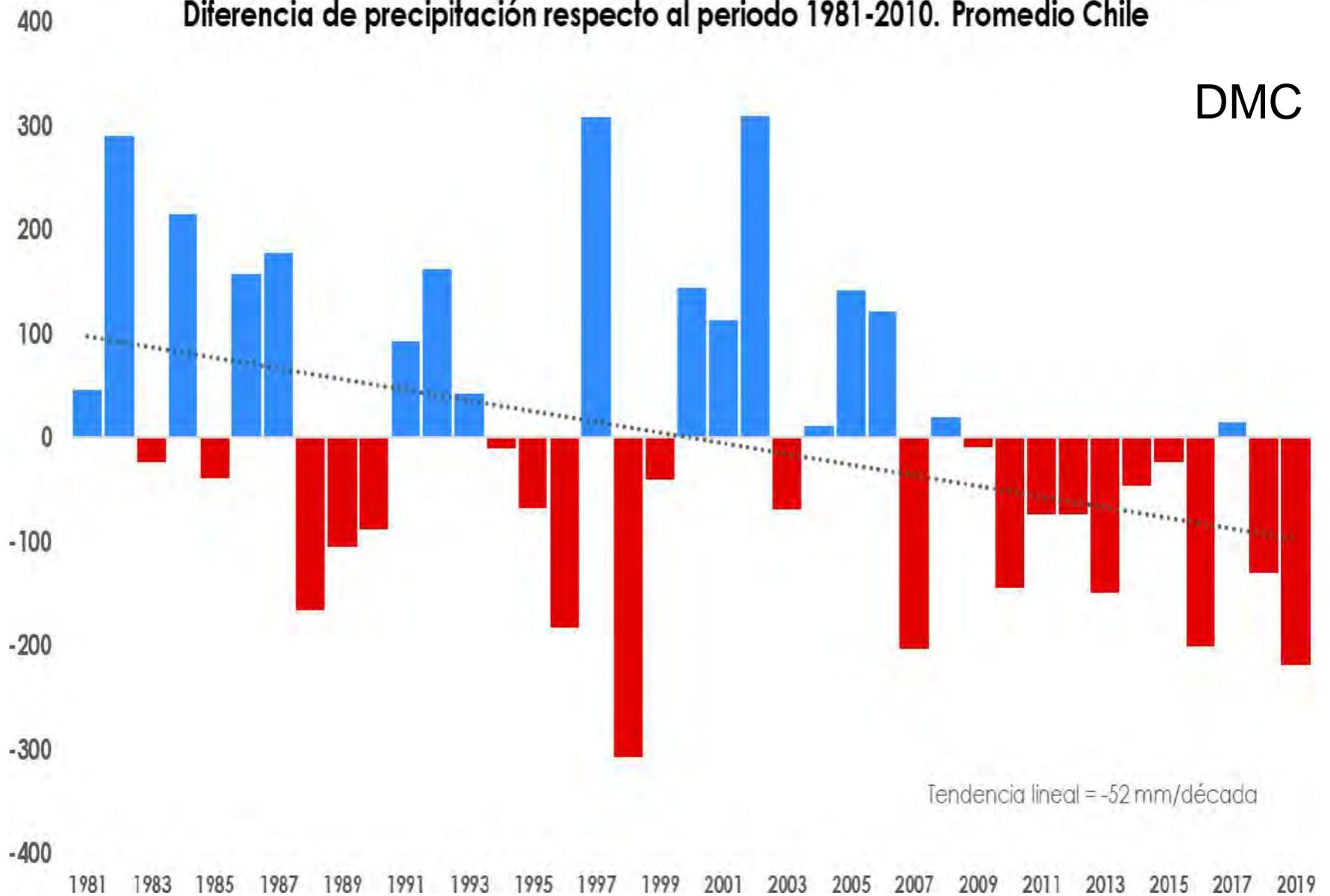


# Evolución de la Temperatura Mínima Media - Chile



# Diferencia de precipitación respecto al periodo 1981-2010. Promedio Chile

DMC



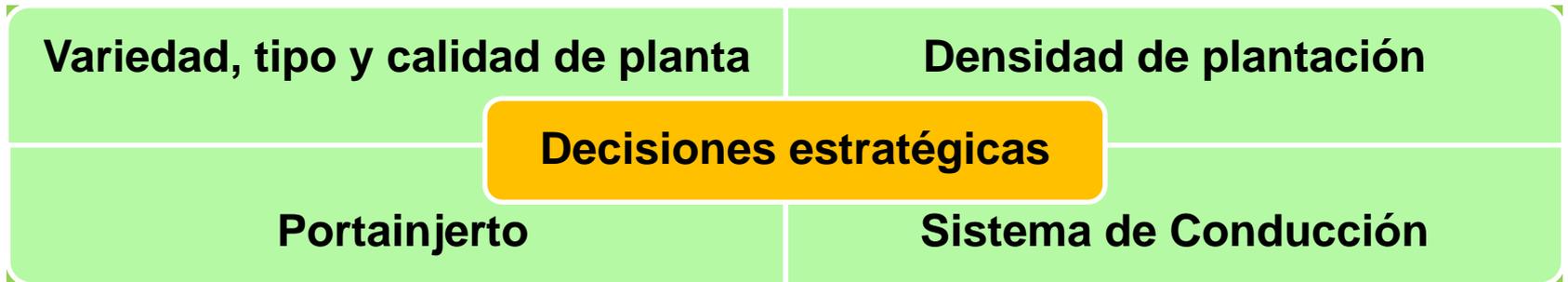
# Alcances

Entonces, aceptando que existe el Cambio Climático.

- Es importante conocer su efecto en la producción de arándanos en la región del Maule.



# Antes definiremos dos tipos de decisiones que marcarán el éxito o fracaso productivo de un productor o empresa:



# Decisiones Estratégicas

- Representan la línea a mediano y largo plazo del negocio de la empresa.
- Una vez tomadas, no hay vuelta atrás. Marcarán el éxito o fracaso del negocio.
- Deben tener un gran respaldo científico, técnico y económico.





# Decisiones Operacionales

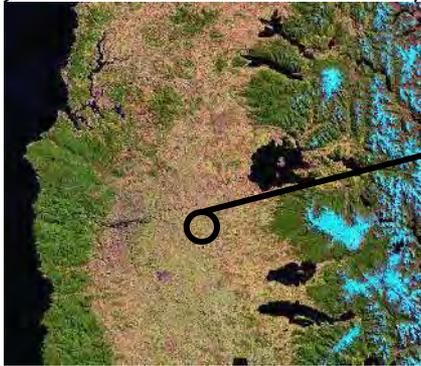
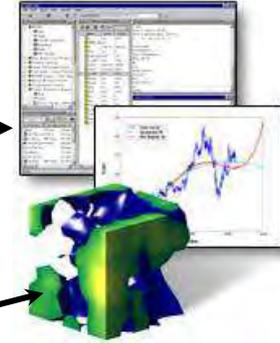
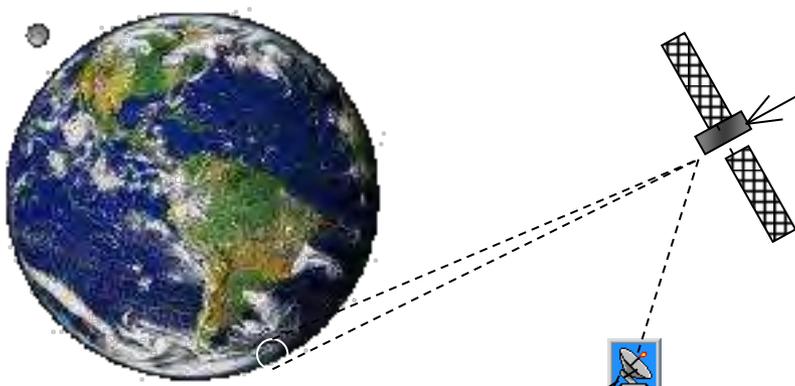
- Representan la gestión temporal de la empresa.
- Pueden ser cambiadas en el corto plazo.
- Deben tener fundamentación científica, técnica y económica actualizada, para evitar pérdidas de tiempo y costos innecesarios que afecten el crecimiento del negocio.

- En consecuencia con lo expuesto, calcularemos el efecto del cambio climático en la aptitud del territorio regional de la región del Maule, para la producción de arándanos variedad Brigitta.

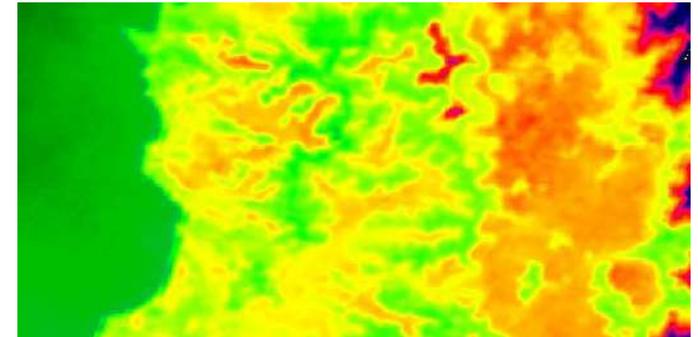
# Metodología Utilizada

- Datos climáticos propuestos por el IPCC para el escenario A2, años 2030 y 2040.
- Espacialización climática territorial.
- Requerimientos climáticos del arándano publicados en la literatura y obtenidos mediante mediciones y observaciones propias.
- Modelo Ecofisiológico de cálculo de la Aptitud Productiva.

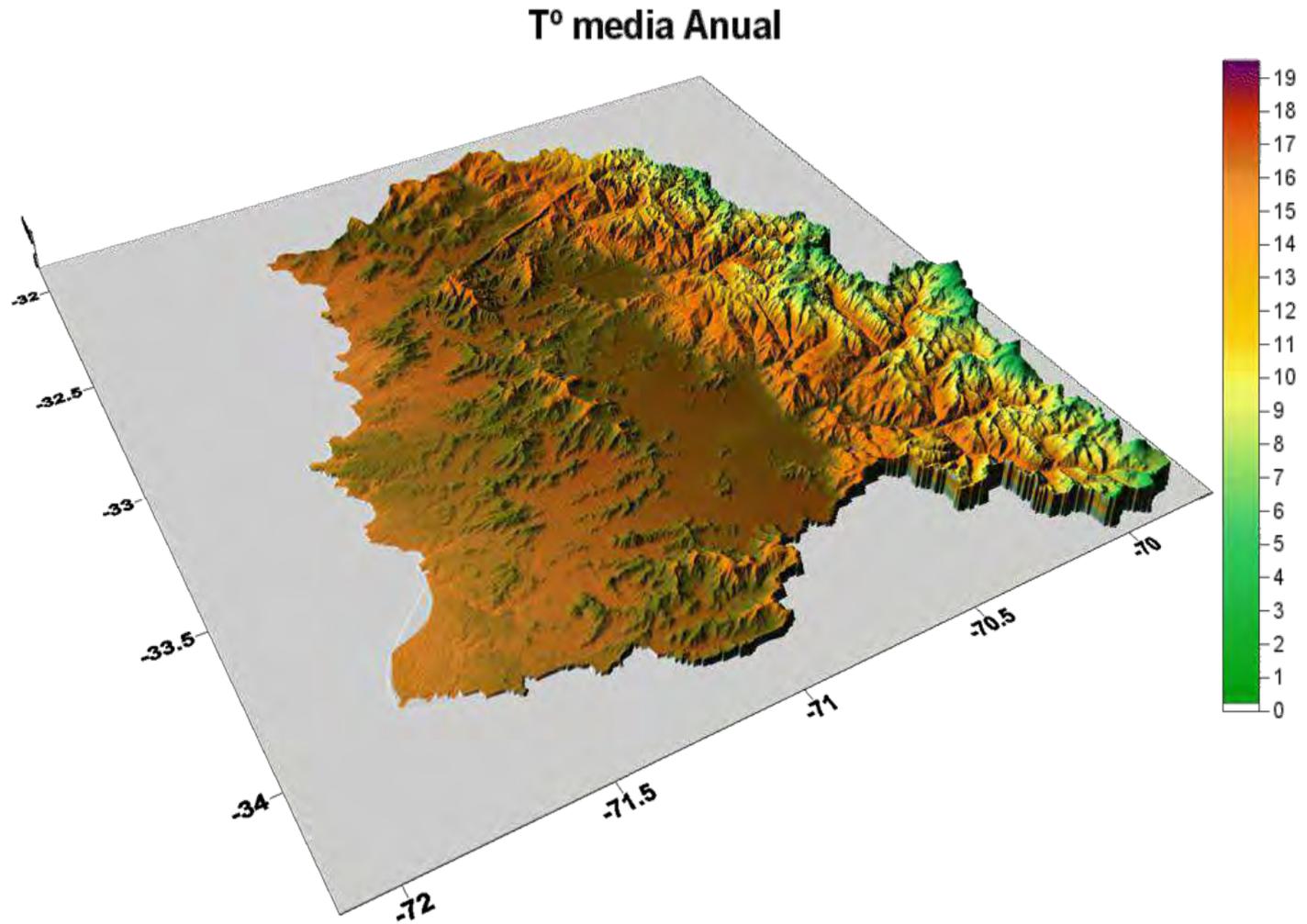
# Espacialización climática



Cartografía climática realizada a partir de registros históricos de estaciones meteorológicas, imágenes satelitales térmicas y modelos de espacialización territorial



# Ejemplo de la espacialización climática territorial de la temperatura media anual (°C)



# Requerimientos térmicos del arándano

Parámetro	Cultivar
	Brigitta
T <sup>o</sup> óptima (°C)	18-21
T <sup>o</sup> umbral (°C)	7
Suma T <sup>o</sup> (°d)	1000
Horas Frío (≤7°C)	1500
Período libre heladas (días)	180-240

