

# EL RETO DE LA GESTIÓN ADAPTATIVA EN EL MEDIO NATURAL. ESCENARIOS REGIONALES DE CAMBIO CLIMÁTICO Y DESERTIFICACIÓN



**XL JORNADA TEMÁTICA RED  
DE AUDITORES AMBIENTALES.  
SEVILLA 10 DE ABRIL 2018**



**Rediam** ●●●



UNIÓN EUROPEA  
FONDO EUROPEO DE  
DESARROLLO REGIONAL

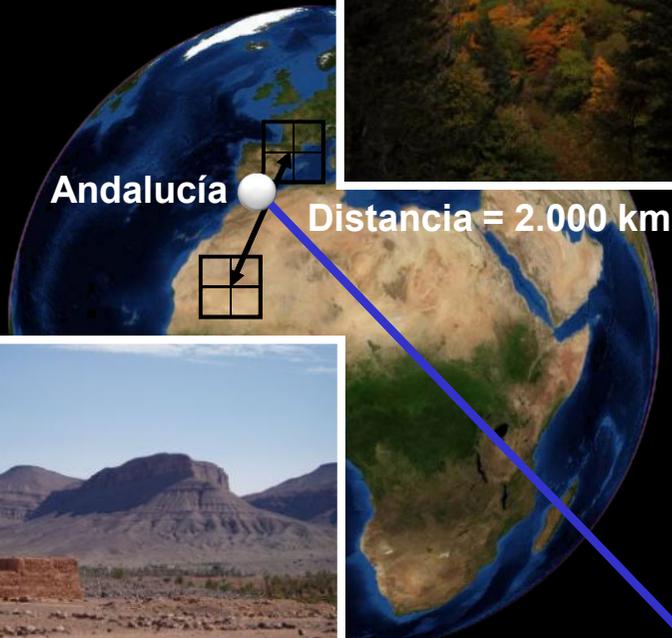


Agencia de Medio Ambiente y Agua  
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y MEDIO AMBIENTE

# Índice

- ▶ **Diversidad del clima andaluz**
- ▶ **Estrategia**
- ▶ **Generación de los ELCC para el 4 y 5º Informe del IPCC**
- ▶ **Contenidos**
- ▶ **Soluciones de Adaptación**
- ▶ **Comunicación y difusión**

# Diversidad del clima andaluz



Andalucía

Distancia = 2.000 km



Bosques de Latifolias  
Pirineo Aragonés

Distancia = 2 km

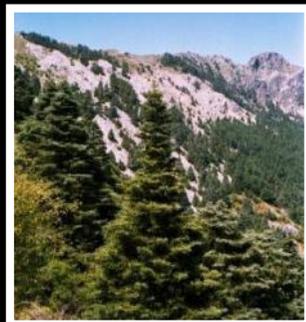
Bosques Mixtos de Esclerófilas y  
Castaños. Sierra de Córdoba



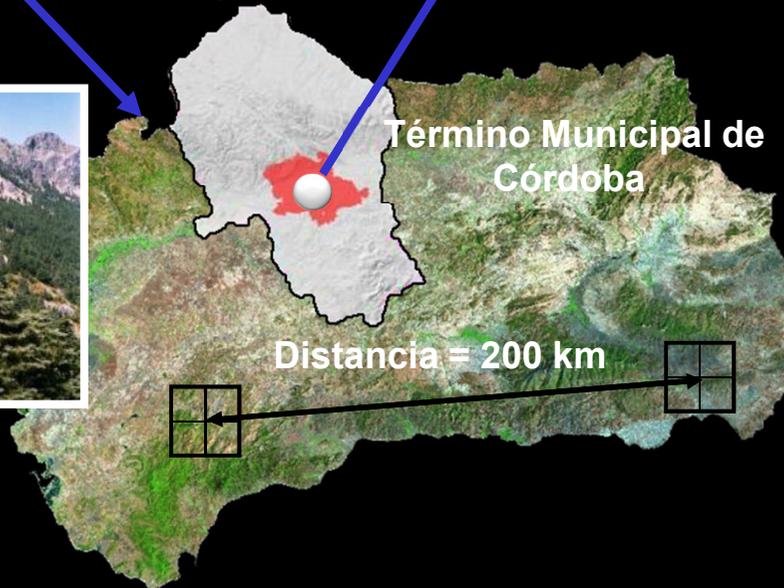
Matorrales Subdesérticos de Artos.  
Campiña de Córdoba



Desierto de Montaña  
Sahara occidental



Bosques de Pinsapo y Quejigo  
Sierra de Grazalema



Término Municipal de  
Córdoba

Distancia = 200 km

Desierto de Tabernas  
Almería





Bosques de Latifolias.  
Pirineo Aragonés



Bosques de Pinsapo y  
Quejigo. Sierra de Grazalema



Bosques Mixtos de Esclerófilas y Castaños.  
Sierra de Córdoba



Desierto de Montaña.  
Sahara



Desierto de Tabernas  
Almería



Matorrales Subdesérticos de Artos.  
Campaña de Córdoba

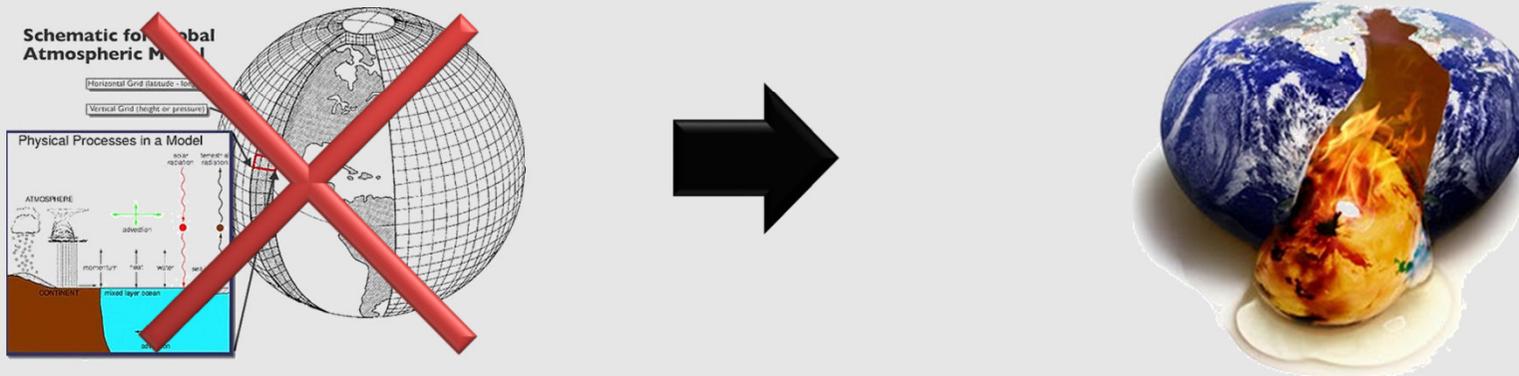


2.000 km / 1000 = 2 km

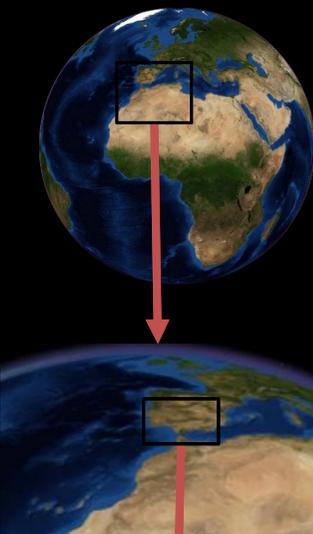
# Estrategia. Instrumentos para la generación de información y conocimiento sobre Cambio Climático



## MODELOS DE SIMULACIÓN



# Instrumentos de Evaluación del Cambio Climático y sus efectos



ESCALA PLANETARIA

**LEY DE PLANCK**

$$I(\mu, T) = \frac{2 \cdot h \cdot \mu^3}{c^2} \cdot \frac{1}{e^{\frac{h \cdot \mu}{k \cdot T}} - 1}$$

ESCALA GLOBAL

**MODELOS DE CIRCULACIÓN GENERAL**

ESCALA REGIONAL

**MÉTODOS DE "DOWNSCALING"**

ESCALA LOCAL

**MODELOS DE SIMULACIÓN TERRITORIAL**

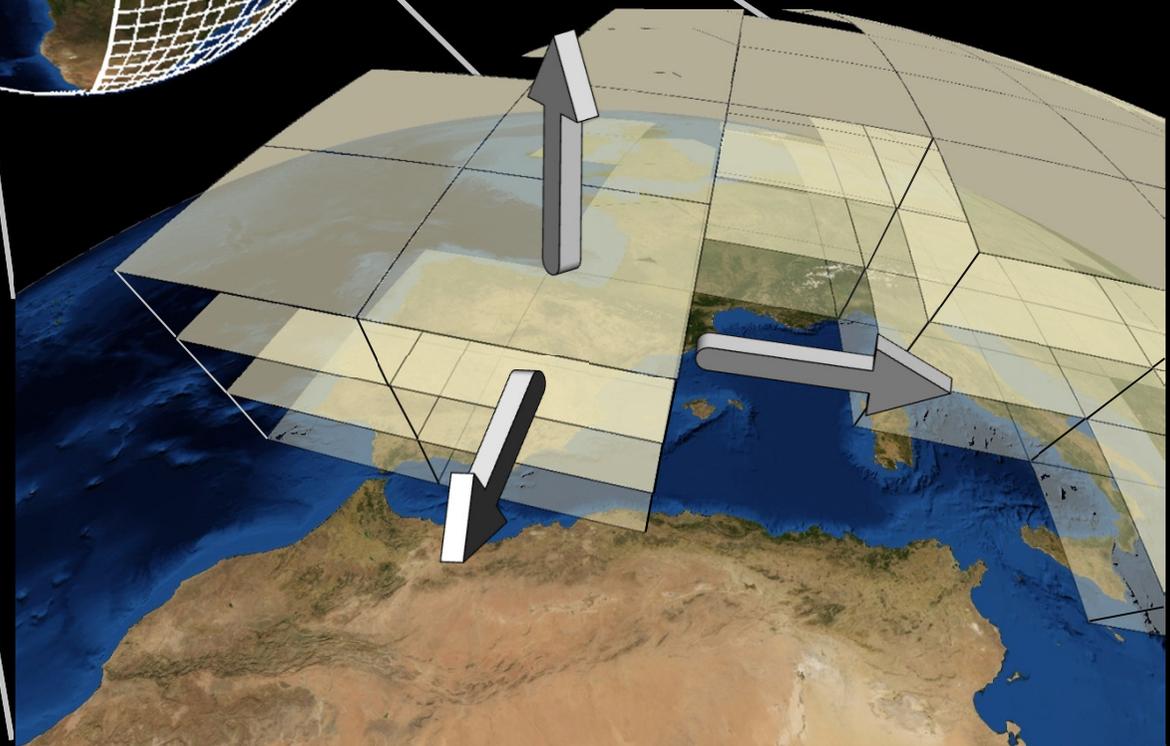
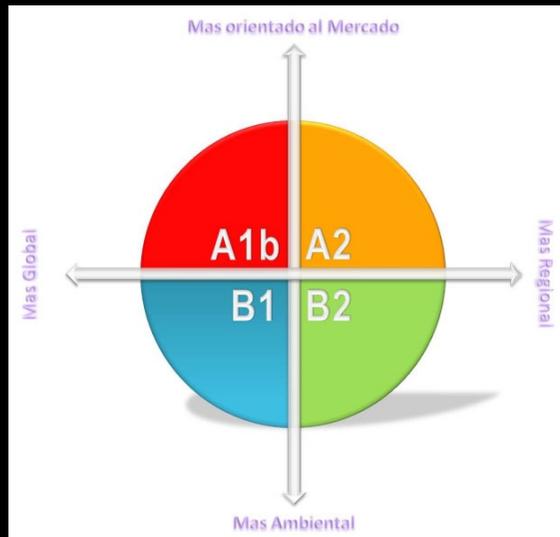
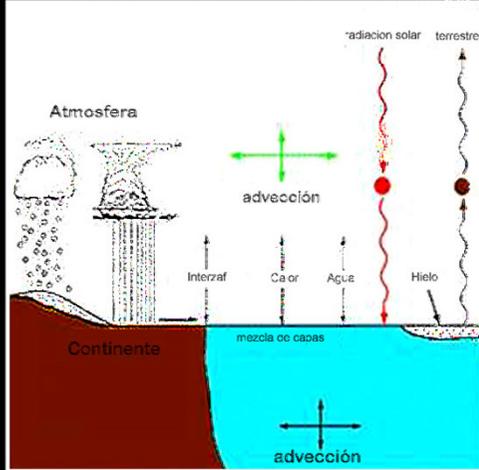
ÁMBITO METODO