Fuente: Datos propios y FAO

# Modelo Climático de Aptitud Productiva

$$APC=f(st)*f(hf)*f(hel)*f(t^0)$$

Donde:

f(st): función de la suma térmica.

f(hf): función de las horas de frío.

f(hel): función de heladas.

f(t<sup>0</sup>): función de la temperatura

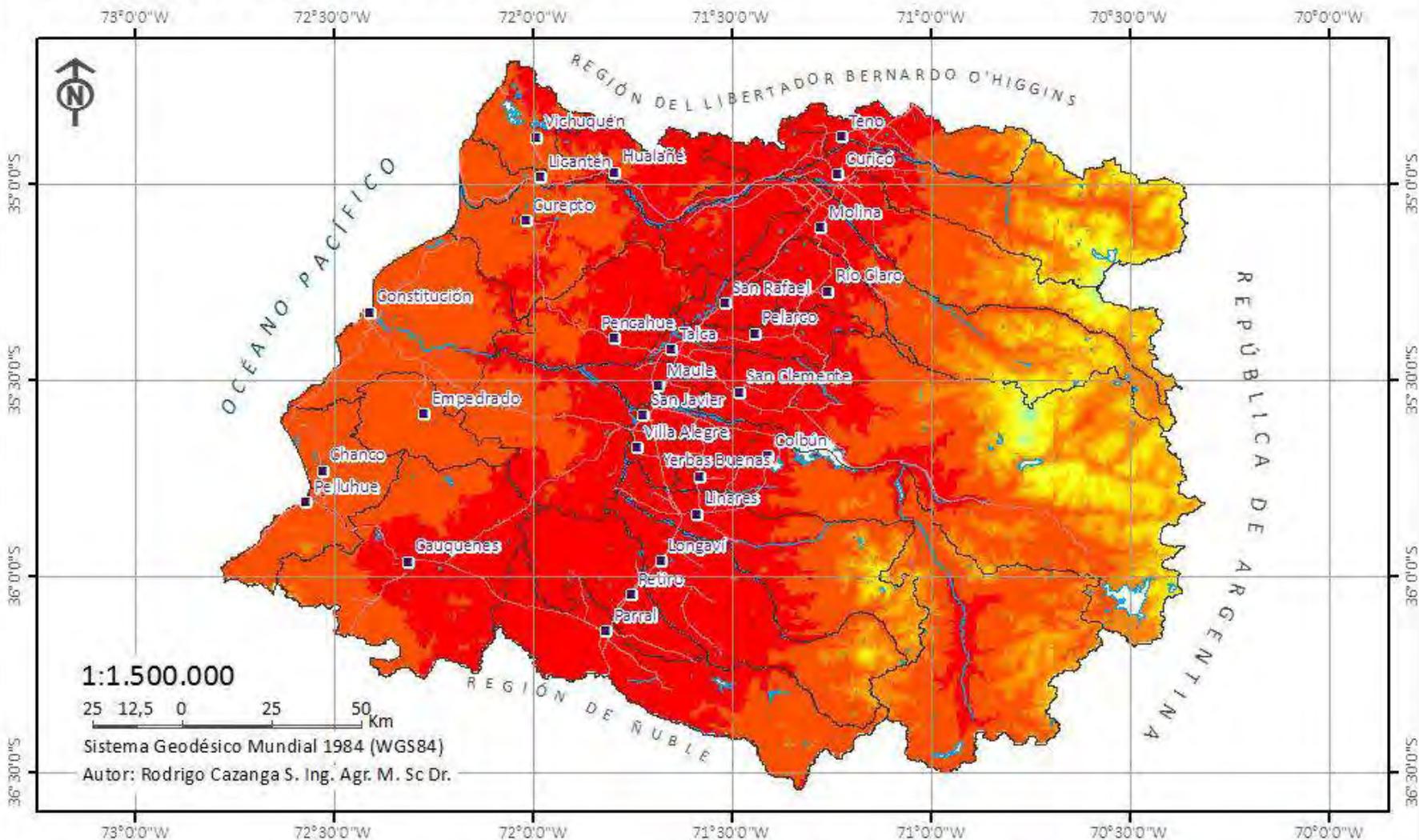
# Resultados

# Resultados 1

Estudio climático regional.

- A modo de ejemplo se presentan mapas de:
  - a) Temperatura máxima y mínima de enero y julio, bajo condiciones climáticas actuales y futuras.
  - b) Precipitaciones de enero y julio bajo condiciones climáticas actuales y futuras.

# REGIÓN DEL MAULE ENERO TEMPERATURAS MÁXIMAS MENSUALES C° ( Condiciones Climáticas Actuales )



1:1.500.000

25 12,5 0 25 50 Km

Sistema Geodésico Mundial 1984 (WGS84)

Autor: Rodrigo Cazanga S. Ing. Agr. M. Sc Dr.

## SIMBOLOGÍA

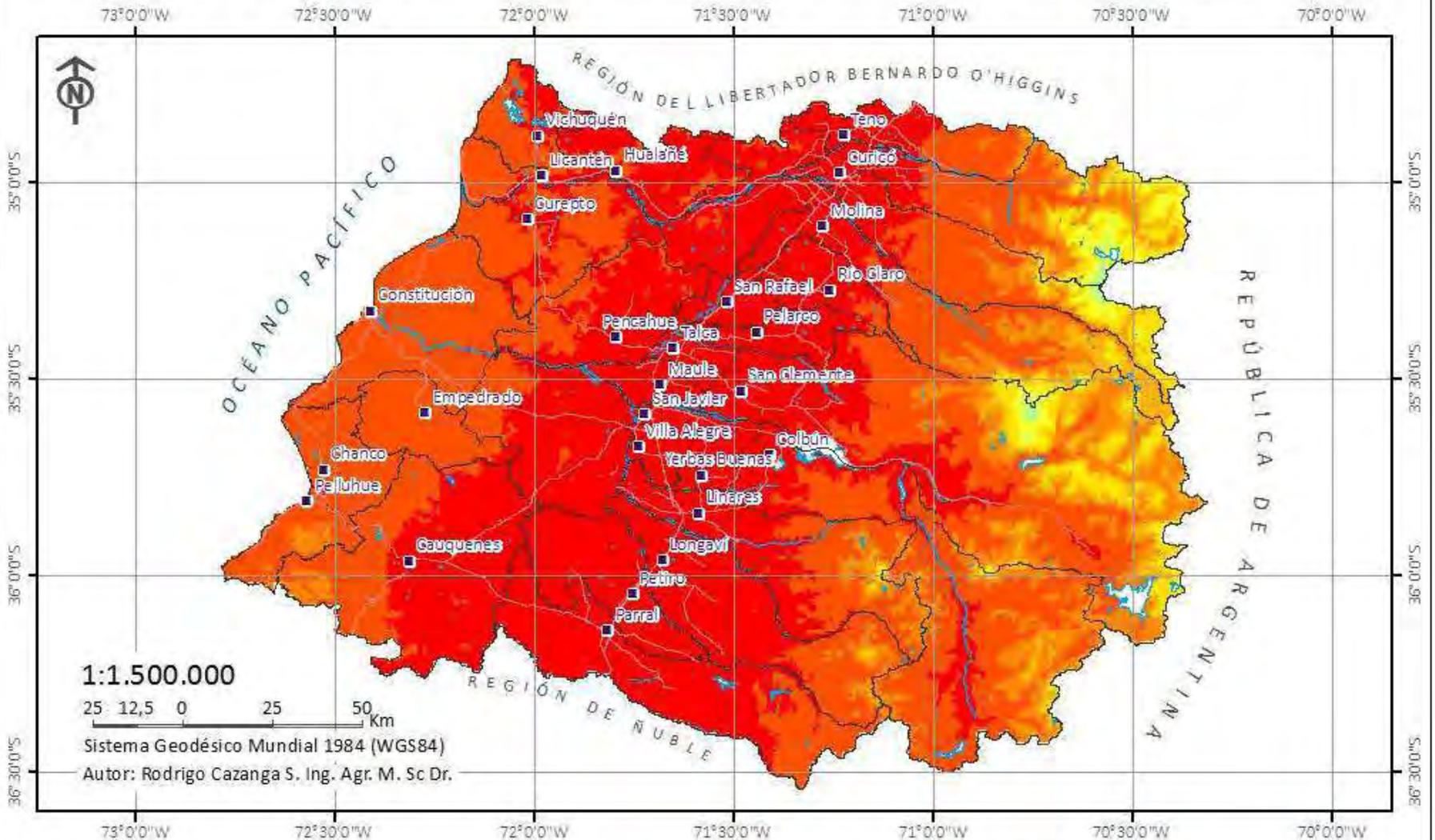
- LÍMITES COMUNALES
- CAPITALES COMUNALES
- CAMINOS PAVIMENTADOS
- CUERPOS DE AGUA

## TEMPERATURAS MÁXIMAS MENSUALES ( C° )



- 30,1 - 36,0
- 24,1 - 30,0
- 21,1 - 24,0
- 19,1 - 21,0
- 16,1 - 19,0
- 13,1 - 16,0
- 10,1 - 13,0
- 7,1 - 10,0
- 4,1 - 7,0
- 2,1 - 4,0
- 0,1 - 2,0
- 1,9 - 0,0
- 3,9 - -2,0
- 7,9 - -4,0
- 8,0

# REGIÓN DEL MAULE ENERO TEMPERATURAS MÁXIMAS MENSUALES C° (Condiciones Climáticas Futuras Escenario A2 2030)



1:1.500.000

25 12,5 0 25 50 Km

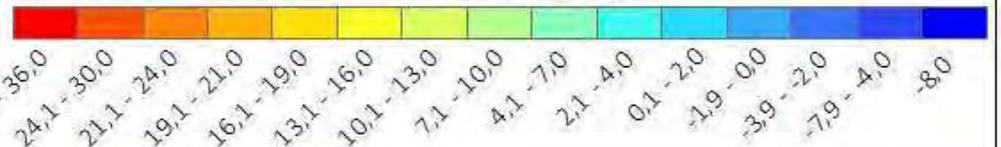
Sistema Geodésico Mundial 1984 (WGS84)

Autor: Rodrigo Cazanga S. Ing. Agr. M. Sc Dr.

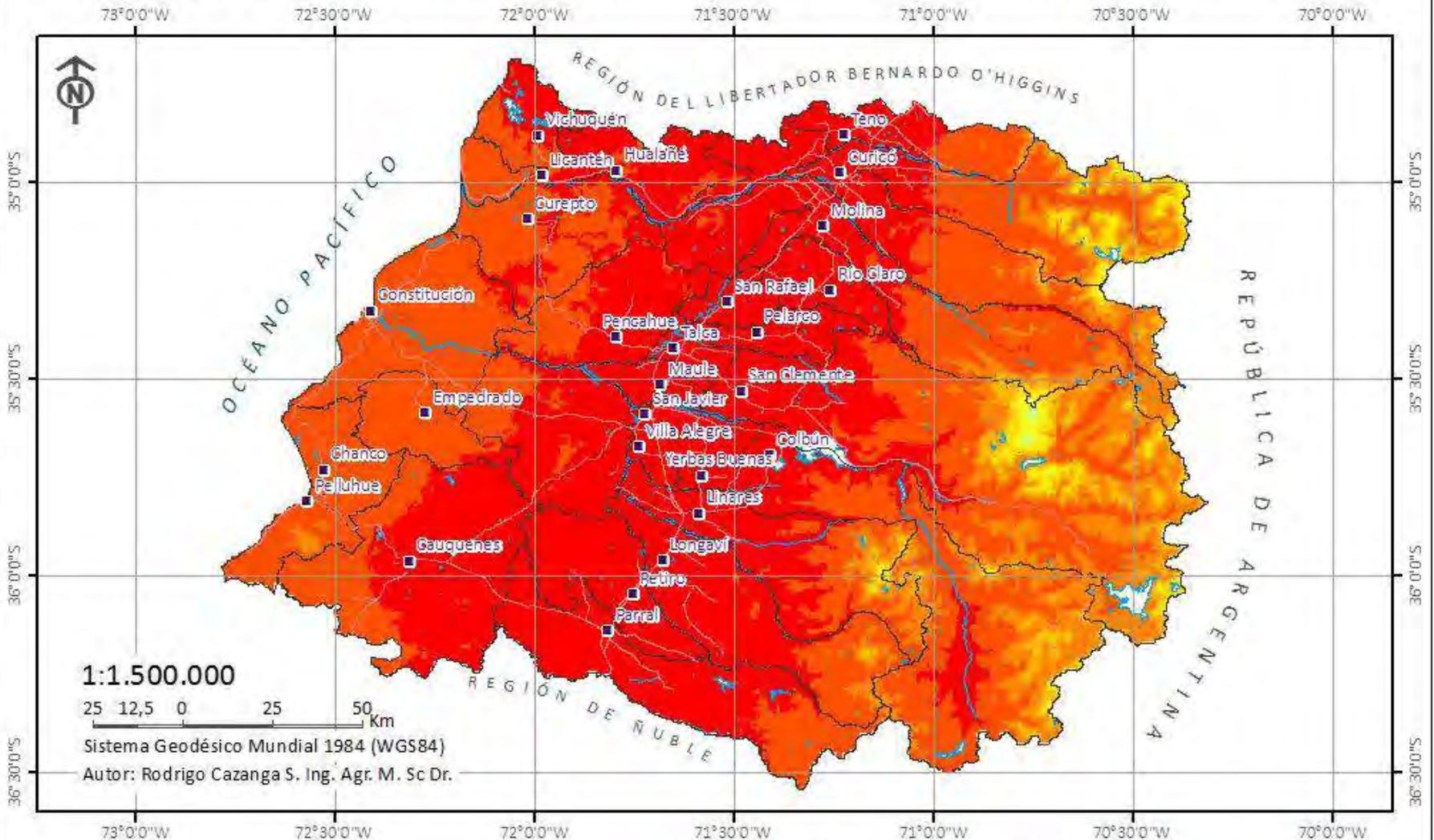
## SIMBOLOGÍA

- LÍMITES COMUNALES
- CAMINOS PAVIMENTADOS
- CAPITALES COMUNALES
- CUERPOS DE AGUA

## TEMPERATURAS MÁXIMAS MENSUALES ( C° )



# REGIÓN DEL MAULE ENERO TEMPERATURAS MÁXIMAS MENSUALES C° (Condiciones Climáticas Futuras Escenario A2 2040)



1:1.500.000

25 12,5 0 25 50 Km

Sistema Geodésico Mundial 1984 (WGS84)

Autor: Rodrigo Cazanga S. Ing. Agr. M. Sc Dr.

## SIMBOLOGÍA

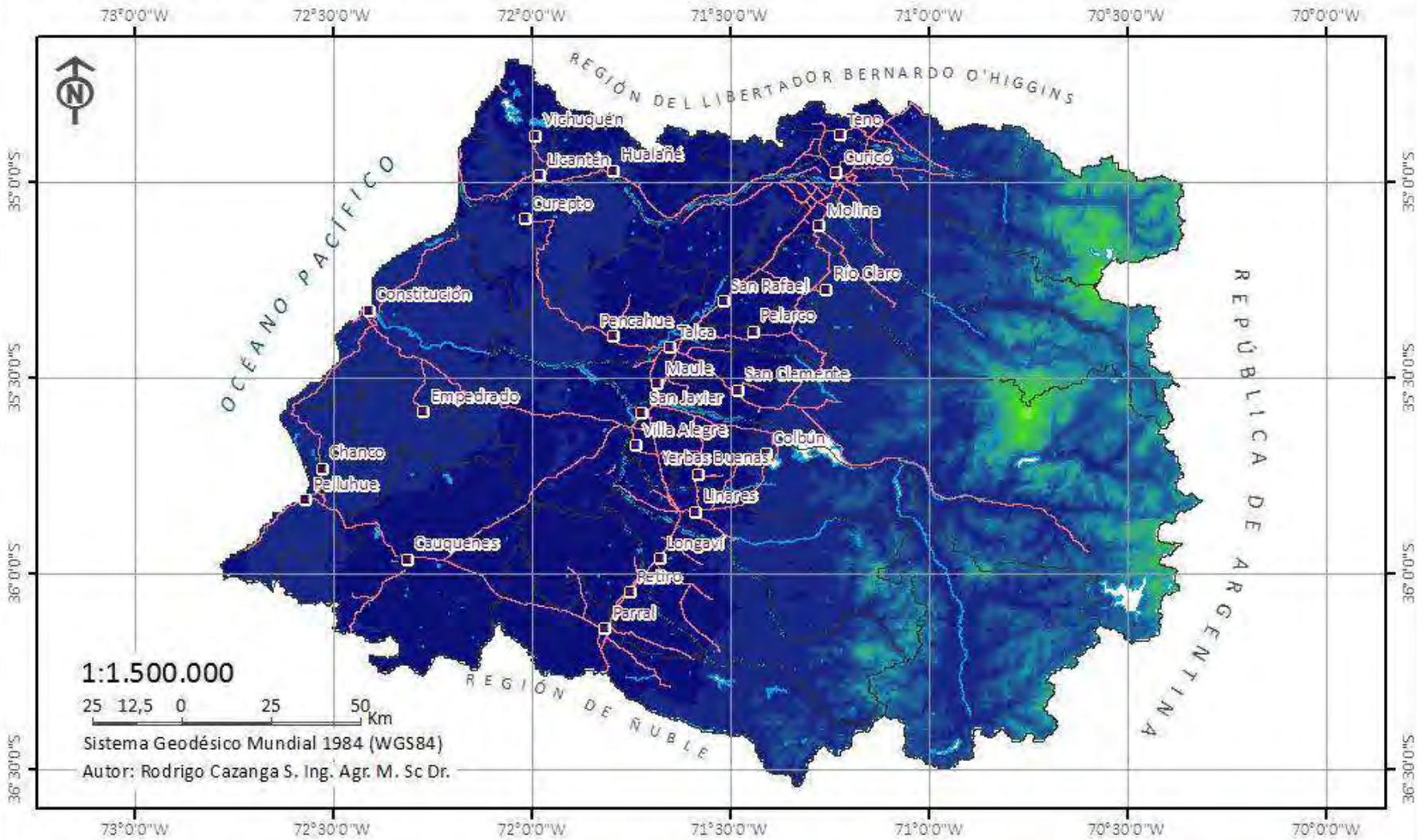
- LÍMITES COMUNALES
- CAPITALES COMUNALES
- CAMINOS PAVIMENTADOS
- CUERPOS DE AGUA

## TEMPERATURAS MÁXIMAS MENSUALES ( C° )



- 30,1 - 36,0
- 24,1 - 30,0
- 21,1 - 24,0
- 19,1 - 21,0
- 16,1 - 19,0
- 13,1 - 16,0
- 10,1 - 13,0
- 7,1 - 10,0
- 4,1 - 7,0
- 2,1 - 4,0
- 0,1 - 2,0
- 1,9 - 0,0
- 3,9 - -2,0
- 7,9 - -4,0
- 8,0

# REGIÓN DEL MAULE ENERO TEMPERATURAS MÍNIMAS MENSUALES C° (Condiciones Climáticas Actuales)



1:1.500.000

25 12,5 0 25 50 Km

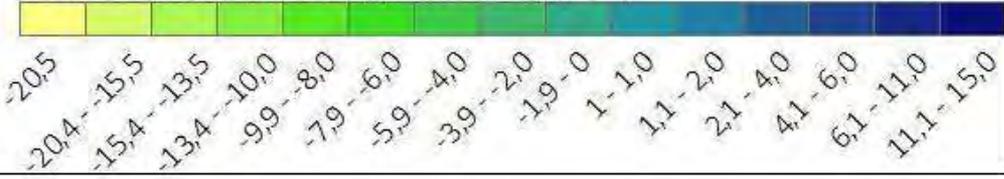
Sistema Geodésico Mundial 1984 (WGS84)

Autor: Rodrigo Cazanga S. Ing. Agr. M. Sc Dr.

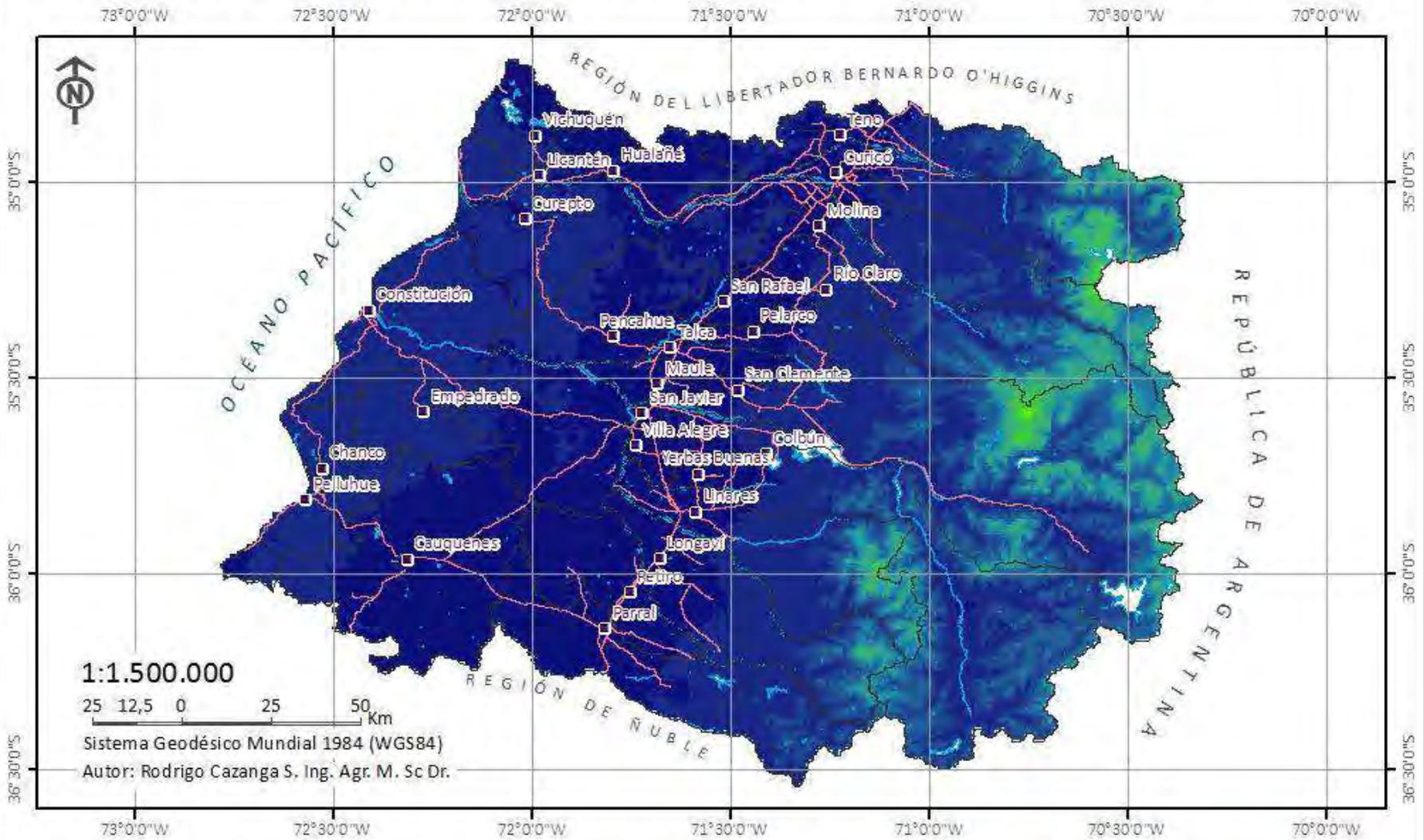
## SIMBOLOGÍA

- LÍMITES COMUNALES
- CAPITALES COMUNALES
- CAMINOS PAVIMENTADOS
- CUERPOS DE AGUA

## TEMPERATURAS MÍNIMAS MENSUALES ( C° )



# REGIÓN DEL MAULE ENERO TEMPERATURAS MÍNIMAS MENSUALES C° ( Condiciones Climáticas Futuras Escenario A2 2030 )



1:1.500.000

25 12,5 0 25 50 Km

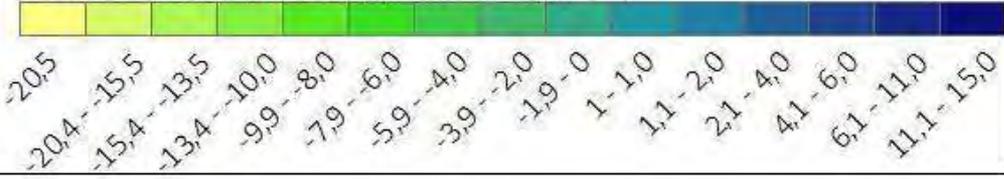
Sistema Geodésico Mundial 1984 (WGS84)

Autor: Rodrigo Cazanga S. Ing. Agr. M. Sc Dr.