# Generación de los ELGC para el 4 y 5º Informe del IPCC GENERAL (MCGs)

MALLA HORIZONTAL

MALLA VERTICAL

PROCESOS FISICOS DEL MODELO



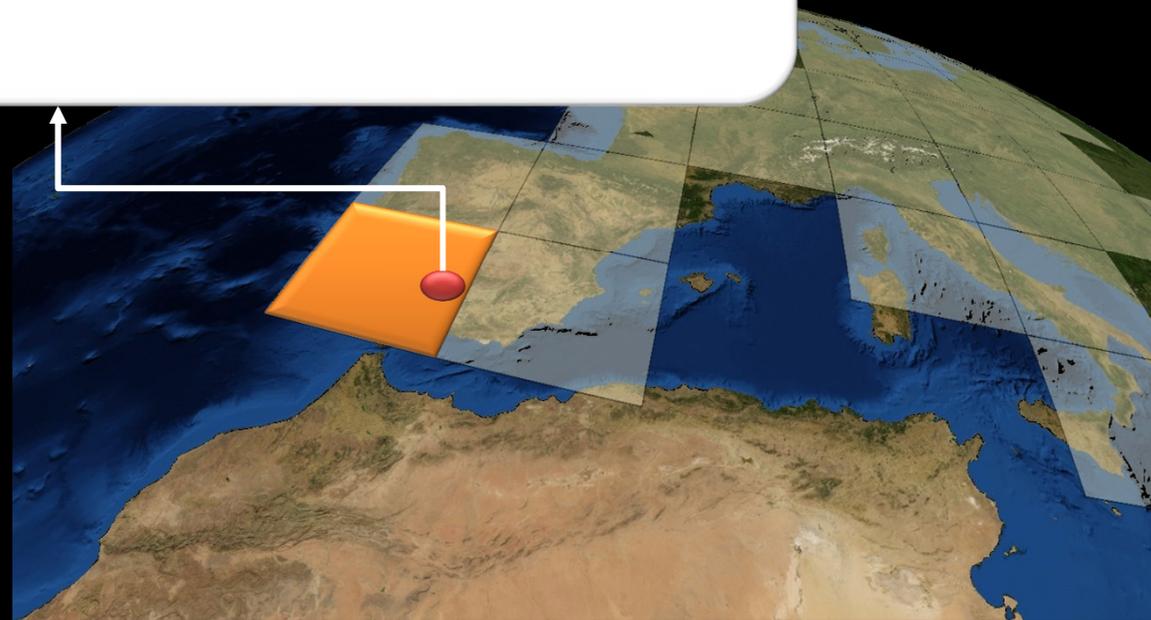
Desierto de Tabernas  
Almería



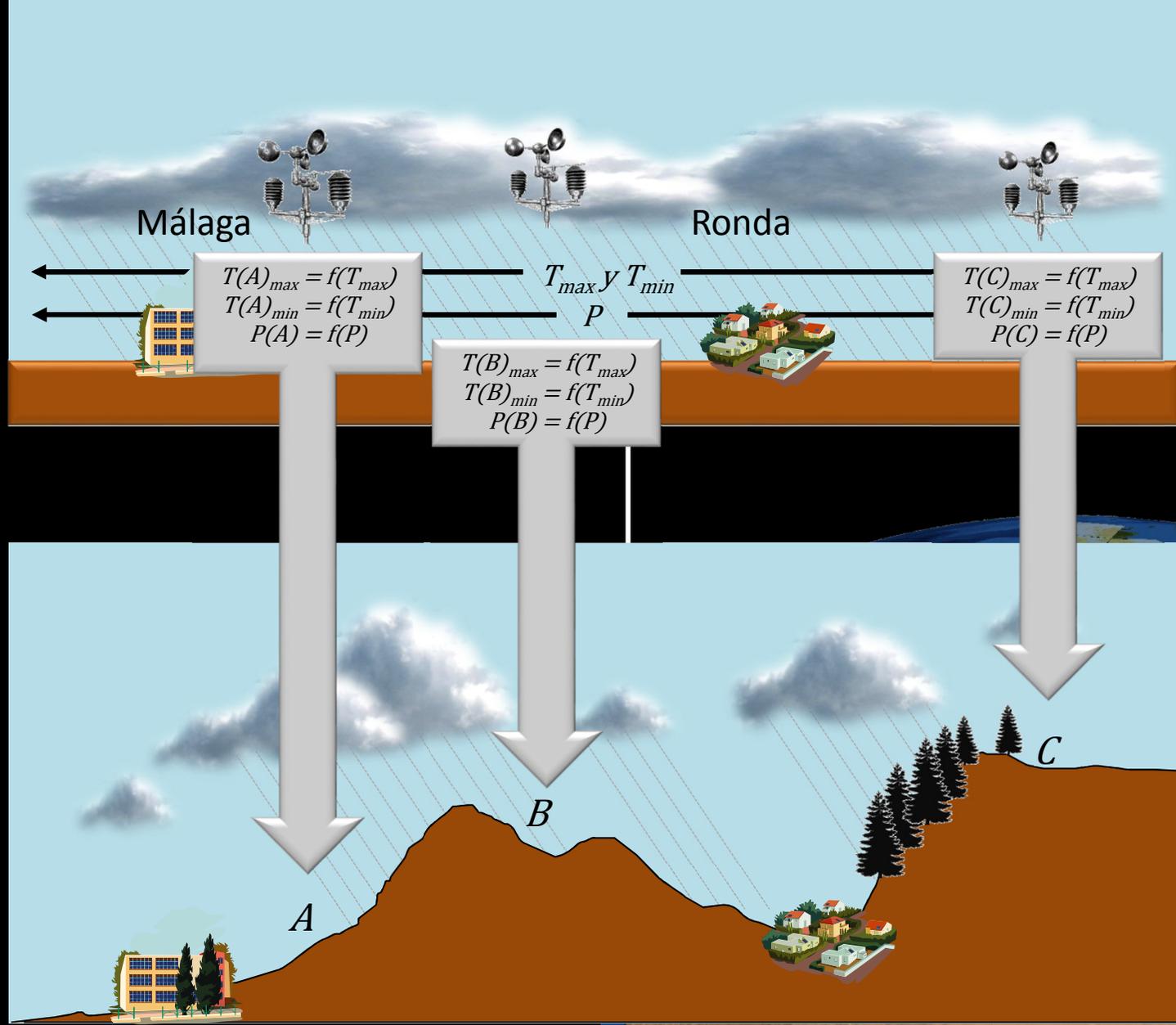
Bosques de *Abies pinsapo* de  
Sierra de las Nieves



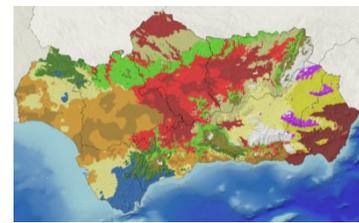
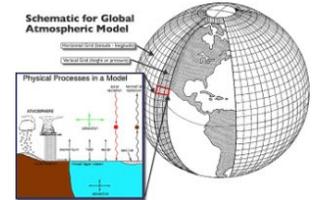
Distancia = 200 km



# MODELOS DE DOWNSCALING ESTADÍSTICO



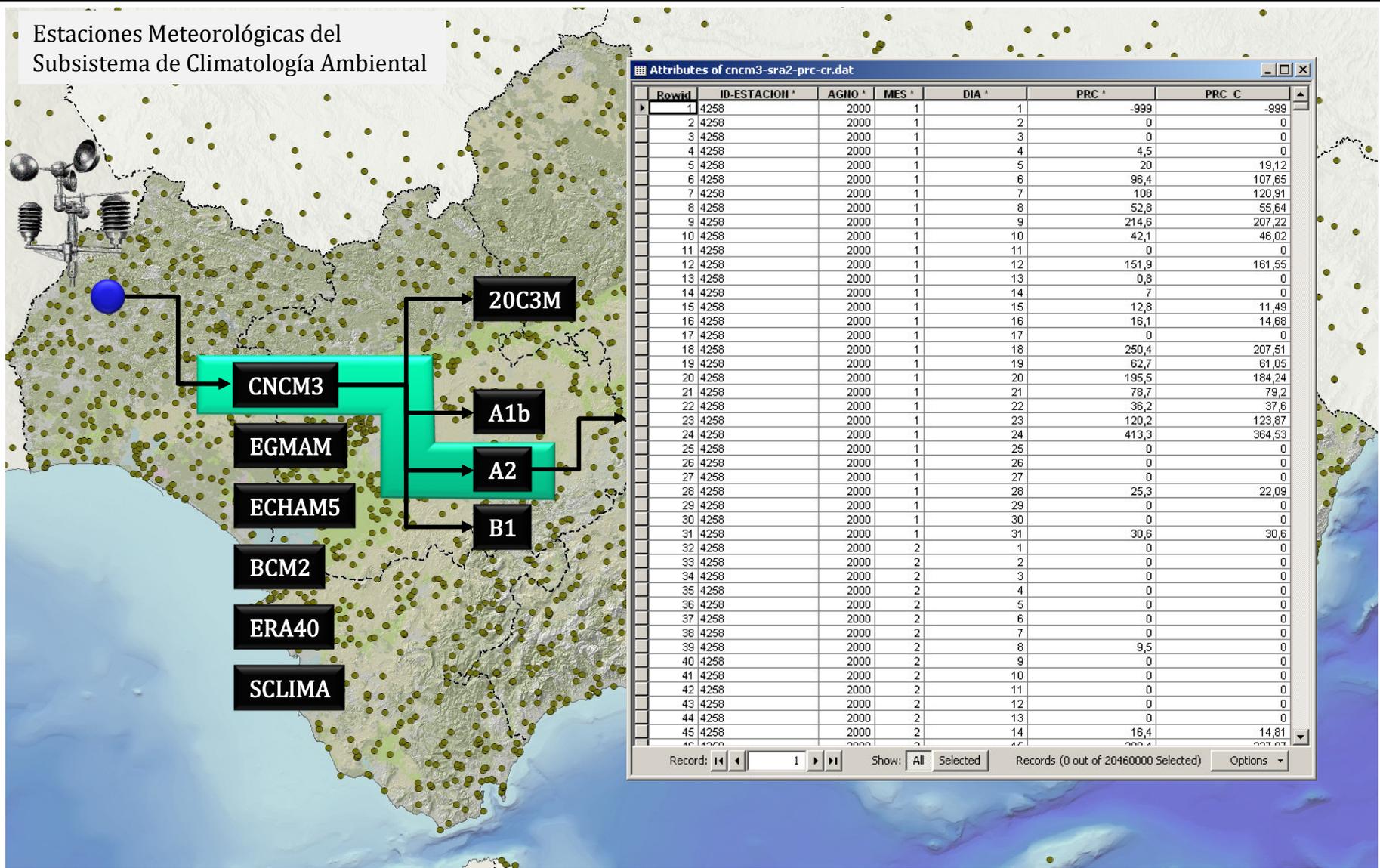
Modelo y Escenario Global



Modelo y Escenario Local

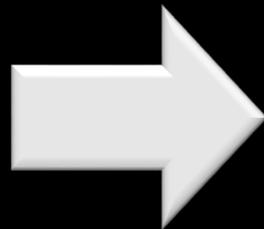
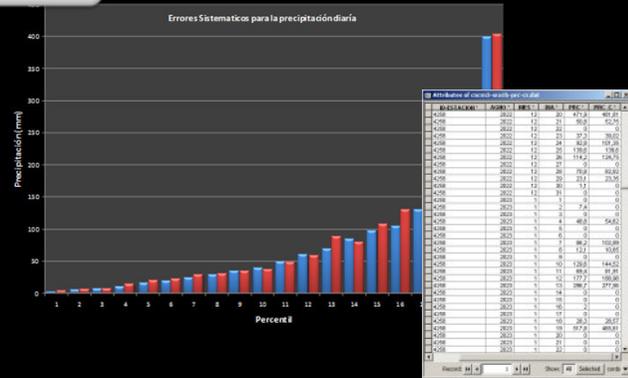
# Escenarios Locales de Cambio Climático