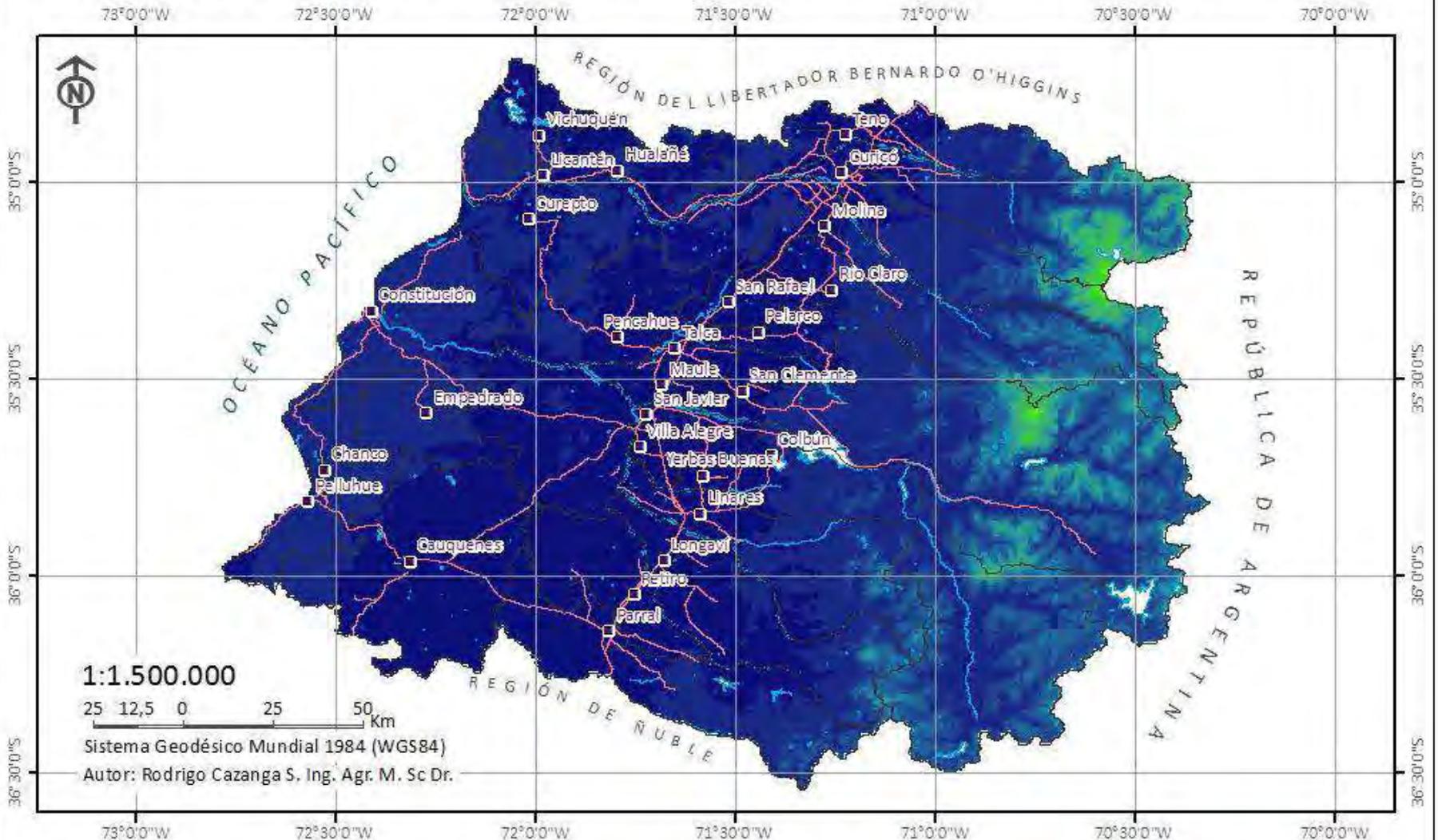
## SIMBOLOGÍA

- LÍMITES COMUNALES
- CAPITALES COMUNALES
- CAMINOS PAVIMENTADOS
- CUERPOS DE AGUA

## TEMPERATURAS MÍNIMAS MENSUALES ( C° )



# REGIÓN DEL MAULE ENERO TEMPERATURAS MÍNIMAS MENSUALES C° ( Condiciones Climáticas Futuras Escenario A2 2040 )



1:1.500.000

25 12,5 0 25 50 Km

Sistema Geodésico Mundial 1984 (WGS84)

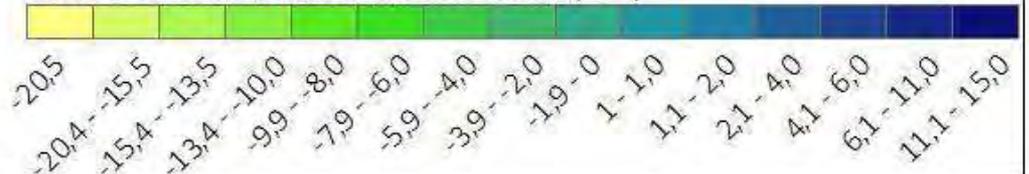
Autor: Rodrigo Cazanga S. Ing. Agr. M. Sc Dr.

## SIMBOLOGÍA

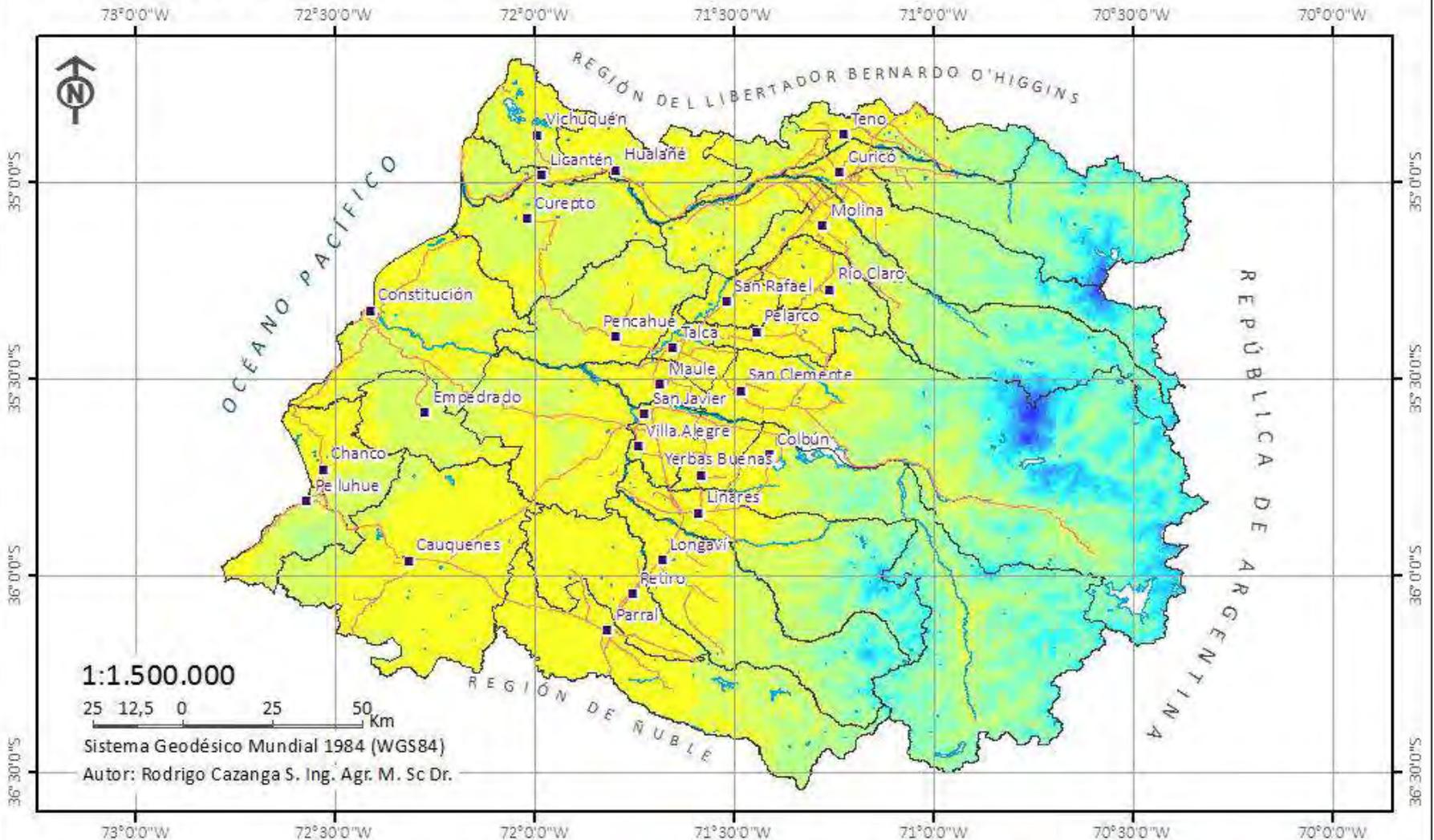
- LÍMITES COMUNALES
- CAPITALES COMUNALES
- CAMINOS PAVIMENTADOS
- CUERPOS DE AGUA

CERES SISTEMAS - [www.cazangaagronomia.com](http://www.cazangaagronomia.com) - 2021.

## TEMPERATURAS MÍNIMAS MENSUALES ( C° )



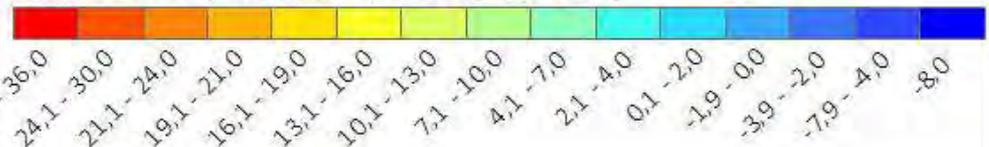
# REGIÓN DEL MAULE JULIO TEMPERATURAS MÁXIMAS MENSUALES C° ( Condiciones Climáticas Actuales )



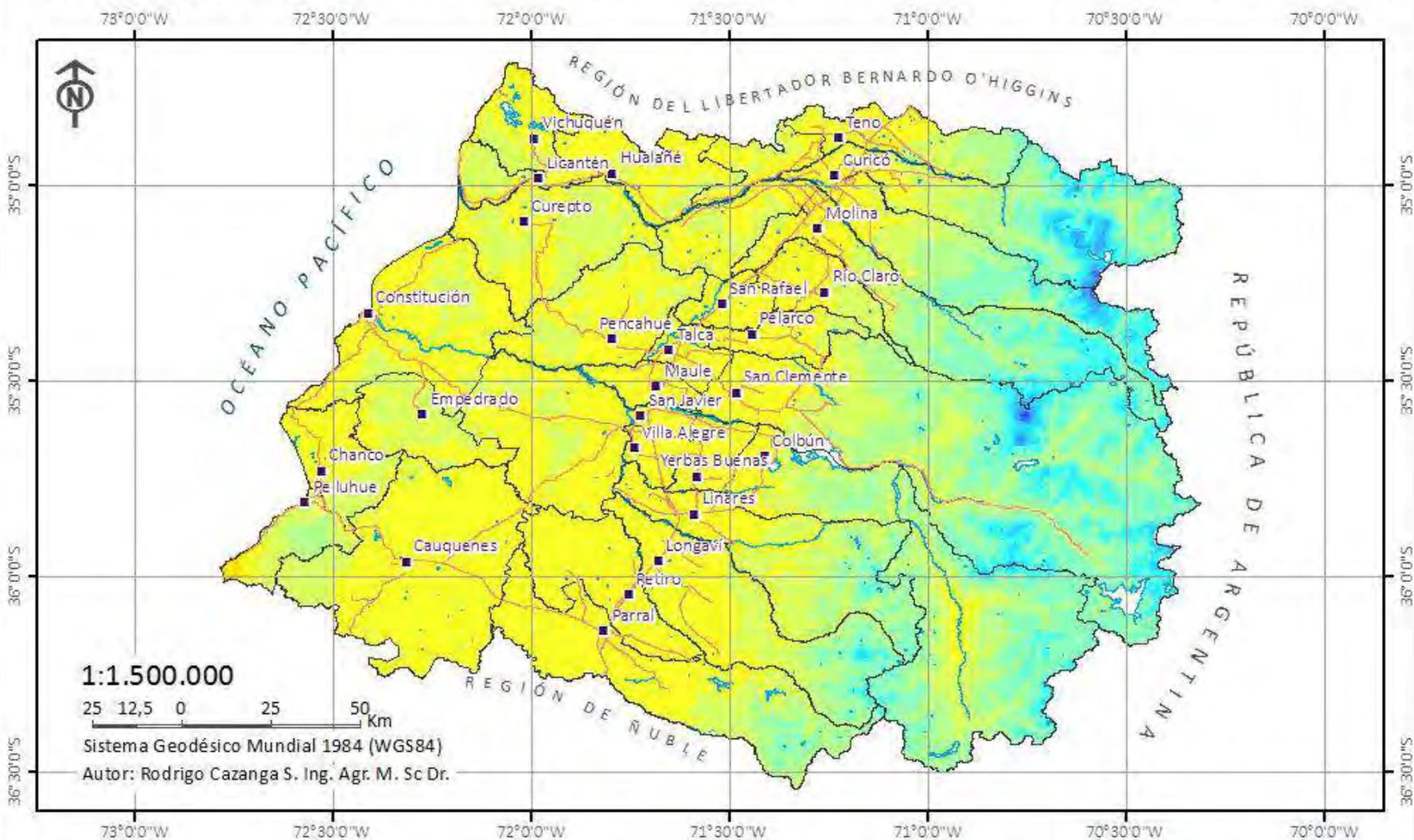
## SIMBOLOGÍA

- LÍMITES COMUNALES
- CAPITALES COMUNALES
- CAMINOS PAVIMENTADOS
- CUERPOS DE AGUA

## TEMPERATURAS MÁXIMAS MENSUALES ( C° )



# REGIÓN DEL MAULE JULIO TEMPERATURAS MÁXIMAS MENSUALES C° (Condiciones Climáticas Futuras Escenario A2 2030)



1:1.500.000

25 12,5 0 25 50 Km

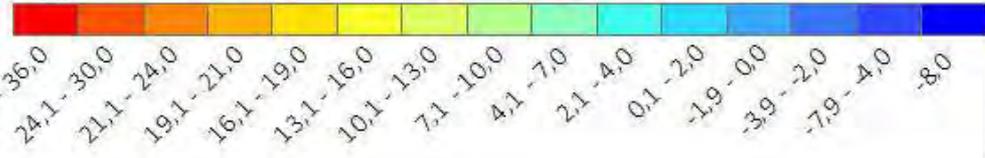
Sistema Geodésico Mundial 1984 (WGS84)

Autor: Rodrigo Cazanga S. Ing. Agr. M. Sc Dr.

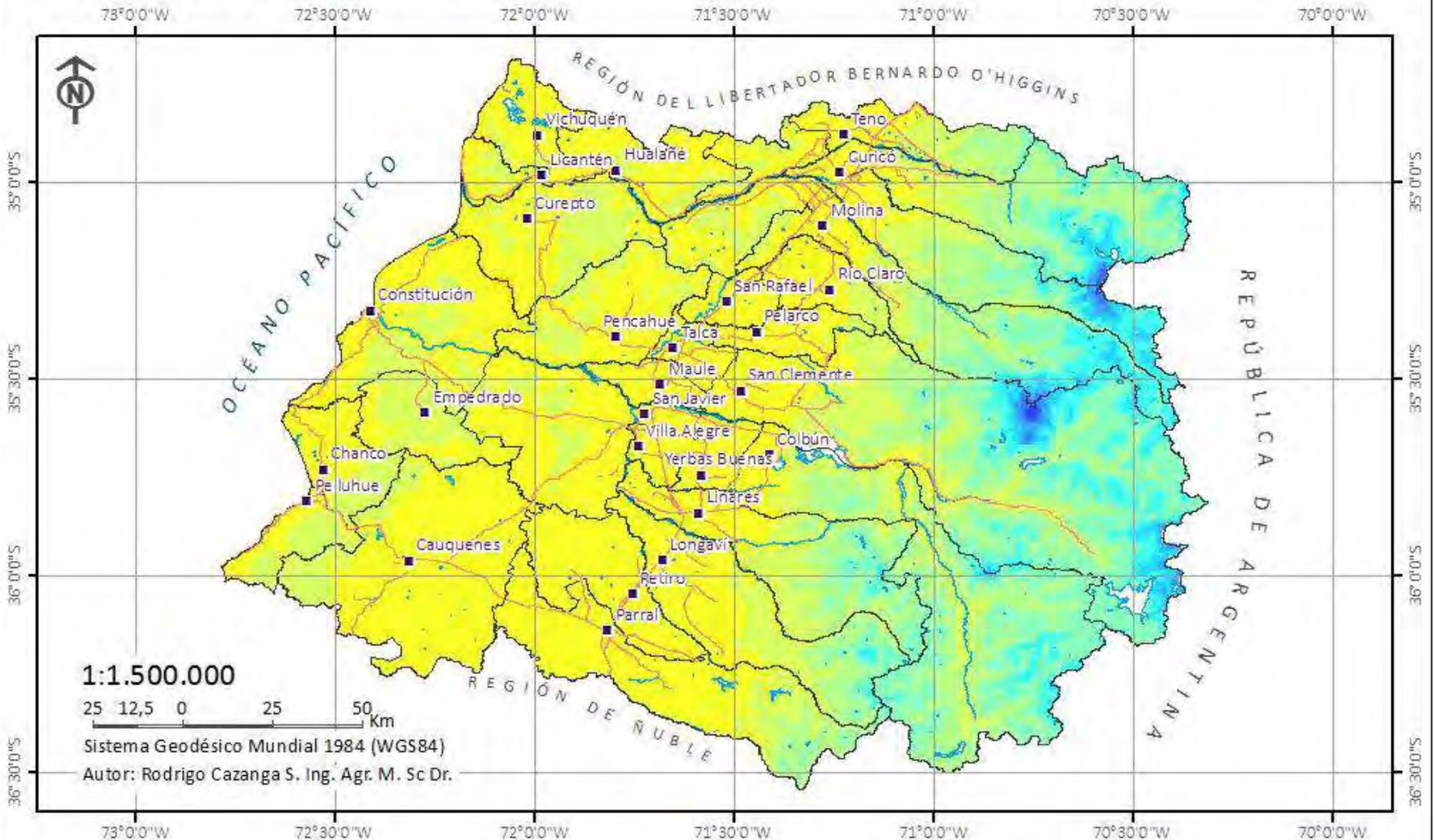
## SIMBOLOGÍA

- LÍMITES COMUNALES
- CAPITALES COMUNALES
- CAMINOS PAVIMENTADOS
- CUERPOS DE AGUA

## TEMPERATURAS MÁXIMAS MENSUALES ( C° )



# REGIÓN DEL MAULE JULIO TEMPERATURAS MÁXIMAS MENSUALES C° (Condiciones Climáticas Futuras Escenario A2 2040)



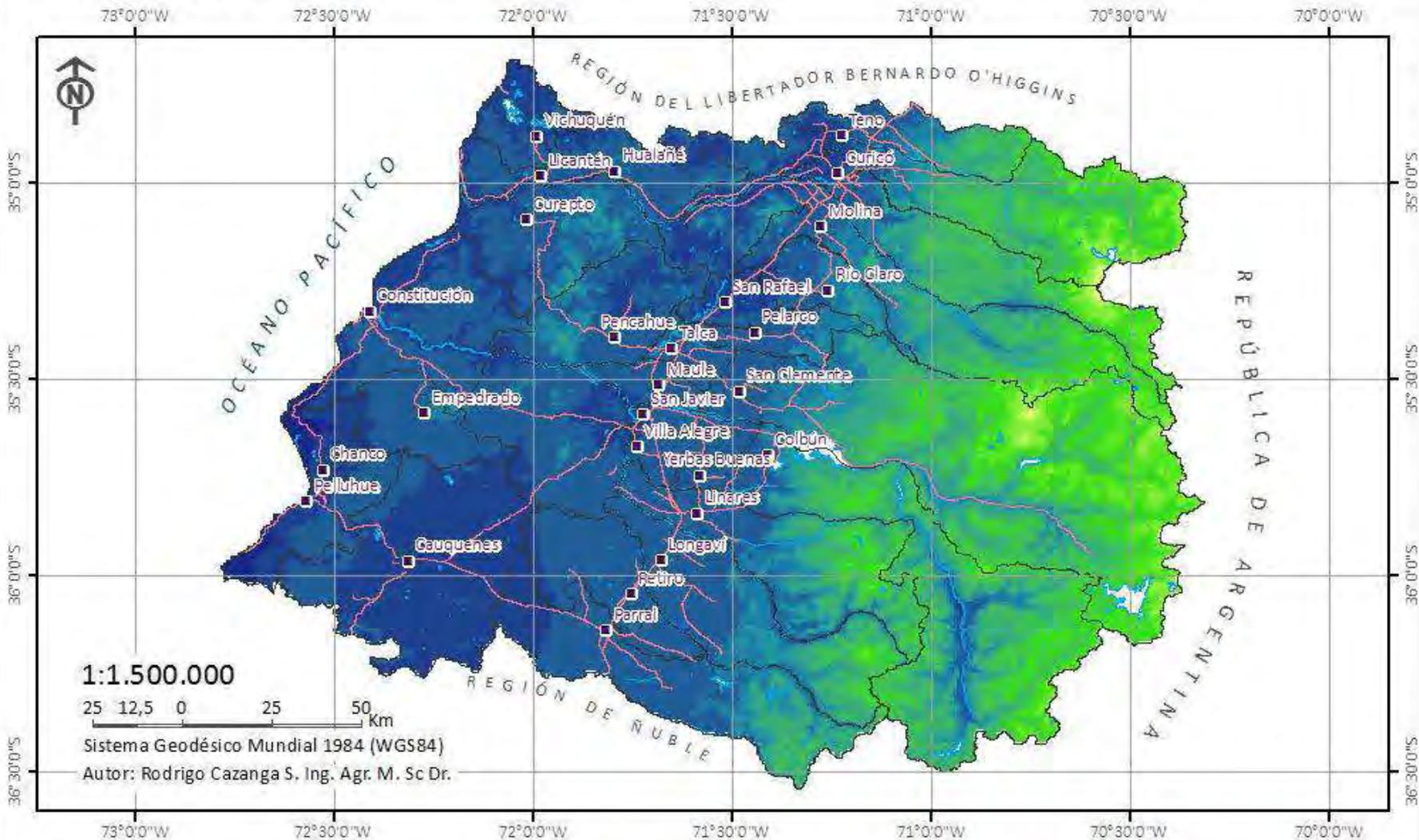
## SIMBOLOGÍA

- LÍMITES COMUNALES
- CAPITALES COMUNALES
- CAMINOS PAVIMENTADOS
- CUERPOS DE AGUA

## TEMPERATURAS MÁXIMAS MENSUALES ( C° )



# REGIÓN DEL MAULE JULIO TEMPERATURAS MÍNIMAS MENSUALES C° (Condiciones Climáticas Actuales)



1:1.500.000

25 12,5 0 25 50 Km

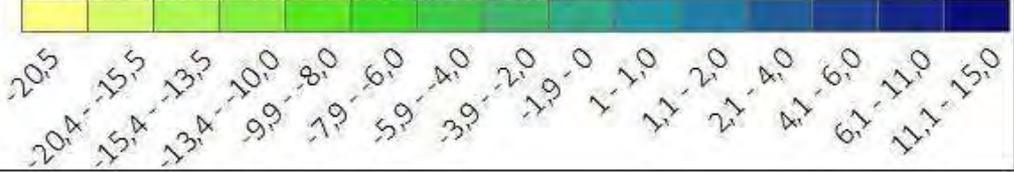
Sistema Geodésico Mundial 1984 (WGS84)

Autor: Rodrigo Cazanga S. Ing. Agr. M. Sc Dr.

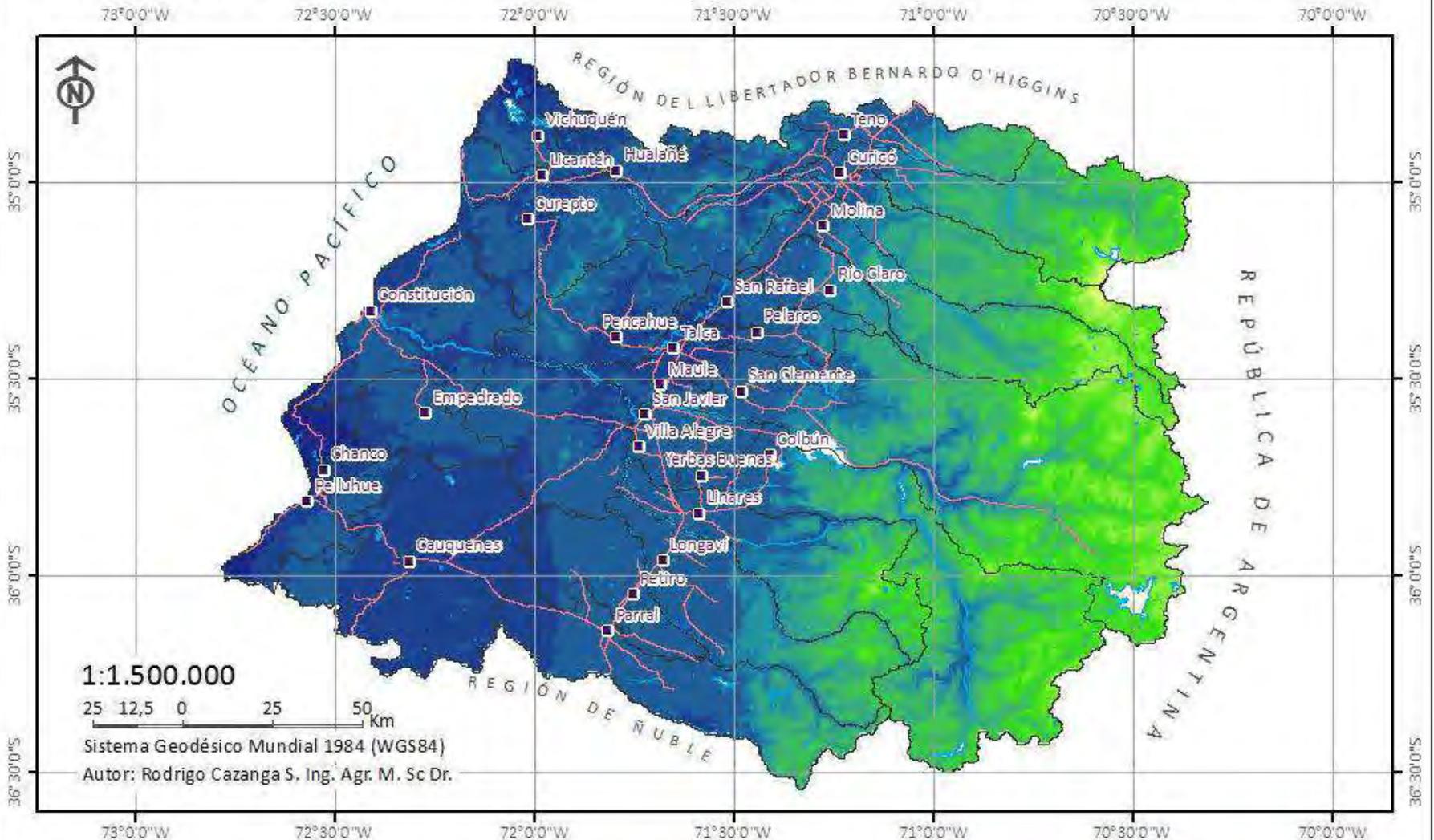
## SIMBOLOGÍA

- LÍMITES COMUNALES
- CAMINOS PAVIMENTADOS
- CAPITALES COMUNALES
- CUERPOS DE AGUA

## TEMPERATURAS MÍNIMAS MENSUALES ( C° )



# REGIÓN DEL MAULE JULIO TEMPERATURAS MÍNIMAS MENSUALES C° ( Condiciones Climáticas Futuras Escenario A2 2030)



1:1.500.000

25 12,5 0 25 50 Km

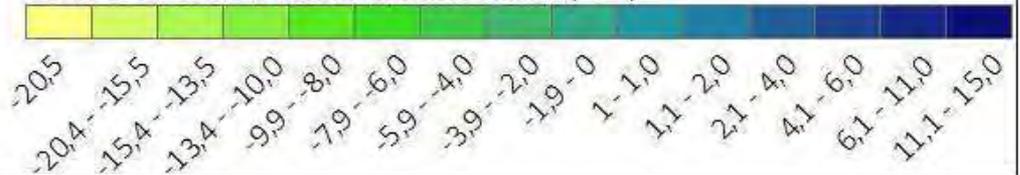
Sistema Geodésico Mundial 1984 (WGS84)

Autor: Rodrigo Cazanga S. Ing. Agr. M. Sc Dr.