Estaciones Meteorológicas del Subsistema de Climatología Ambiental



# Escenarios Locales de Cambio Climático. Características

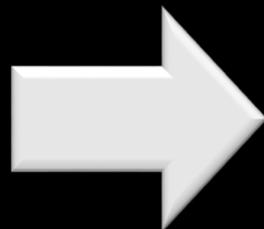
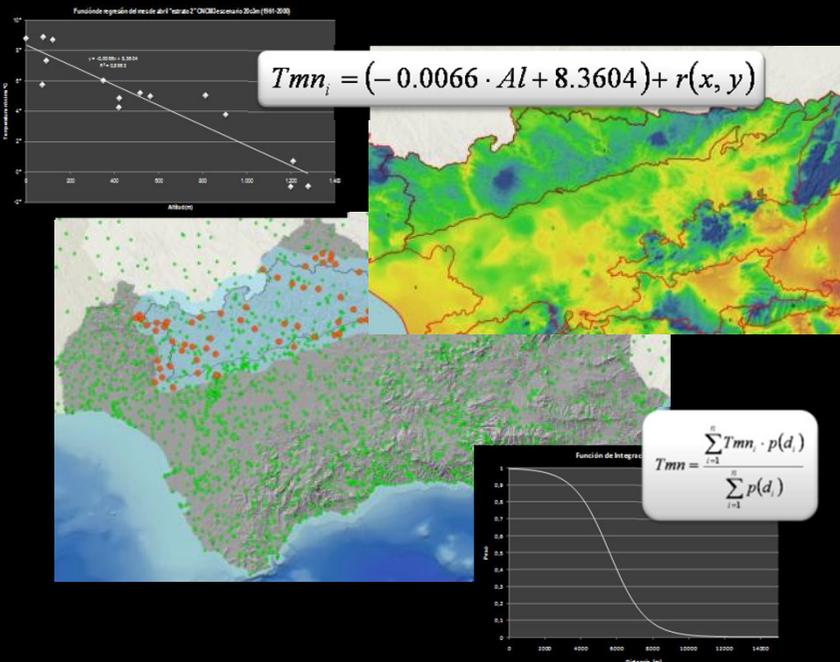
$$ES_i = \frac{\text{Percentil}_{i,Cbz}}{\text{Percentil}_{i,Mod}}$$