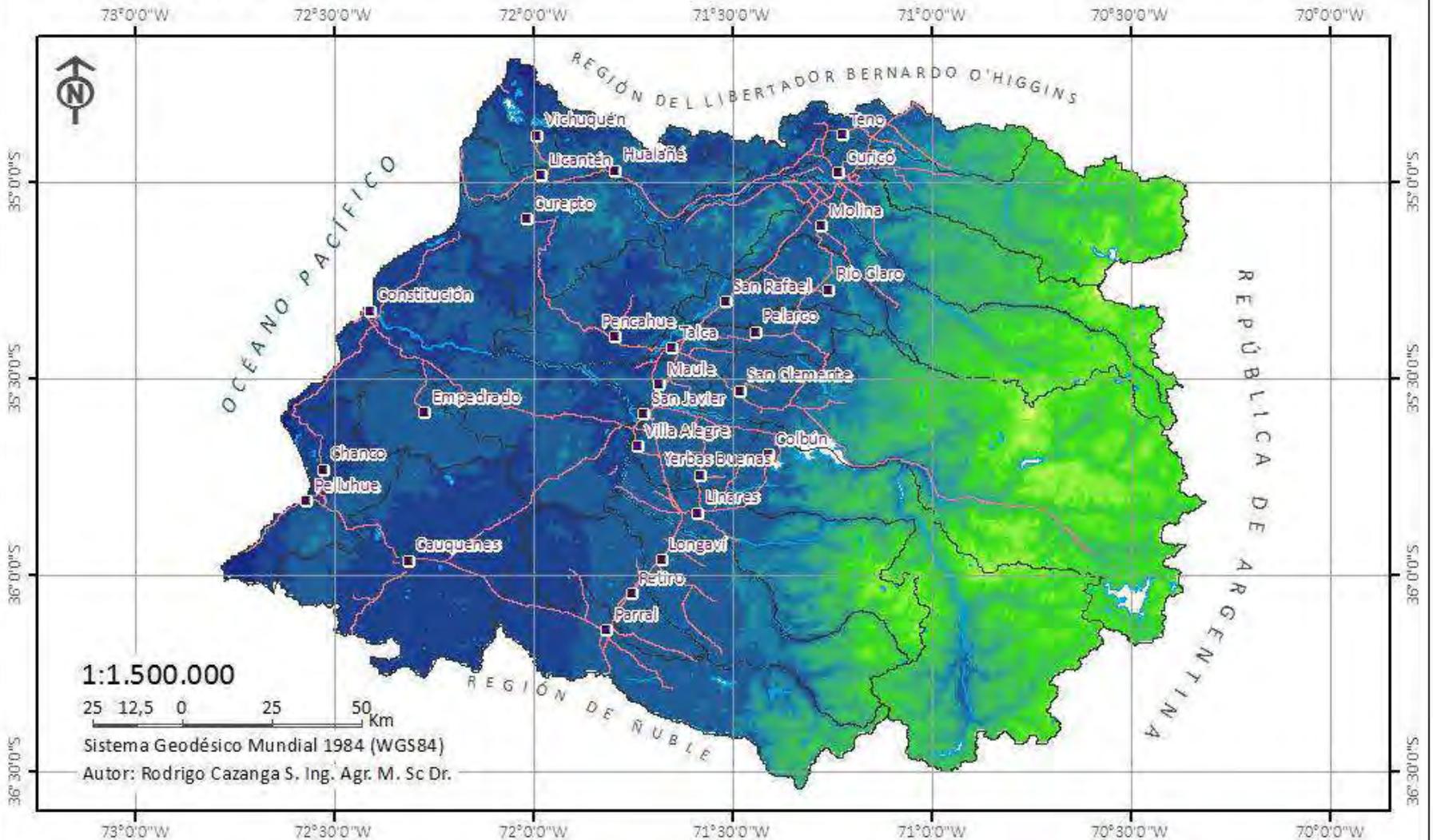
## SIMBOLOGÍA

- LÍMITES COMUNALES
- CAPITALES COMUNALES
- CAMINOS PAVIMENTADOS
- CUERPOS DE AGUA

## TEMPERATURAS MÍNIMAS MENSUALES ( C° )



# REGIÓN DEL MAULE JULIO TEMPERATURAS MÍNIMAS MENSUALES C° ( Condiciones Climáticas Futuras Escenario A2 2040 )



1:1.500.000

25 12,5 0 25 50 Km

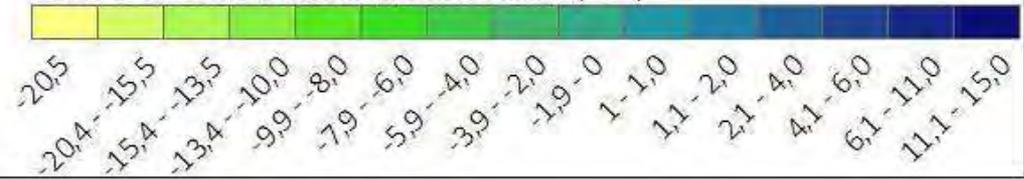
Sistema Geodésico Mundial 1984 (WGS84)

Autor: Rodrigo Cazanga S. Ing. Agr. M. Sc Dr.

## SIMBOLOGÍA

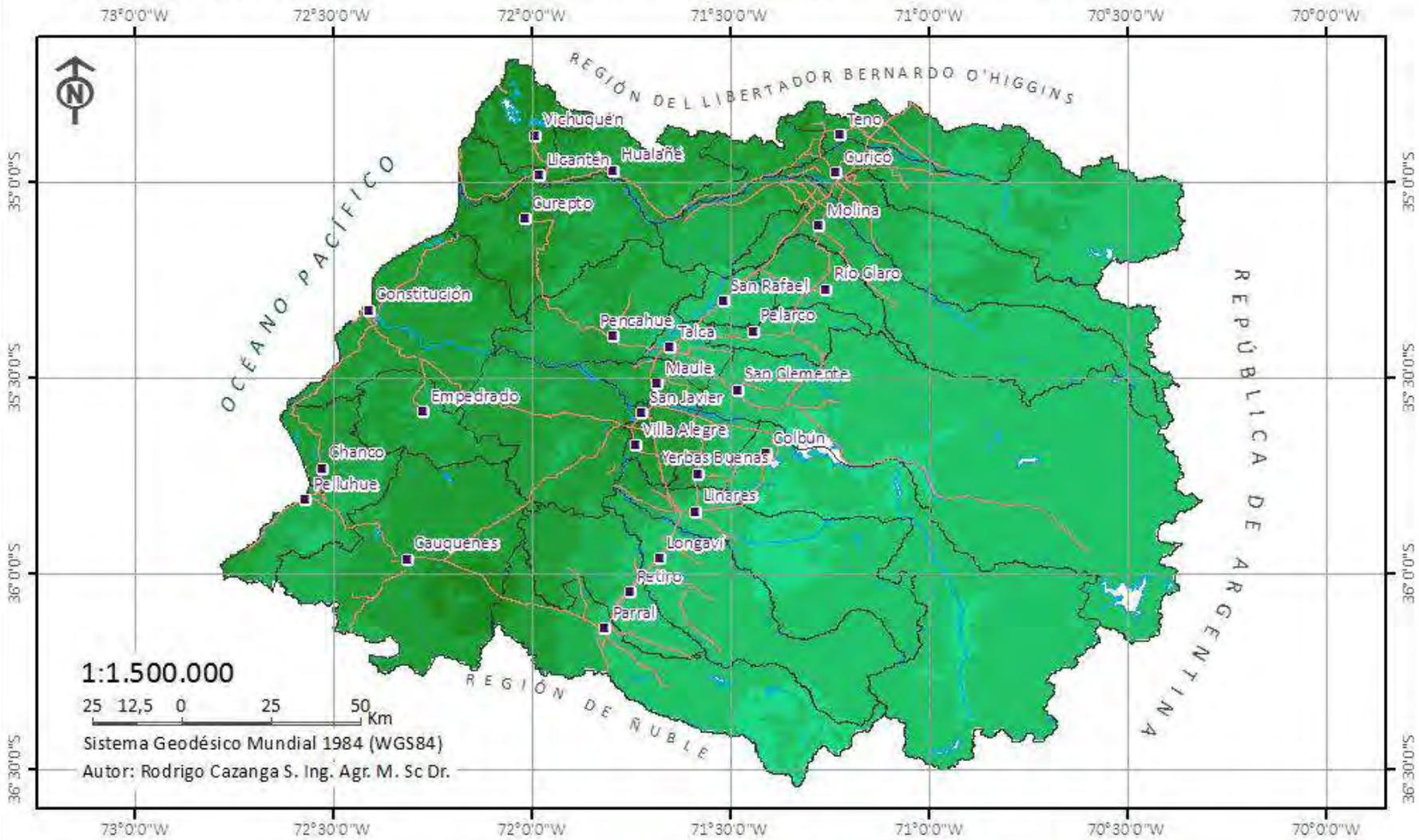
- LÍMITES COMUNALES
- CAMINOS PAVIMENTADOS
- CAPITALES COMUNALES
- CUERPOS DE AGUA

## TEMPERATURAS MÍNIMAS MENSUALES ( C° )



# REGIÓN DEL MAULE

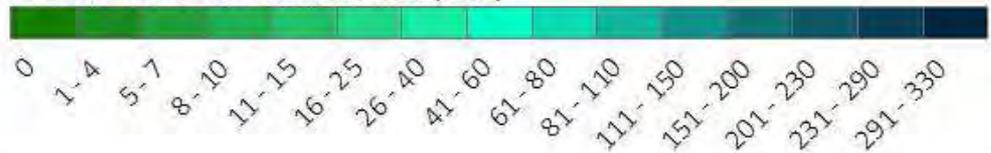
## ENERO PRECIPITACIONES mm ( Condiciones Actuales )



### SIMBOLOGÍA

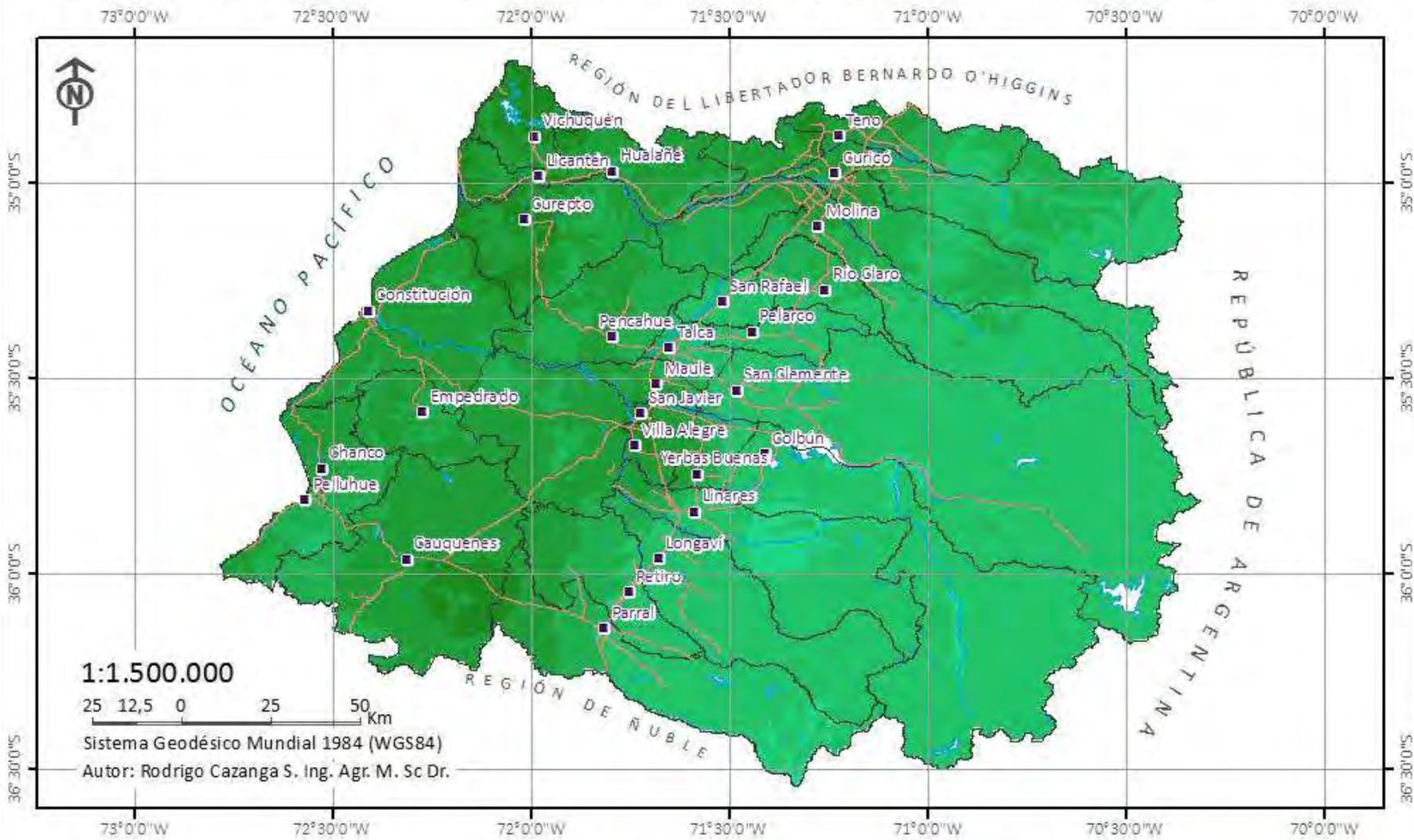
- LÍMITES COMUNALES
- CAMINOS PAVIMENTADOS
- CAPITALES COMUNALES
- CUERPOS DE AGUA

### PRECIPITACIONES MENSUALES (mm)



# REGIÓN DEL MAULE

## ENERO PRECIPITACIONES mm (Condiciones Climáticas Futuras Escenario A2 2030)



1:1.500.000

25 12,5 0 25 50 Km

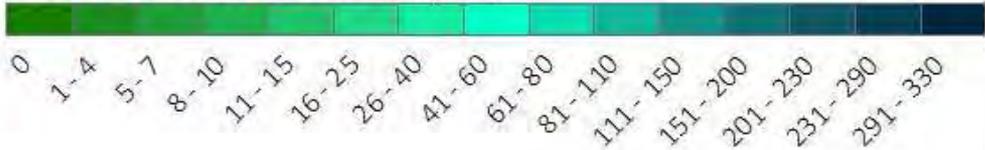
Sistema Geodésico Mundial 1984 (WGS84)

Autor: Rodrigo Cazanga S. Ing. Agr. M. Sc Dr.