## Base de Datos

Errores Sistemáticos Corregidos

Control de Calidad de Series de Datos



## Espacialización

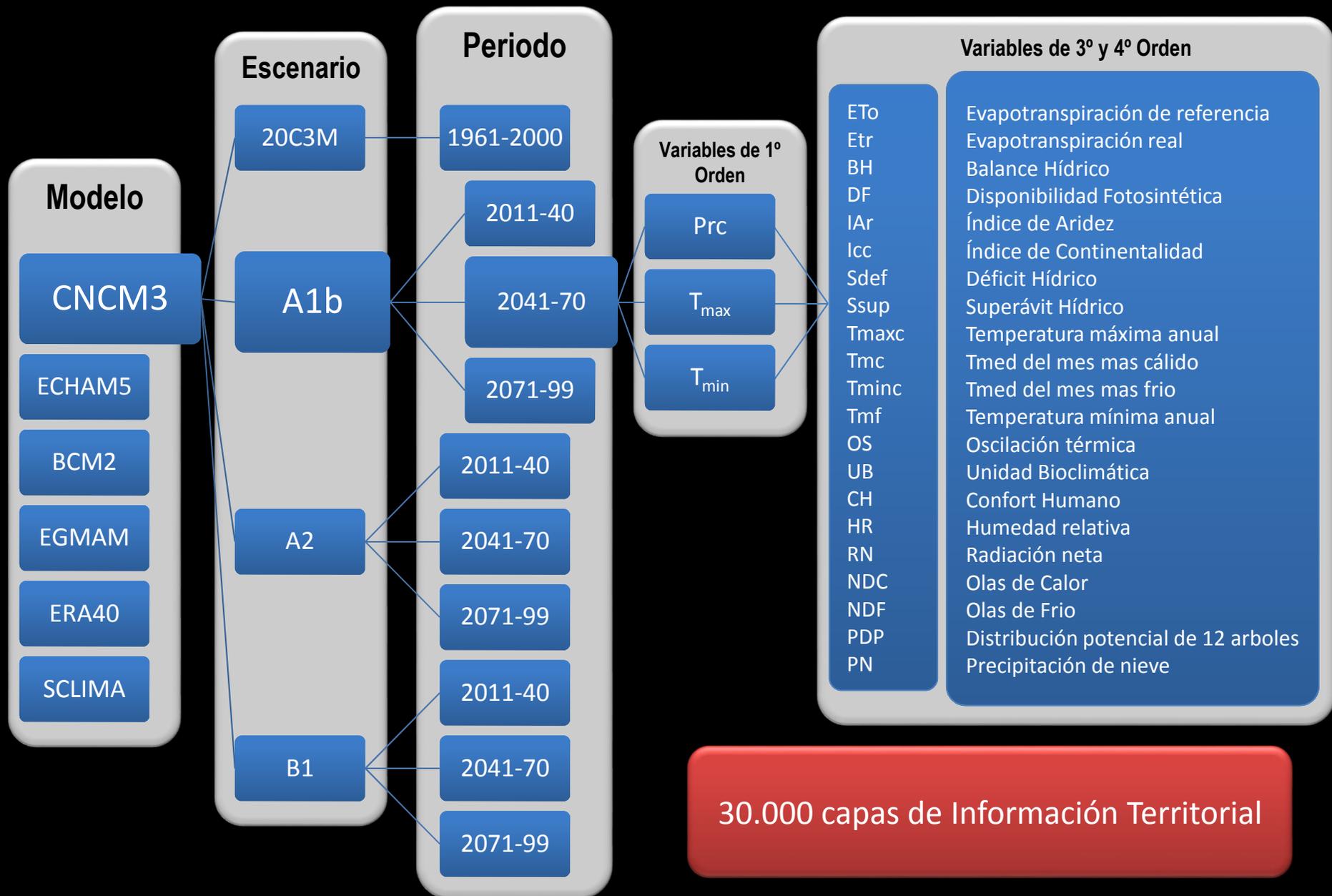
Estratificada

Regresión Lineal Múltiple Multitemporal

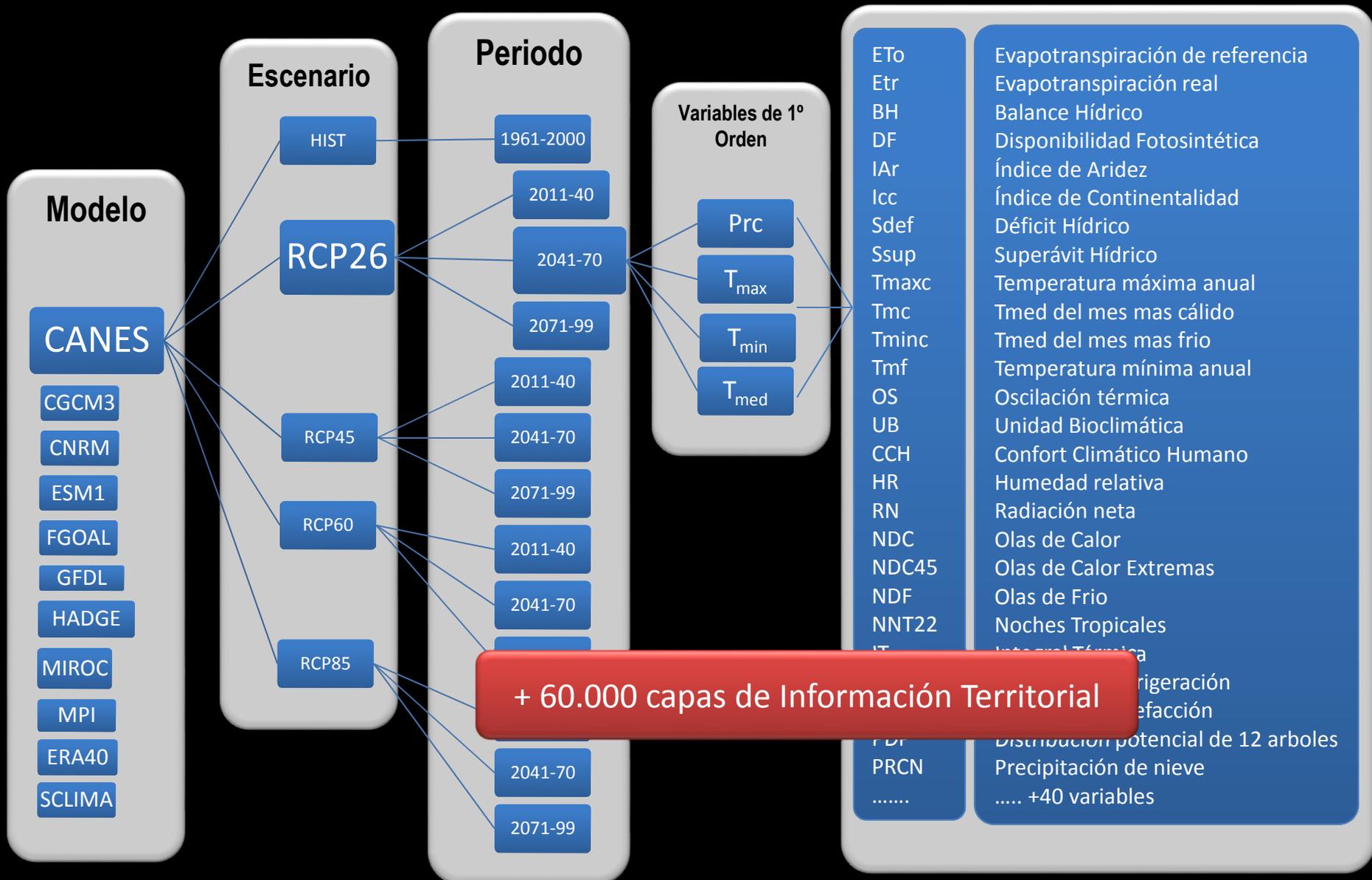
Corrección de Errores Espaciales

Fusión Suavizada de Estratos

# Escenarios Locales de Cambio Climático en Andalucía. Contenido. 4º Informe.



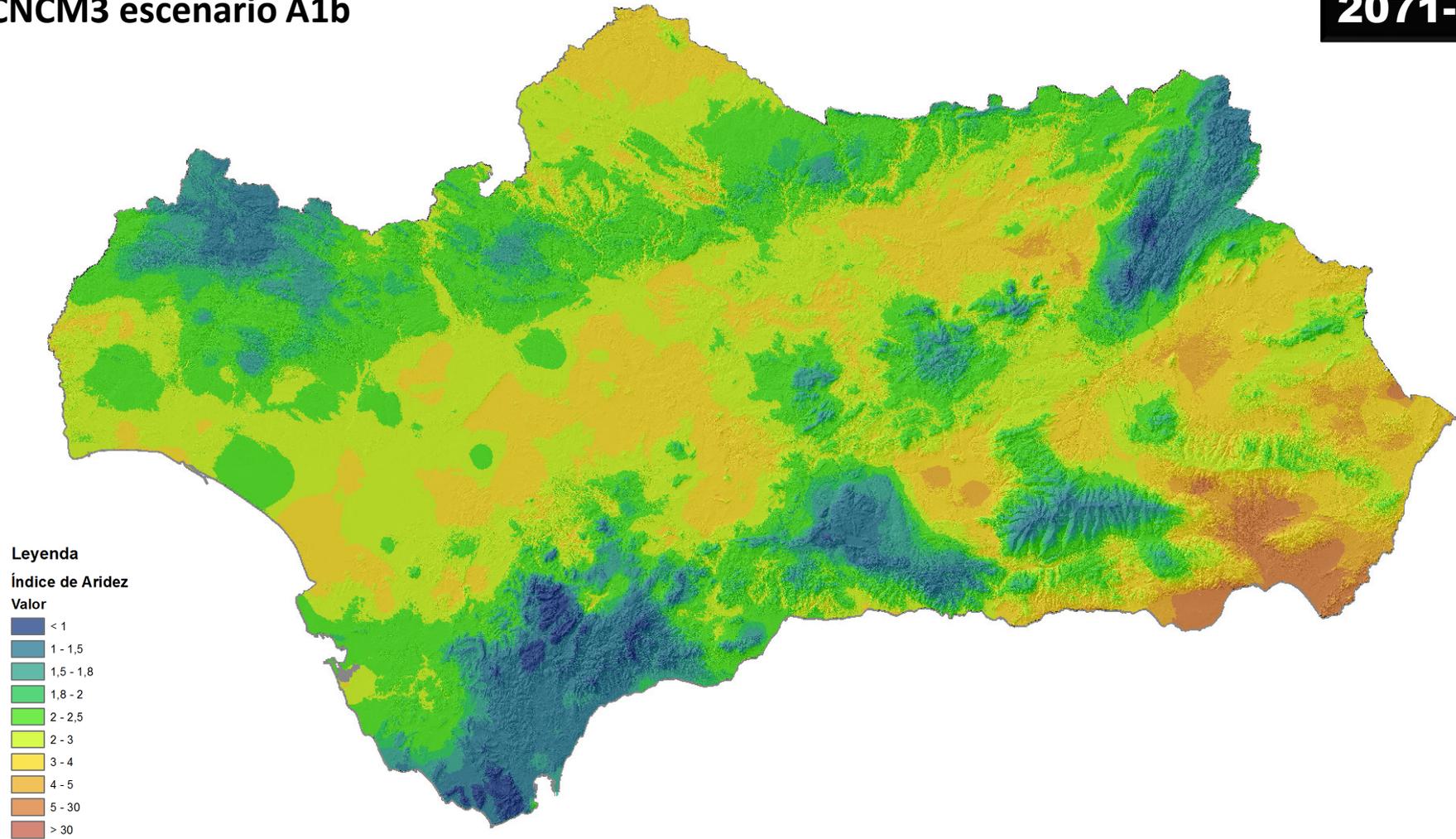
# Escenarios Locales de Cambio Climático en Andalucía. Contenido. 5º Informe



# ELCC. Contenidos: Índice de Aridez.

CNCM3 escenario A1b

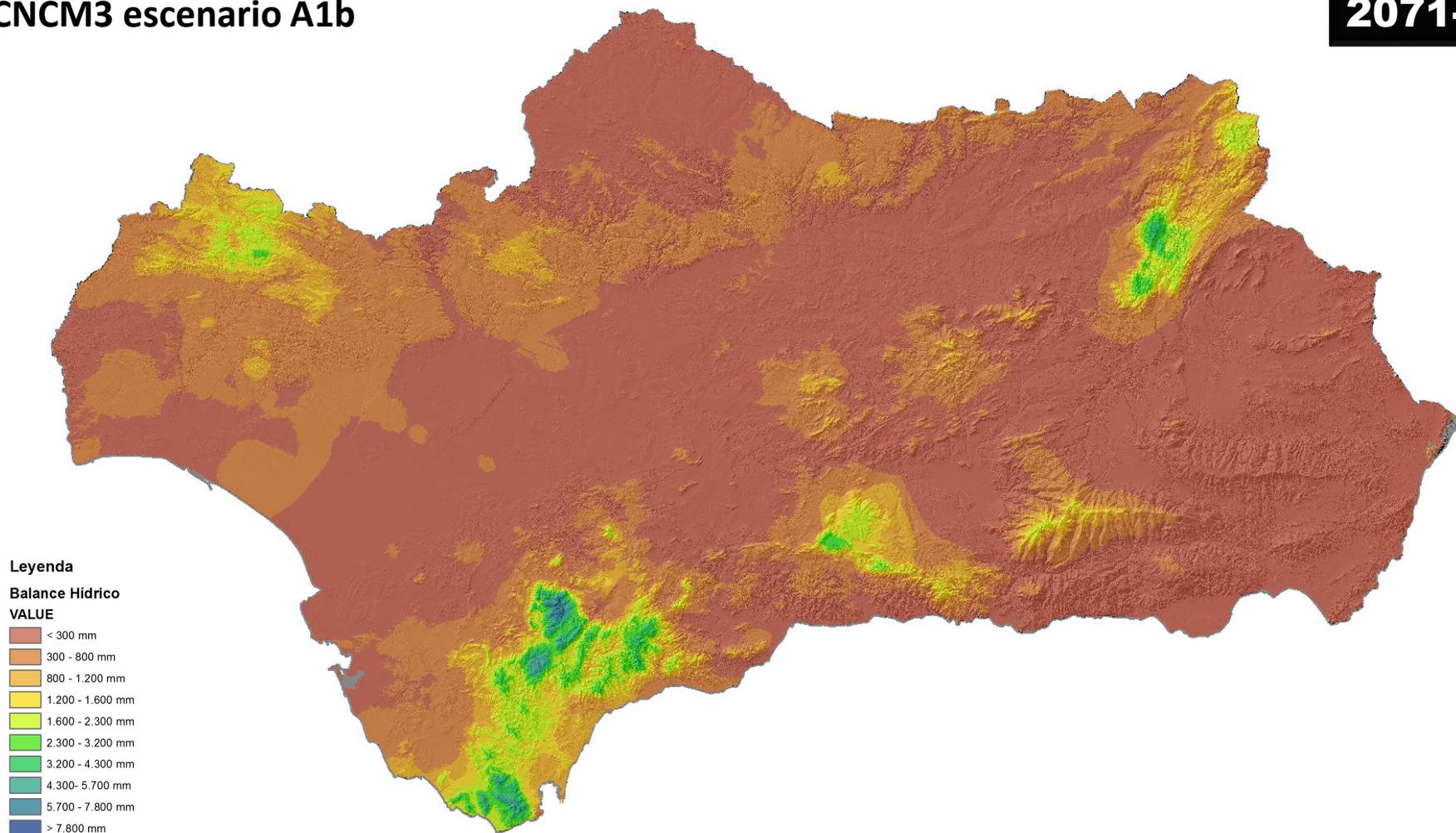
2071-99



# ELCC. Contenidos: Balance Hídrico.

CNCM3 escenario A1b

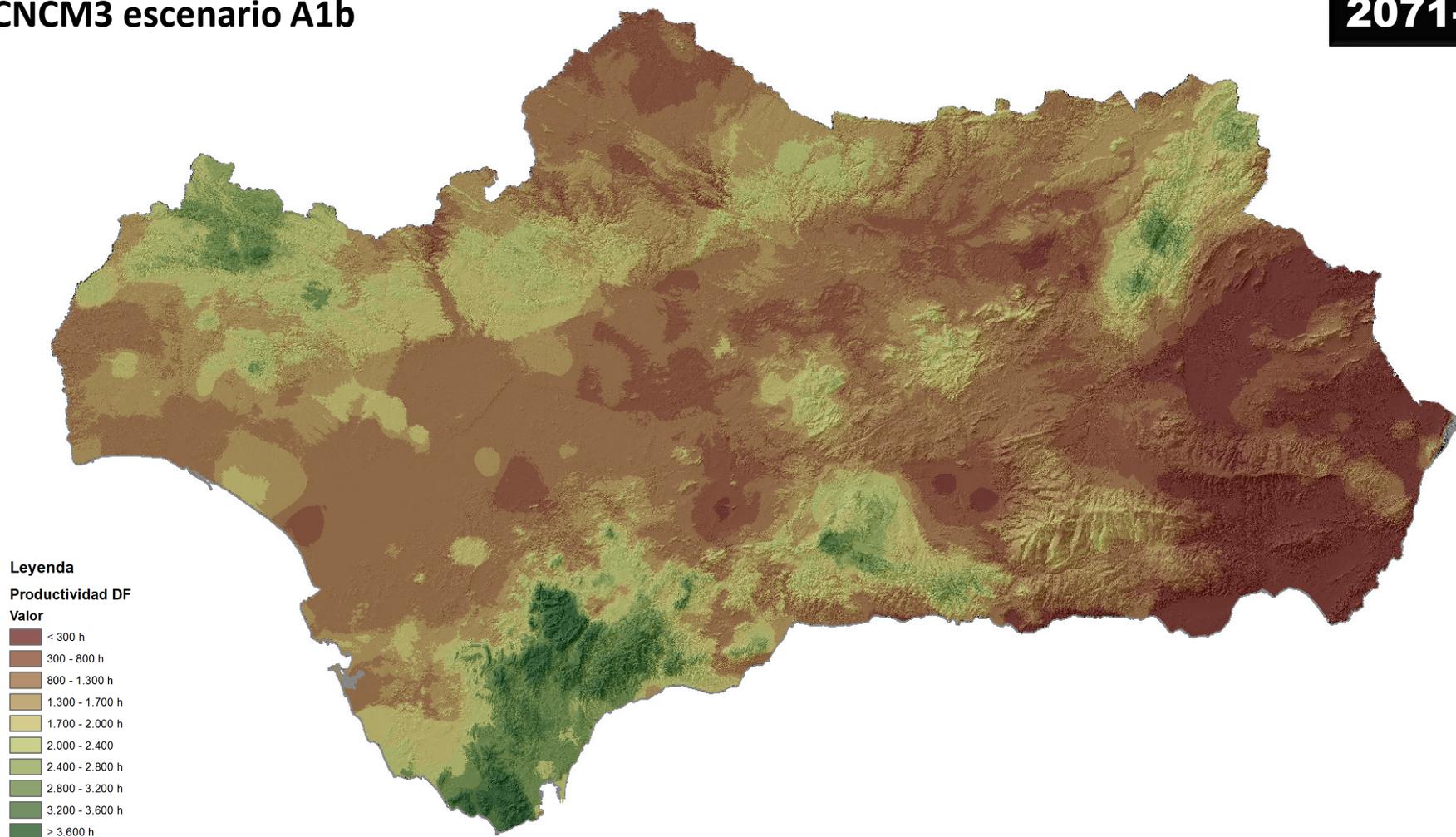
2071-99



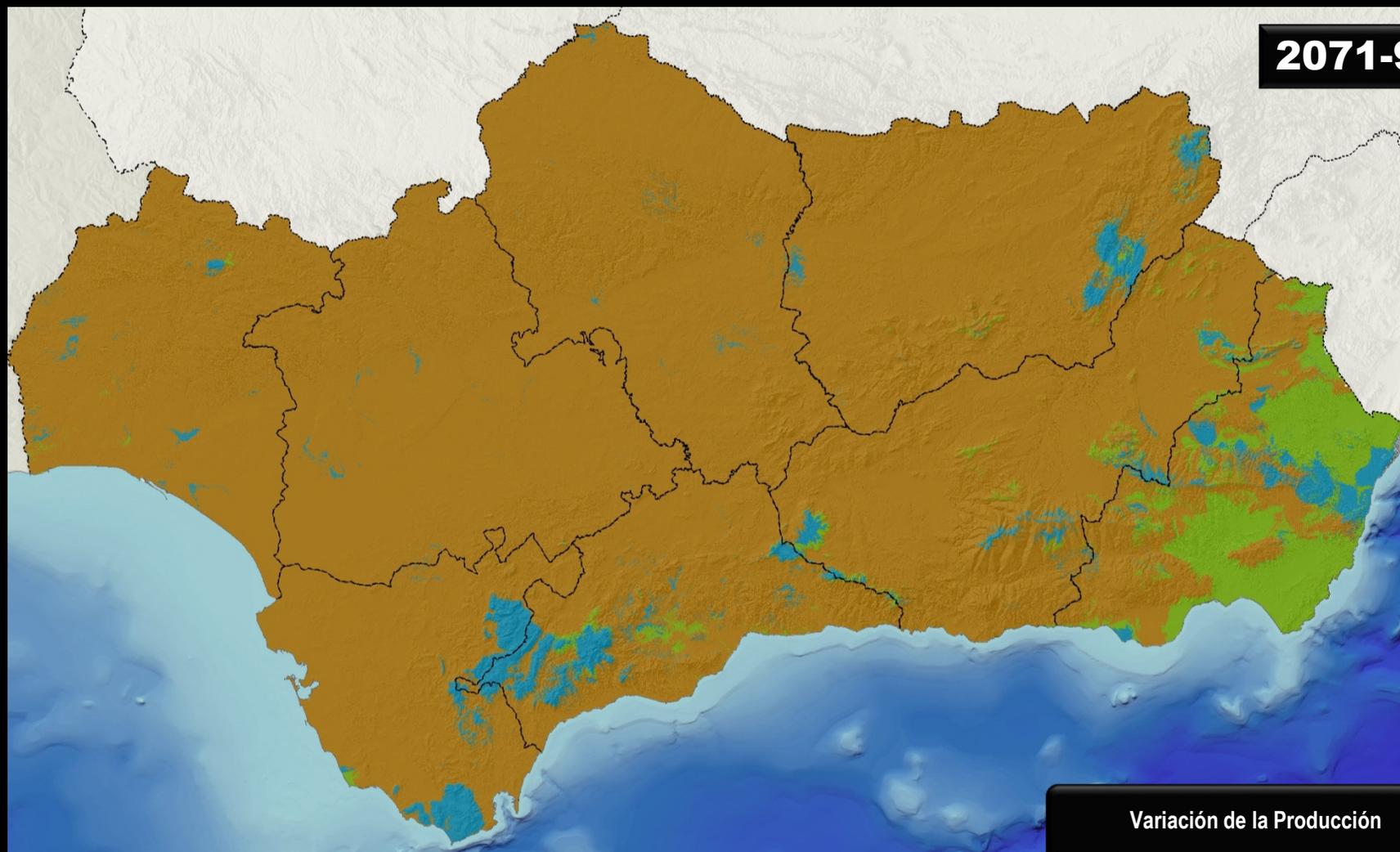
# ELCC. Contenidos: Productividad Primaria.

CNCM3 escenario A1b

2071-99



# ELCC. Contenidos: Productividad Primaria.



**2071-99**

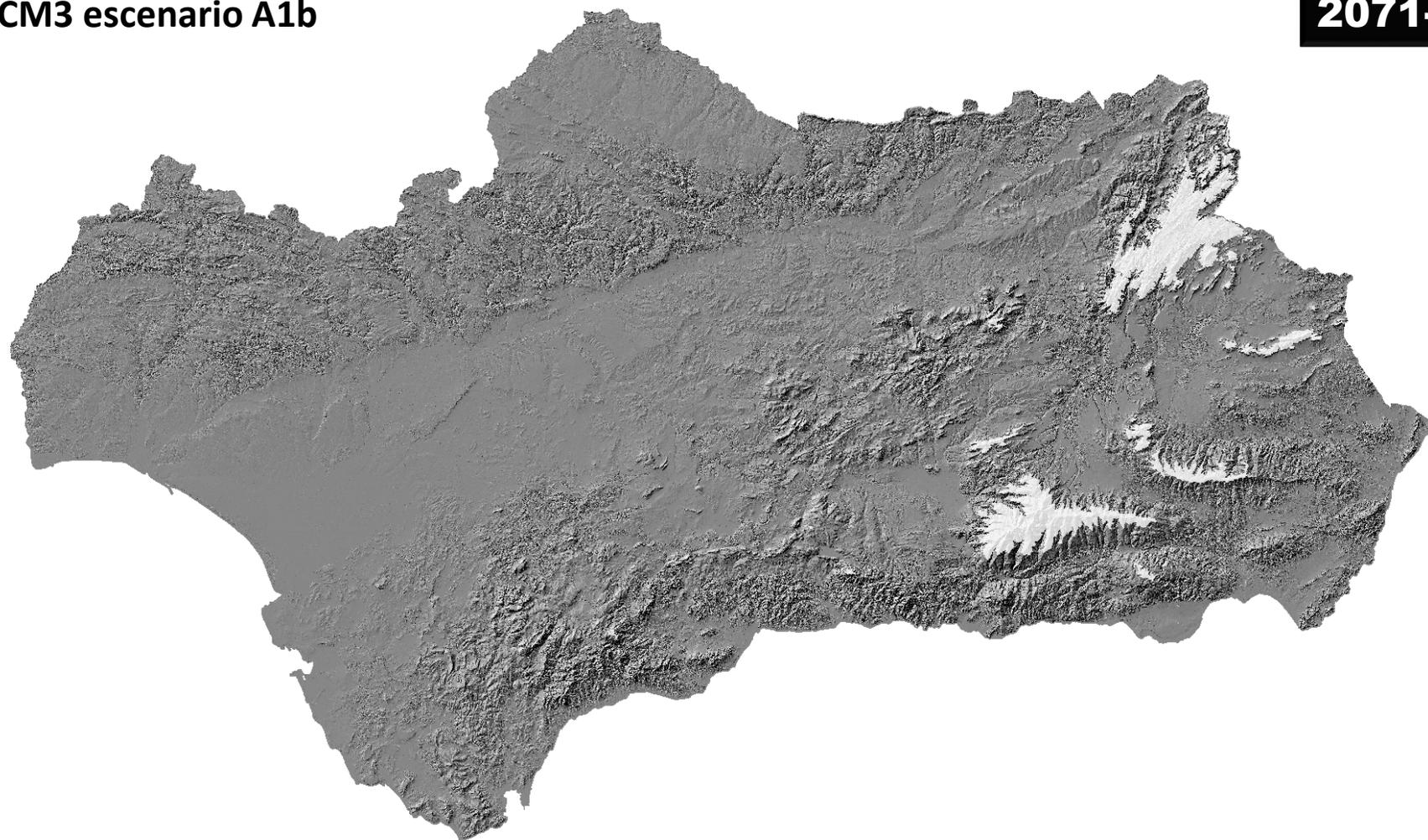
**Variación de la Producción**

-  Pérdida de productividad
-  Estabilidad
-  Aumento de la productividad

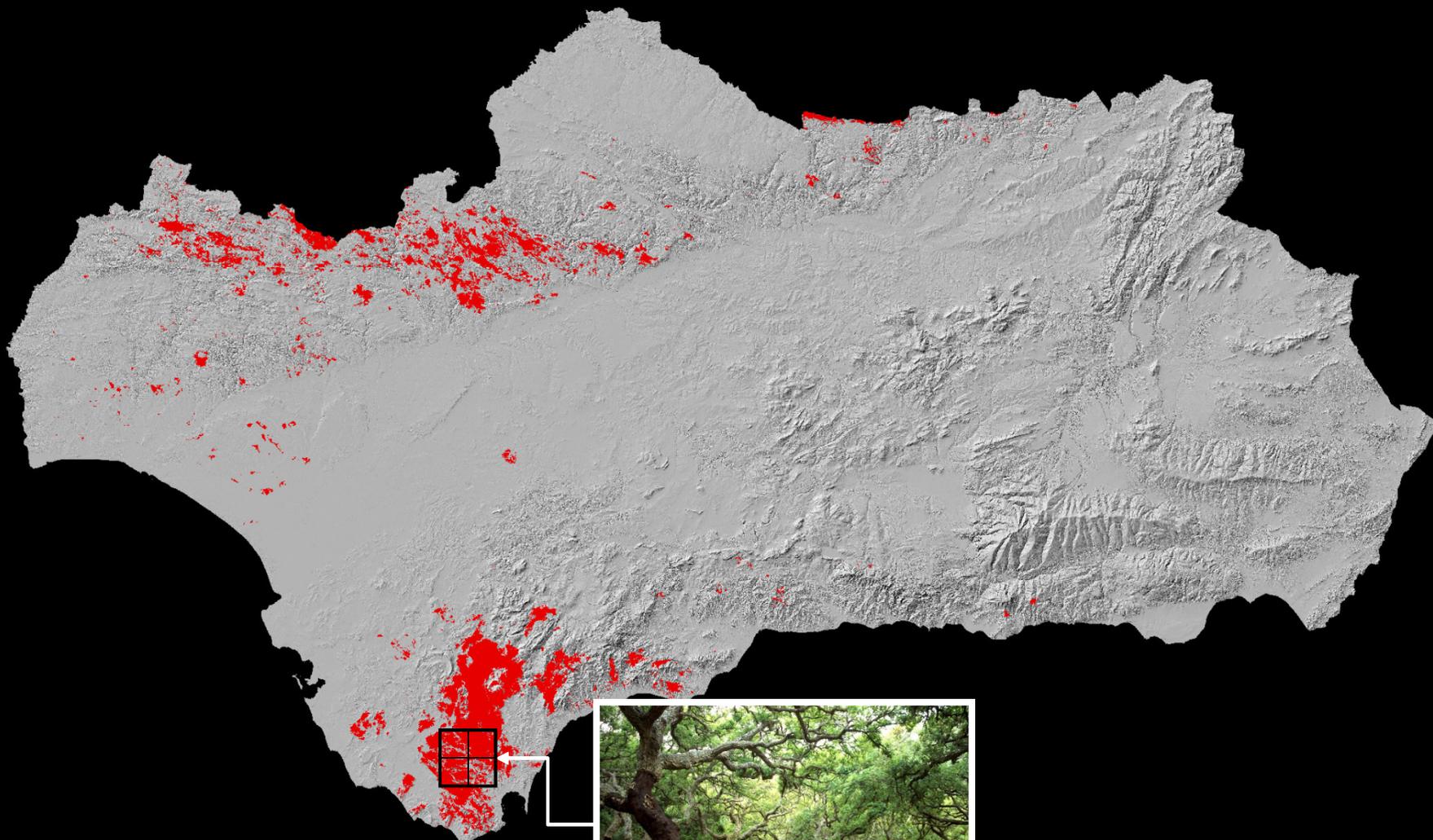
# ELCC. Contenidos: Precipitación de Nieve.

CNCM3 escenario A1b

2071-99



ELCC. Contenidos: Distribución Potencial de 12 Especies Forestales.  
*Quercus suber*