### SIMBOLOGÍA

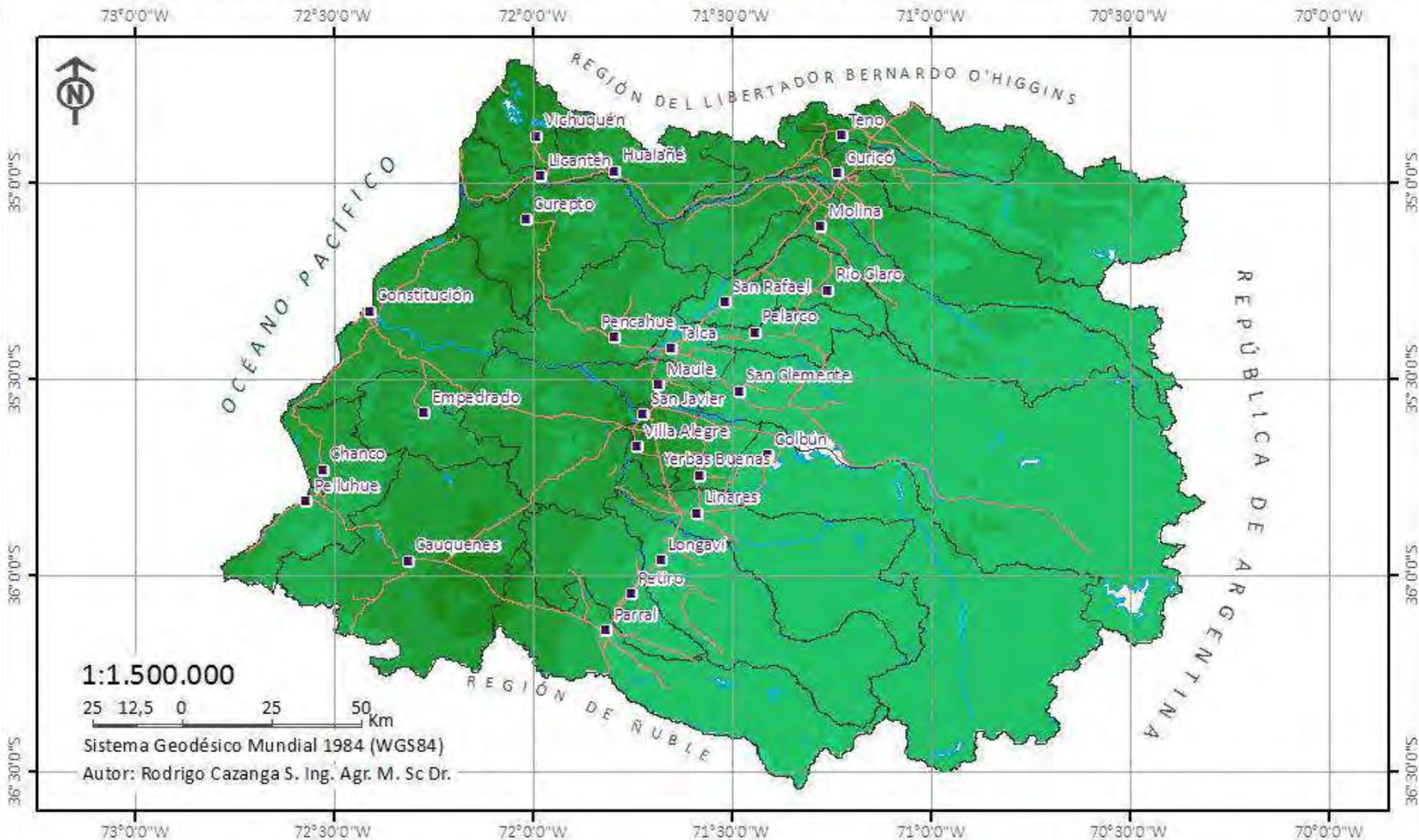
- LÍMITES COMUNALES
- CAMINOS PAVIMENTADOS
- CAPITALES COMUNALES
- CUERPOS DE AGUA

### PRECIPITACIONES MENSUALES (mm)



# REGIÓN DEL MAULE

ENERO PRECIPITACIONES mm (Condiciones Climáticas Futuras Escenario A2 2040)



1:1.500.000

25 12,5 0 25 50 Km

Sistema Geodésico Mundial 1984 (WGS84)

Autor: Rodrigo Cazanga S. Ing. Agr. M. Sc Dr.

## SIMBOLOGÍA

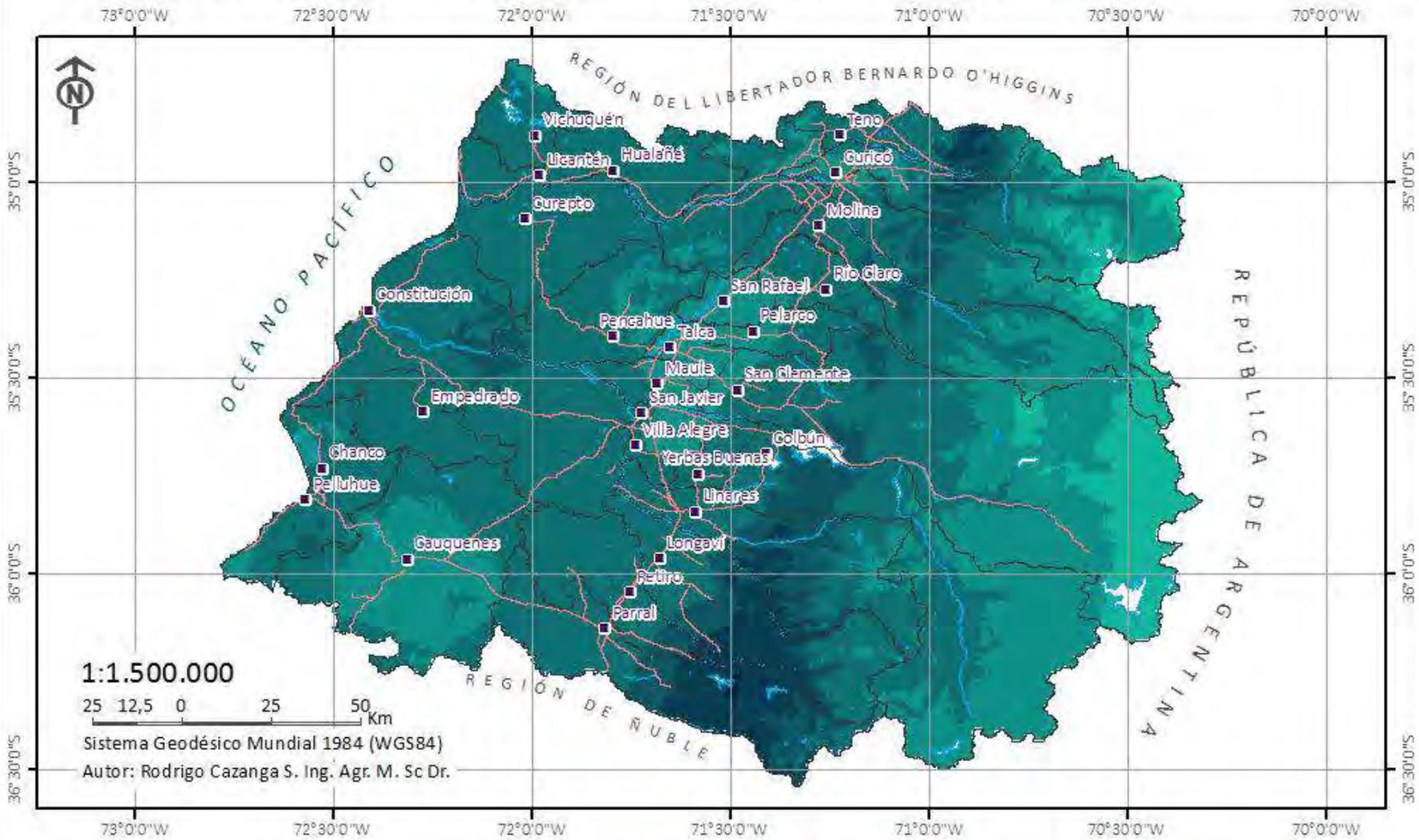
- LÍMITES COMUNALES
- CAPITALES COMUNALES
- CAMINOS PAVIMENTADOS
- CUERPOS DE AGUA

## PRECIPITACIONES MENSUALES (mm)



# REGIÓN DEL MAULE

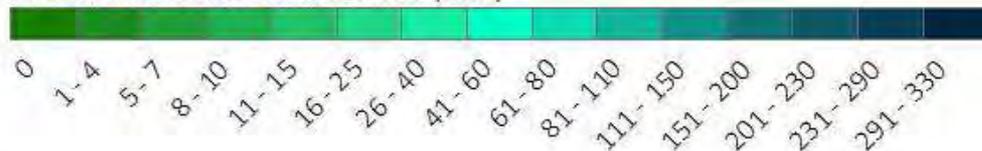
## JULIO PRECIPITACIONES mm ( Condiciones Actuales )



### SIMBOLOGÍA

- LÍMITES COMUNALES
- CAMINOS PAVIMENTADOS
- CAPITALES COMUNALES
- CUERPOS DE AGUA

### PRECIPITACIONES MENSUALES (mm)



# REGIÓN DEL MAULE

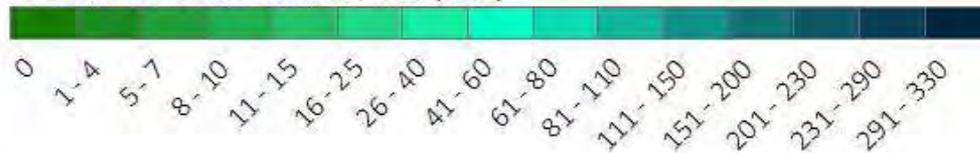
## JULIO PRECIPITACIONES mm (Condiciones Climáticas Futuras Escenario A2 2030)



### SIMBOLOGÍA

- LÍMITES COMUNALES
- CAMINOS PAVIMENTADOS
- CAPITALES COMUNALES
- CUERPOS DE AGUA

### PRECIPITACIONES MENSUALES (mm)



# REGIÓN DEL MAULE

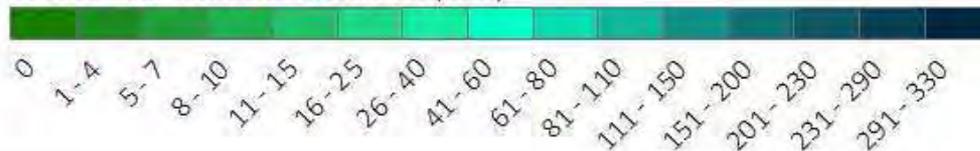
## JULIO PRECIPITACIONES mm (Condiciones Climáticas Futuras Escenario A2 2040)