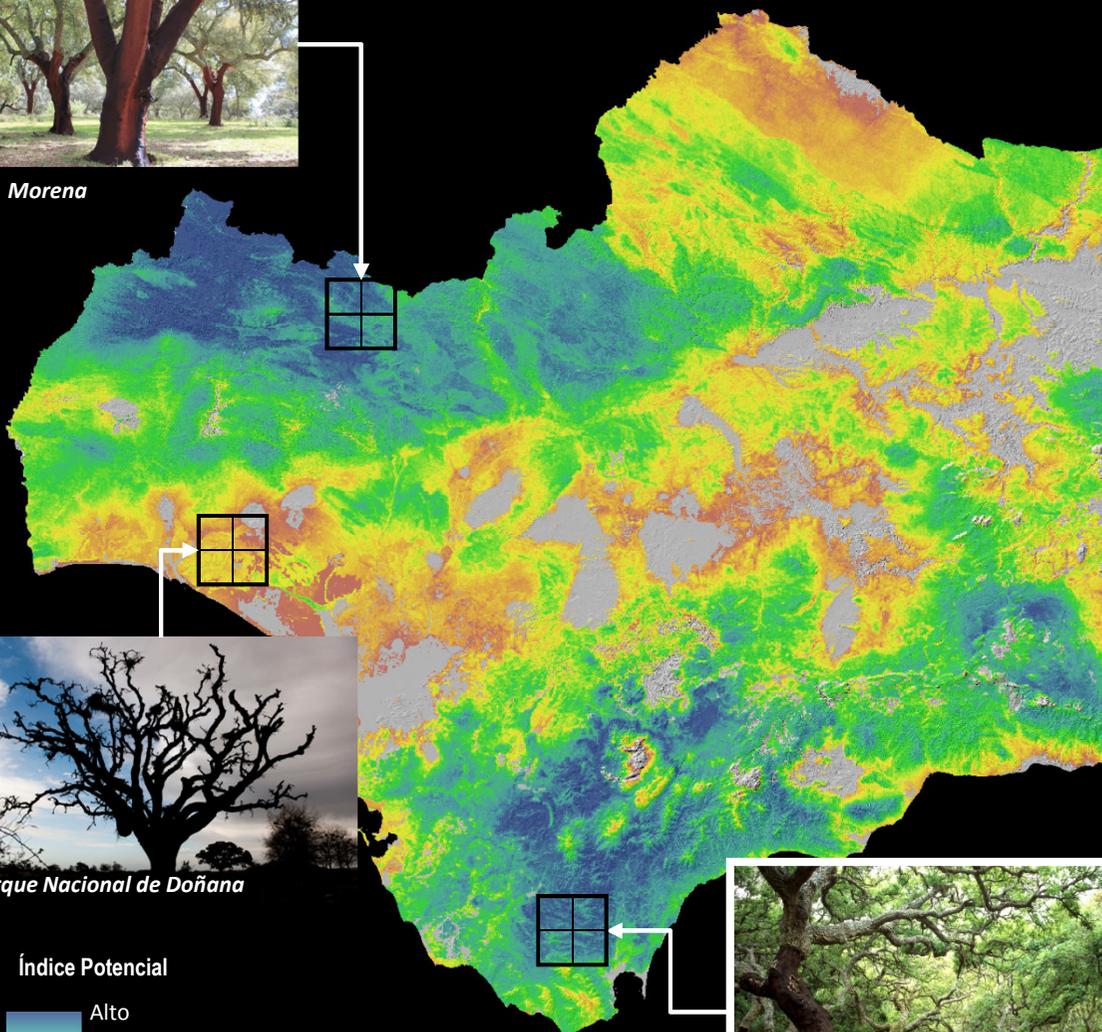


Selva Mediterránea.  
Parque Natural de los Alcornocales

# Modelo de Distribución potencial de *Quercus suber*. Periodo 1961-2000



Sierra Morena

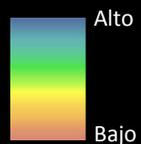


Parque Nacional de Doñana



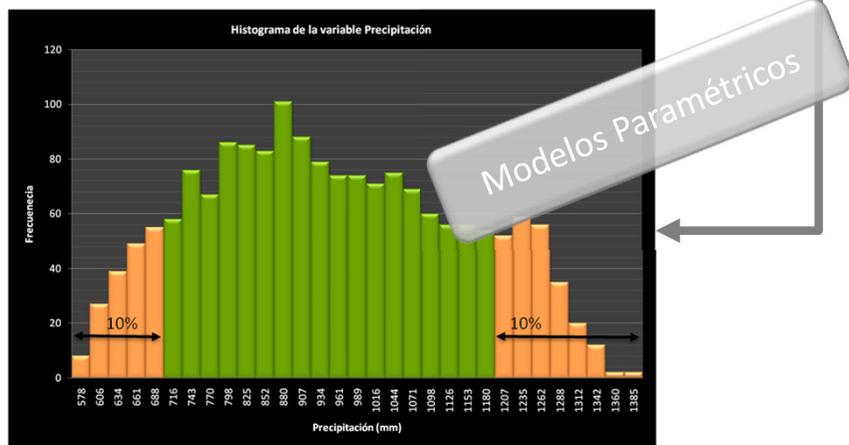
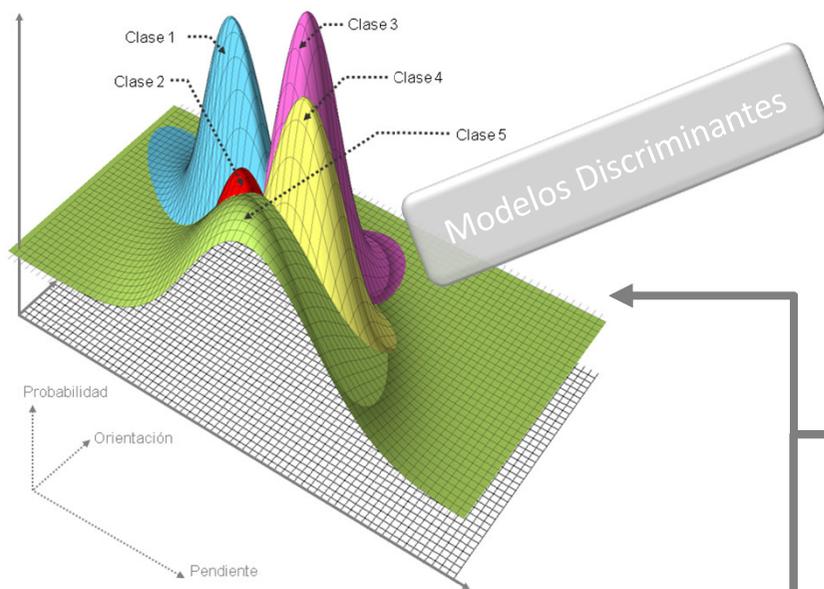
Selva Mediterránea.  
Parque Natural de los Alcornocales

Índice Potencial



ID	Nombre variable	Peso	Percentil	
			Inferior	Superior
1	Pendiente	1.0	10%	90%
2	Incidencia Solar	1.0	10%	90%
3	Precipitación de Total	1.0	10%	90%
4	Precipitación de Invierno	1.0	10%	90%
5	Precipitación de Primavera	1.0	10%	90%
6	Precipitación de Otoño	1.0	10%	90%
7	Temperatura Media Anual	1.0	10%	90%
8	Eto Total	1.0	10%	90%
9	Suma de Superavits	1.0	10%	90%
10	Suma de Deficits	1.0	10%	90%
11	Indice Hidrico Anual	1.0	10%	90%
12	Temp media del mes mas calido	1.0	10%	90%
13	Temp media del mes mas frio	1.0	10%	90%
14	Oscilacion Termica media	1.0	10%	90%
15	Media de las maximas del mes mas calido	1.0	10%	90%
16	Media de las minimas del mes mas frio	1.0	10%	90%
17	Oscilacion Termica Total	1.0	10%	90%
18	Balance Hidrico	1.0	10%	90%
19	Tiempo de Fotosintesis	1.0	10%	90%
20	Arena	1.0	10%	90%
21	Arcilla	1.0	10%	90%
22	Humedad Equivalente	1.0	10%	90%
23	Capacidad de Retencion de Agua	1.0	10%	90%
24	Caliza Activa	1.0	10%	90%
25	pH	1.0	10%	90%
26	Capacidad de Intercambio Cationico	1.0	10%	90%
27	Conductividad Hidraulica Saturada	1.0	10%	90%

# Modelo de Distribución potencial de *Quercus suber*. Periodo 1961-2000

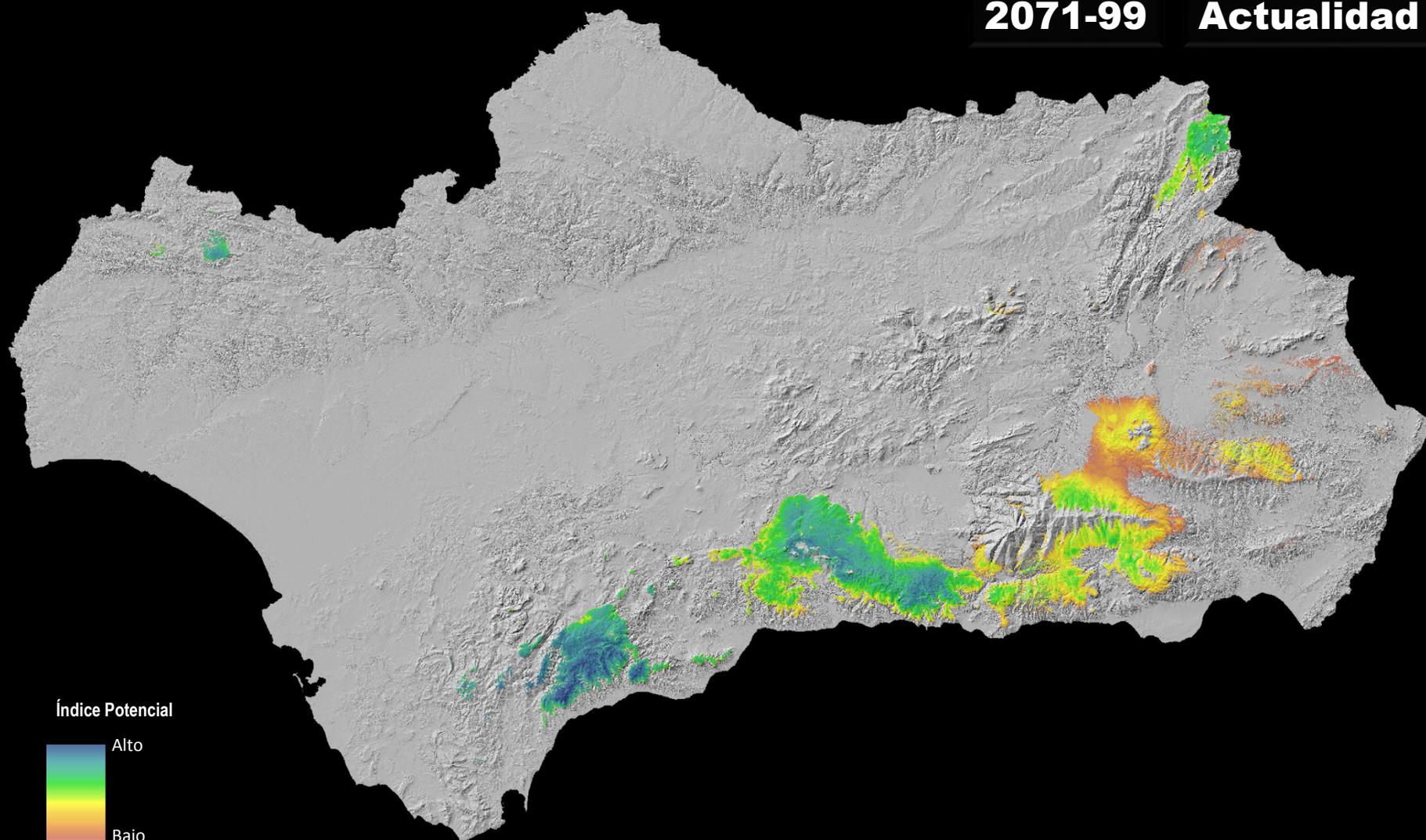


ID	Nombre variable	Peso	Percentil	
			Inferior	Superior
1	Pendiente	1.0	10%	90%
2	Incidencia Solar	1.0	10%	90%
3	Precipitación de Total	1.0	10%	90%
4	Precipitación de Invierno	1.0	10%	90%
5	Precipitación de Primavera	1.0	10%	90%
6	Precipitación de Otoño	1.0	10%	90%
7	Temperatura Media Anual	1.0	10%	90%
8	Eto Total	1.0	10%	90%
9	Suma de Superavits	1.0	10%	90%
10	Suma de Deficits	1.0	10%	90%
11	Indice Hidrico Anual	1.0	10%	90%
12	Temp media del mes mas calido	1.0	10%	90%
13	Temp media del mes mas frio	1.0	10%	90%
14	Oscilacion Termica media	1.0	10%	90%
15	Media de las maximas del mes mas calido	1.0	10%	90%
16	Media de las minimas del mes mas frio	1.0	10%	90%
17	Oscilacion Termica Total	1.0	10%	90%
18	Balance Hidrico	1.0	10%	90%
19	Tiempo de Fotosintesis	1.0	10%	90%
20	Arena	1.0	10%	90%
21	Arcilla	1.0	10%	90%
22	Humedad Equivalente	1.0	10%	90%
23	Capacidad de Retencion de Agua	1.0	10%	90%
24	Caliza Activa	1.0	10%	90%
25	pH	1.0	10%	90%
26	Capacidad de Intercambio Cationico	1.0	10%	90%
27	Conductividad Hidraulica Saturada	1.0	10%	90%

# Proyección del Índice Potencial de *Quercus suber* (CNM3 escenario Ab1)

2071-99

Actualidad



Índice Potencial

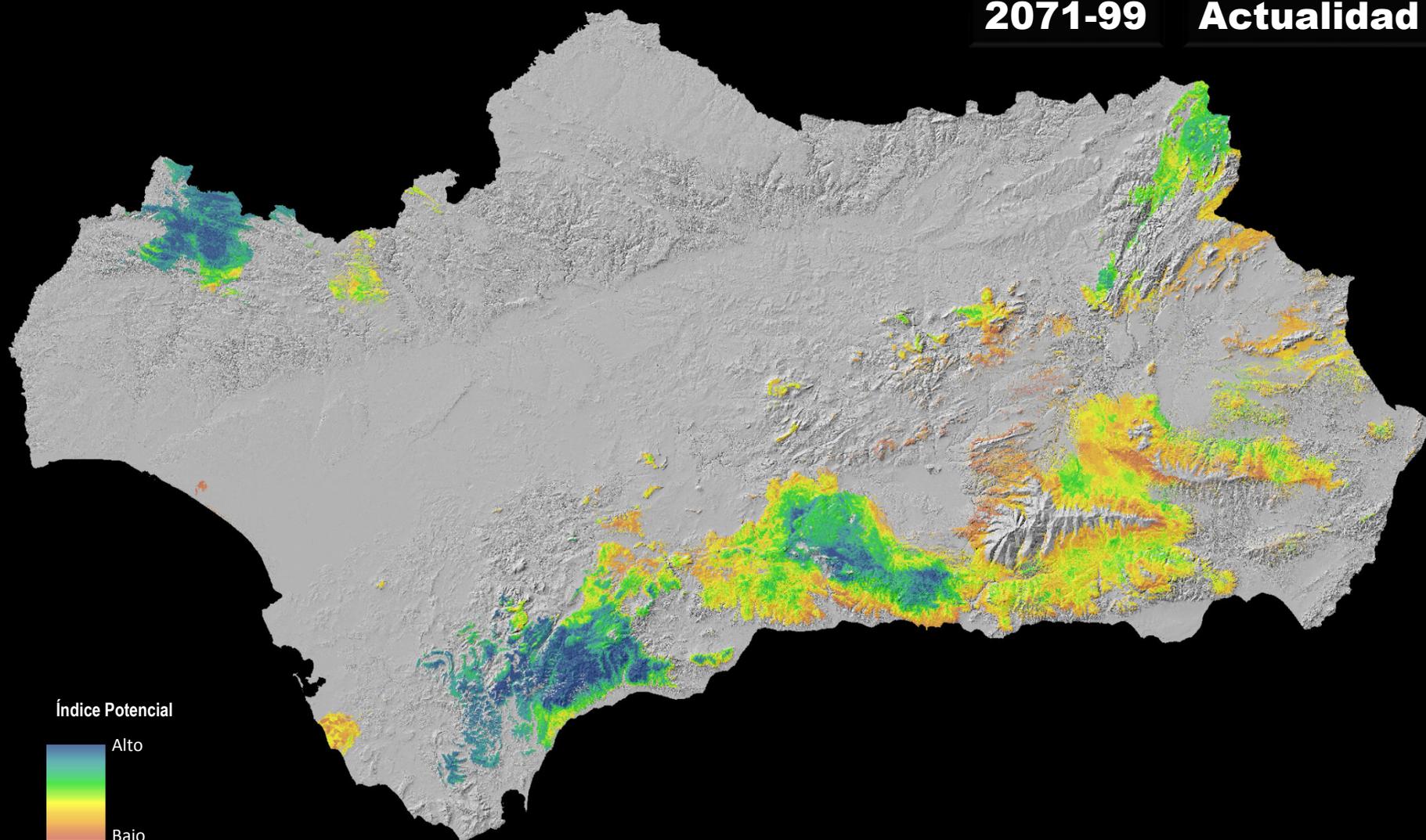
Alto

Bajo

# Proyección del Índice Potencial de *Quercus suber* (CNM3 escenario B1)

2071-99

Actualidad



## Soluciones de Adaptación



Información, Conocimiento y Experiencia + Empatía

Estrategia Gato = Simulación y Error

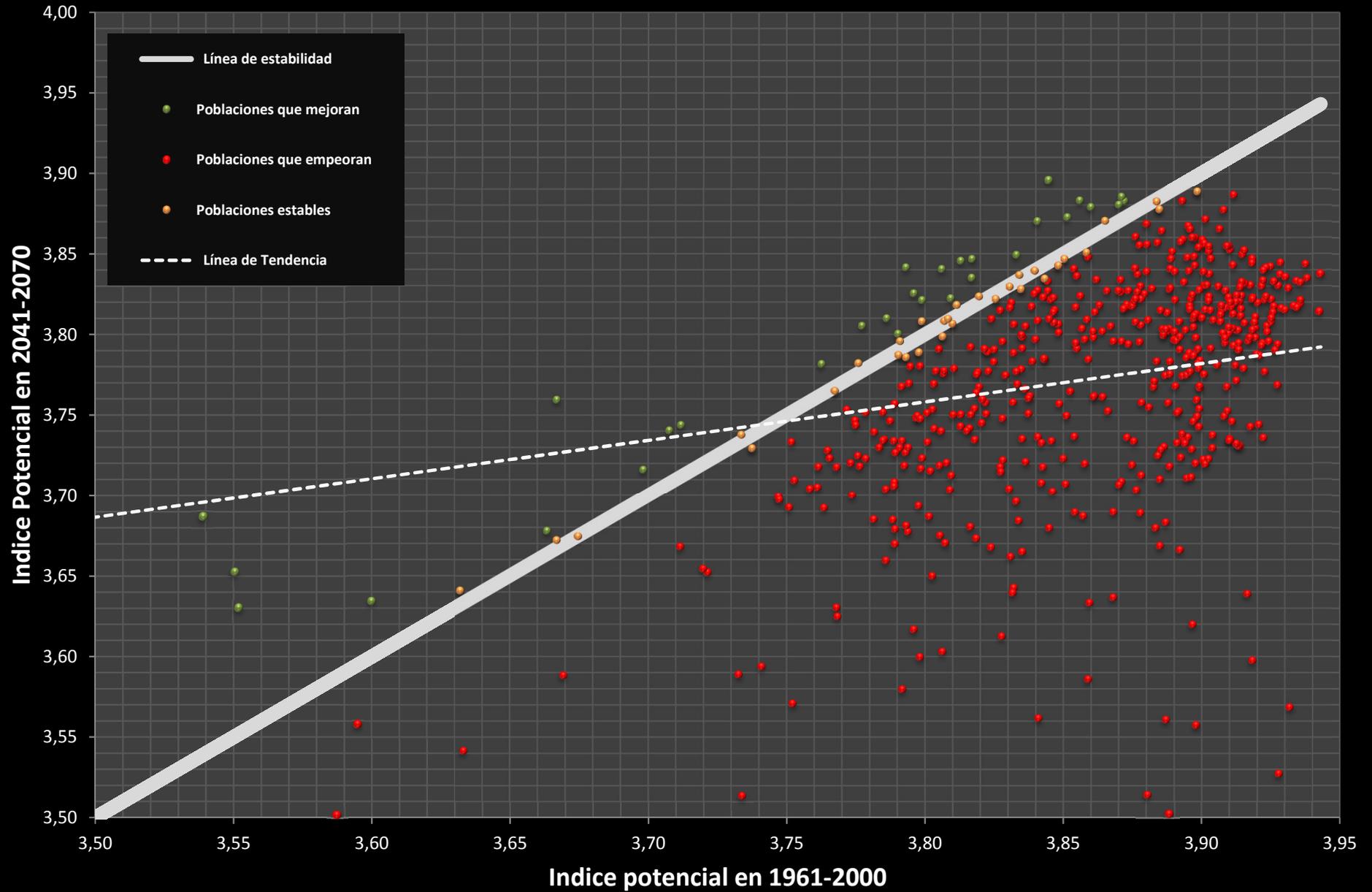


Recursos Económicos ilimitados

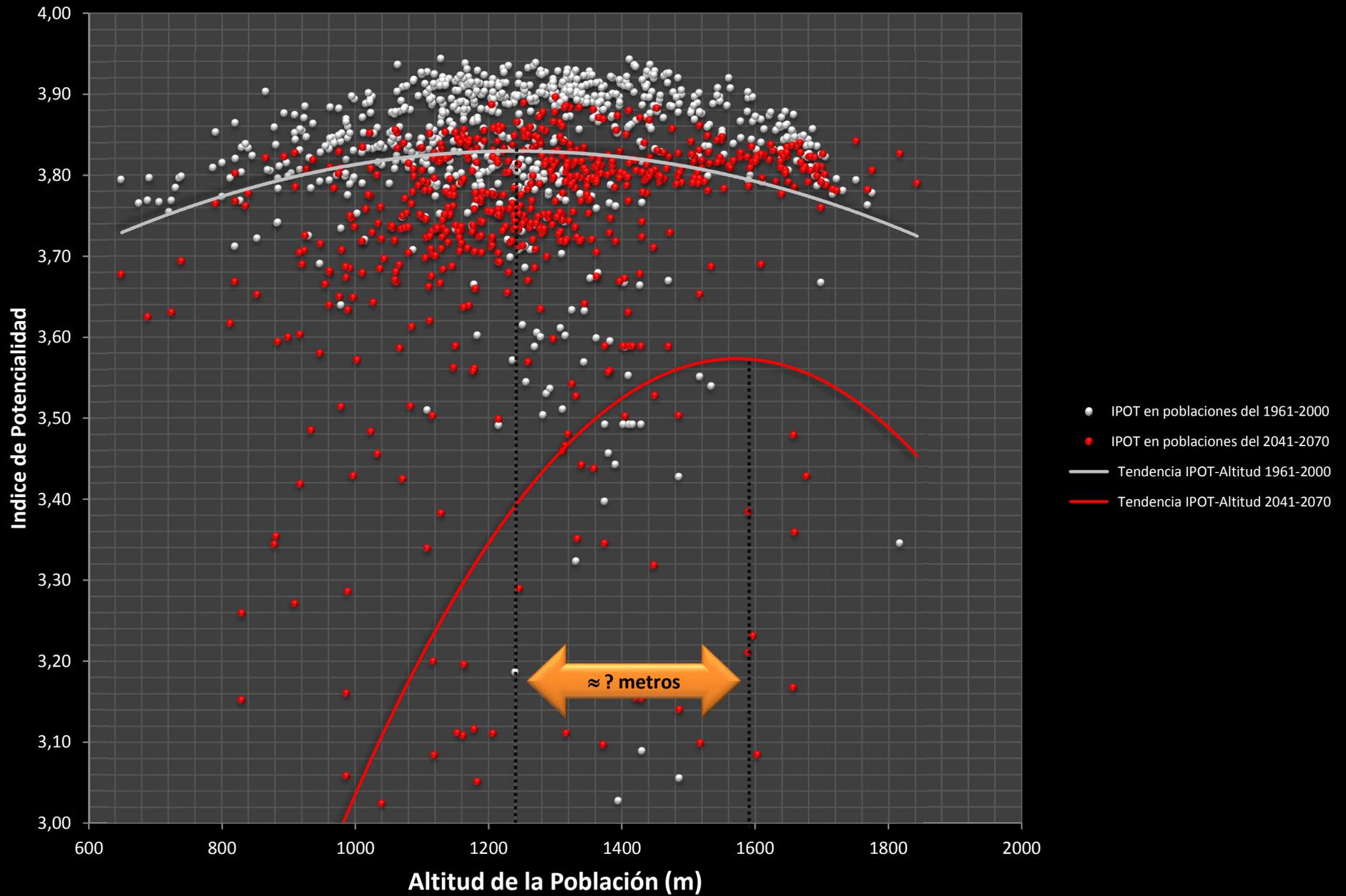
Estrategia Camarón = Prueba (real) y Error