### SIMBOLOGÍA

- LÍMITES COMUNALES
- CAPITALES COMUNALES
- CAMINOS PAVIMENTADOS
- CUERPOS DE AGUA

### PRECIPITACIONES MENSUALES (mm)



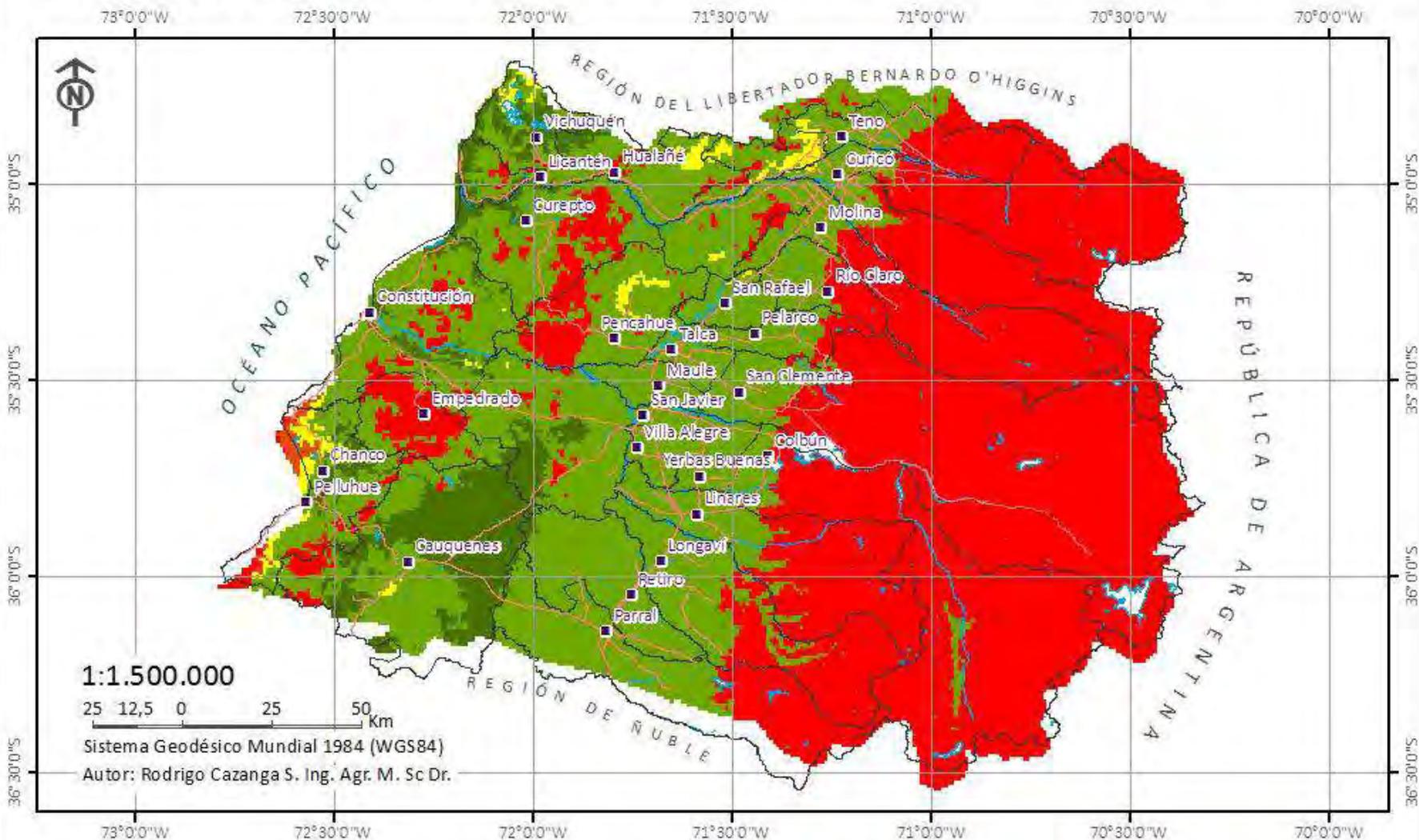
## Resultados 2

- Zonificación de Aptitud Productiva para rendimiento en función del clima

Categorías de Aptitud Productiva respecto de la satisfacción de los requerimientos térmicos de: Temperatura óptima, Suma térmica, Período libre de heladas, Horas de frío.

- Sin limitaciones (SL):  $\geq 90\%$  de satisfacción de los requerimientos térmicos.
- Limitaciones Leves (LL):  $90 > - \geq 80\%$  de satisfacción de los requerimientos térmicos.
- Limitaciones Moderadas (LM):  $80 > - \geq 60\%$  de satisfacción de los requerimientos térmicos.

# REGIÓN DEL MAULE ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA ARÁNDANO BRIGITTA (Condiciones Climáticas Actuales)



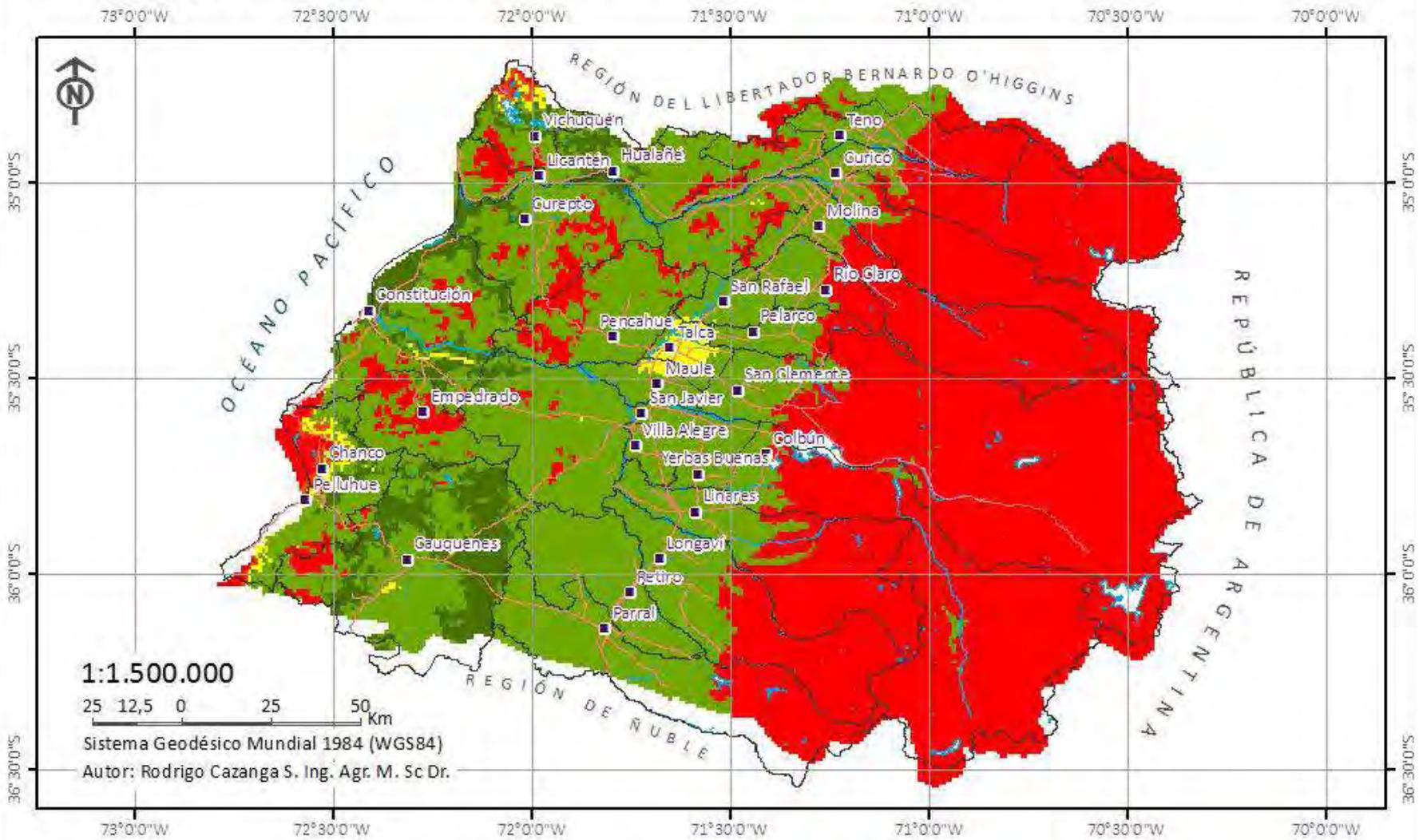
## SIMBOLOGÍA

- LÍMITES COMUNALES
- CAPITALES COMUNALES
- CAMINOS PAVIMENTADOS
- CUERPOS DE AGUA

## APTITUD PRODUCTIVA



# REGIÓN DEL MAULE ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA ARÁNDANO BRIGITTA ( Condiciones Climáticas Futuras Escenario A2 2030 )



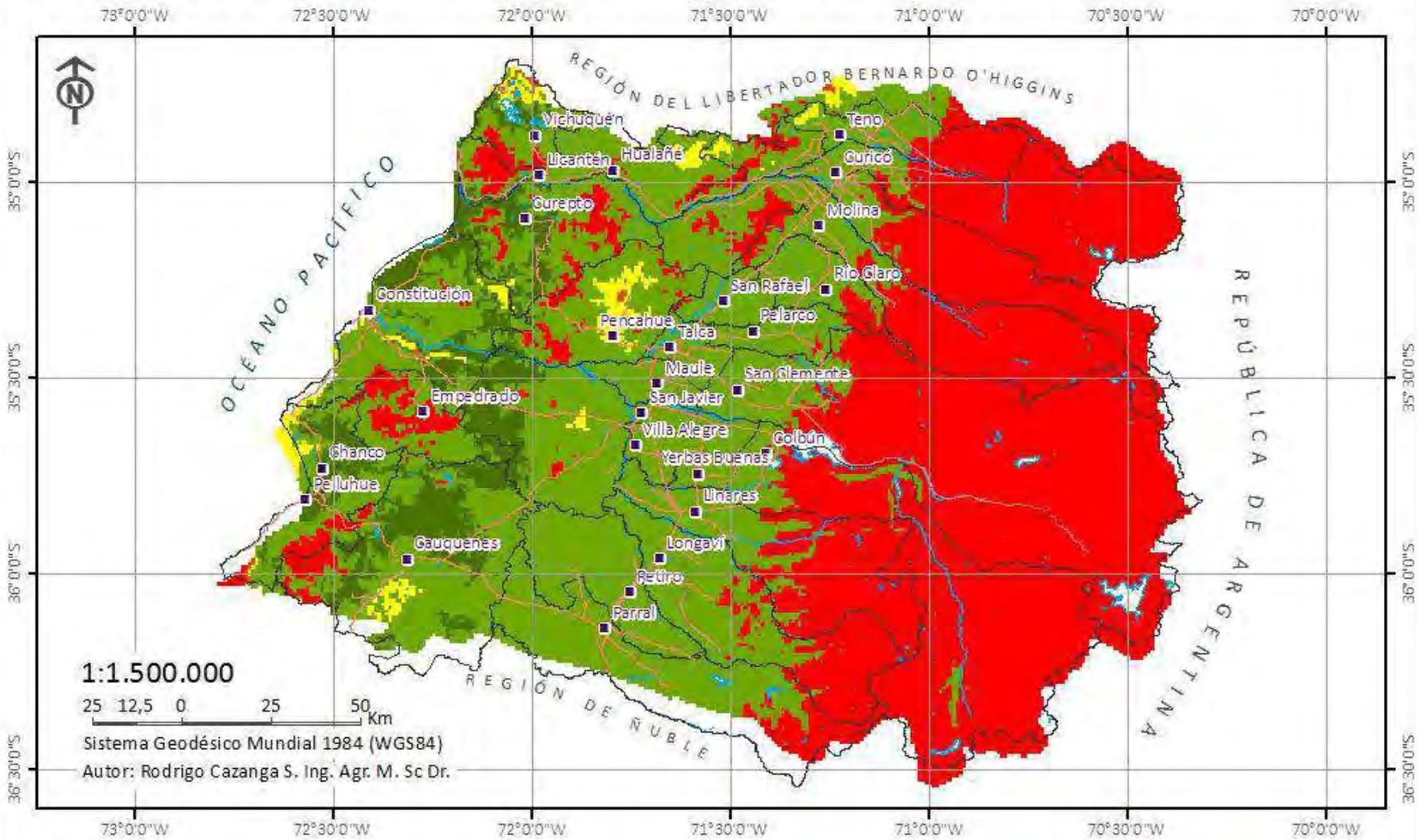
## SIMBOLOGÍA

- LÍMITES COMUNALES
- CAPITALES COMUNALES
- CAMINOS PAVIMENTADOS
- CUERPOS DE AGUA

## APTITUD PRODUCTIVA



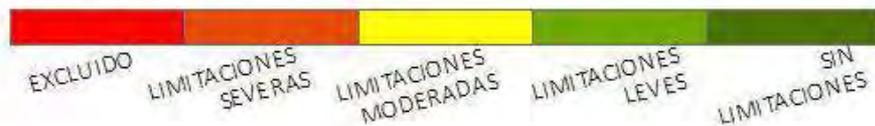
# REGIÓN DEL MAULE ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA ARÁNDANO BRIGITTA ( Condiciones Climáticas Futuras Escenario A2 2040 )



## SIMBOLOGÍA

- LÍMITES COMUNALES
- CAPITALES COMUNALES
- CAMINOS PAVIMENTADOS
- CUERPOS DE AGUA

## APTITUD PRODUCTIVA



# Producción de Arándano variedad Brigitta

PROVINCIAS	APTITUD PRODUCTIVA Región del Maule (miles de ha)								
	CONDICIONES CLIMÁTICAS								
	ACTUALES			2030			2040		
	SL	LL	LM	SL	LL	LM	SL	LL	LM
Cauquenes	<b><u>113</u></b>	127	12	<b><u>94</u></b>	142	11	<b><u>86</u></b>	158	9
Curicó	<b><u>32</u></b>	228	20	<b><u>22</u></b>	237	4	<b><u>10</u></b>	256	13
Linares	<b><u>24</u></b>	457	< 1	<b><u>6</u></b>	468	<1	<b><u>27</u></b>	516	<1
Talca	<b><u>27</u></b>	416	6	<b><u>52</u></b>	412	20	<b><u>78</u></b>	431	20
<b>Total</b>	<b>196</b>	<b>1228</b>	<b>39</b>	<b>174</b>	<b>1259</b>	<b>36</b>	<b>201</b>	<b>1361</b>	<b>43</b>

Luego, considerando que se tiene agua disponible suficiente a nivel predial y tomando en cuenta sólo los parámetros térmicos estudiados, se puede concluir lo siguiente:

# Conclusiones

1. La superficie con mejores condiciones para la producción de arándano variedad Brigitta varía a través de la región. En las provincias de Cauquenes y Curicó la superficie de aptitud productiva sin limitaciones disminuirá en los próximos 20 años, mientras que en la provincia de Talca aumentará, en tanto en Linares habría una disminución en los primeros 10 años, lo cual se revertirá en los 10 años siguientes.

# Conclusiones continuación

2. En variedades de arándanos con comportamientos fisiológicos y fenológicos diferentes de los de Brigitta, el efecto del cambio climático será también diferente a los resultados obtenidos.
3. Probablemente, se acentuarán los problemas de firmeza, colapso y de vida útil en post cosecha, en huertos existentes, debido al aumento de las temperaturas.

# Comentario final

A nivel de productor, tanto las decisiones estratégicas como las operacionales tendrán que ser revisadas para enfrentar el cambio climático en forma adecuada.

# MUCHAS GRACIAS

rodrigo@cazangaagronomia.com