# Adaptación en Medio Natural. Plan de Recuperación del Pinsapo

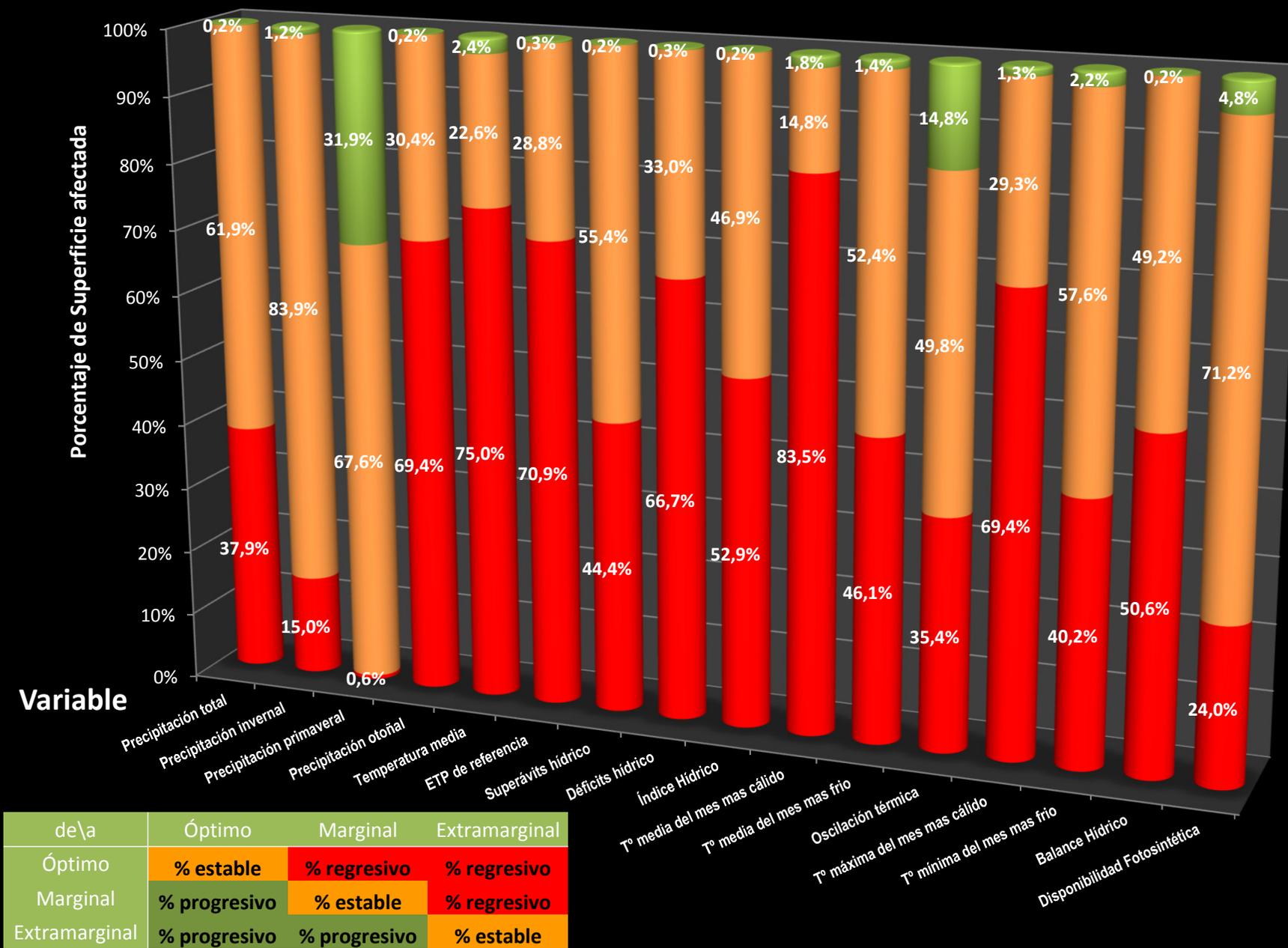
Transformación del Índice Potencial entre los periodos 1961-2000 y 2041-2070 (A1b CNCM3)



### Factor de la Altitud frente a la evolución del Índice de Potencial en el escenario A1b (MCG CNCM3)



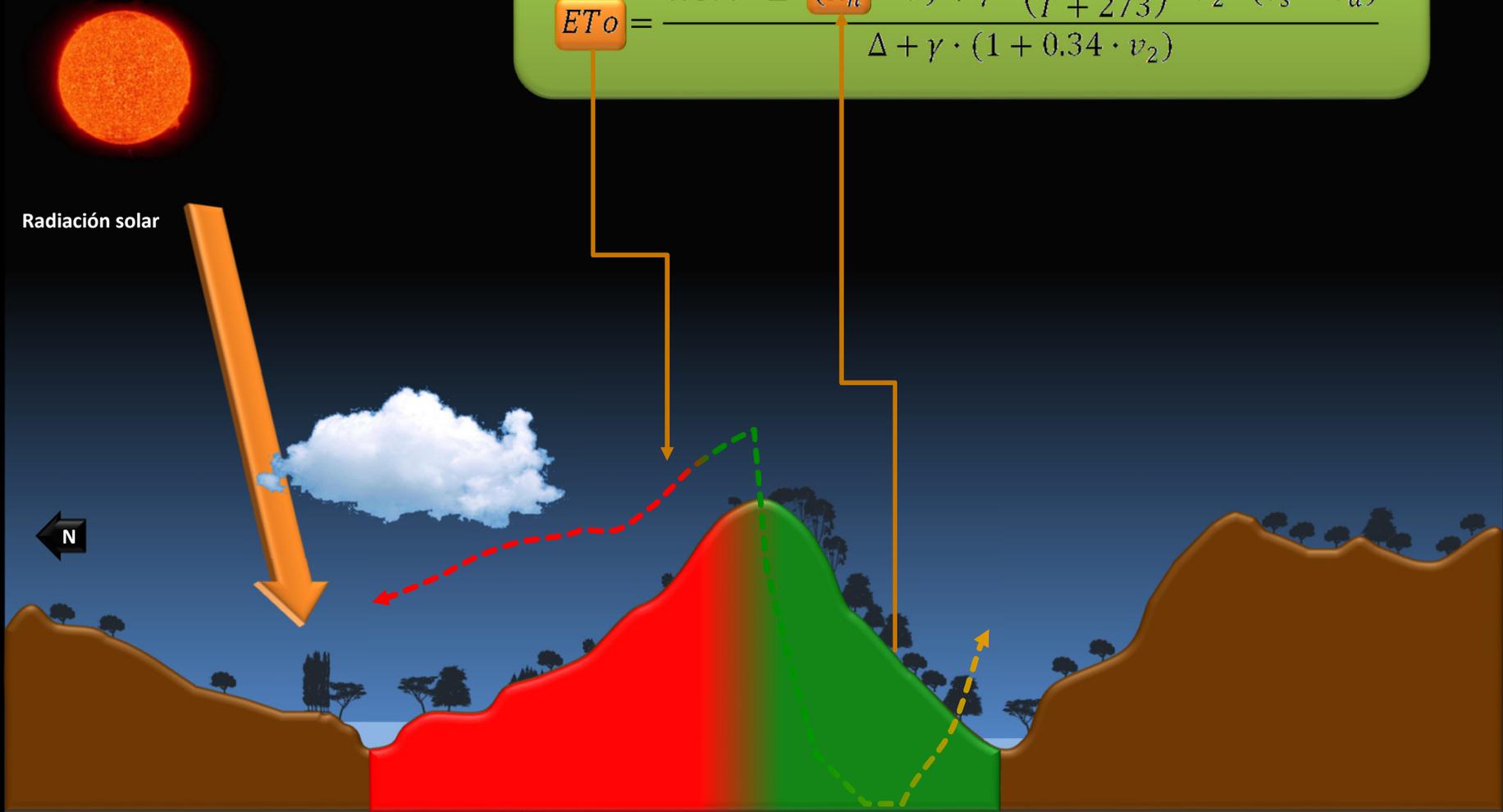
## Variables Críticas del Hábitats. Periodo de referencia 1961-2000 y 2041-2070. (CNCM3 A1b)



# Modelos de Simulación Local

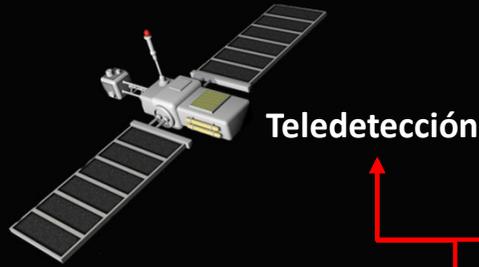
## Evapotranspiración

$$ET_o = \frac{0.408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot \left(\frac{900}{T + 273}\right) \cdot v_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0.34 \cdot v_2)}$$





# Radiación Solar Neta



## Sistema de Visibilidad de Andalucía



$$R_n = k \cdot R_a \cdot \sqrt{T_{\max} - T_{\min}} \cdot (1 - \alpha) \cdot \frac{S_n}{sh_n \cdot \cos p} + R_r - R_{ol}$$

Radiación solar extraterrestre

Temperatura

Albedo

Radiación de onda larga

Radiación reflejada

Coefficiente de Incidencia solar

MDE  
y  
Modelo de Incidencia Solar

# Balance Hídrico



Incidencia Solar

Radiación Neta

$$Rn = k \cdot R_a \cdot \sqrt{T_{\max} - T_{\min}} \cdot (1 - \alpha) \cdot \frac{S_n}{sh_n \cdot \cos p} + R_r - R_{ol}$$

Evapotranspiración

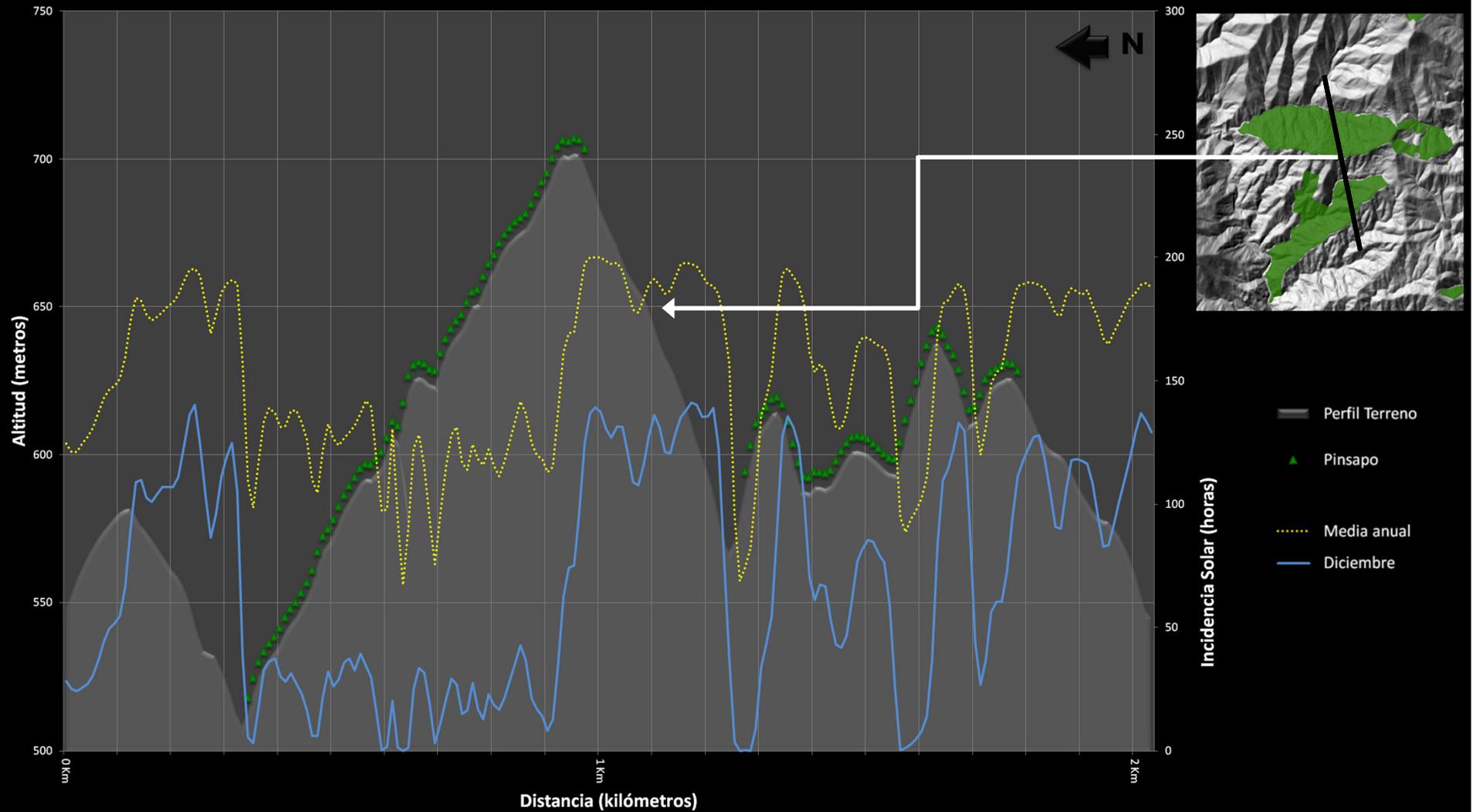
$$ET_o = \frac{0.408 \cdot \Delta \cdot (Rn - G) + \gamma \cdot \left( \frac{900}{T + 273} \right) \cdot v_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0.34 \cdot v_2)}$$

Balance Hídrico

$$Bh = \frac{1}{12} \cdot \sum_{i=1}^{i=12} \text{con}((bh_{i-1} + P_i) - ET_o_i, 0)$$

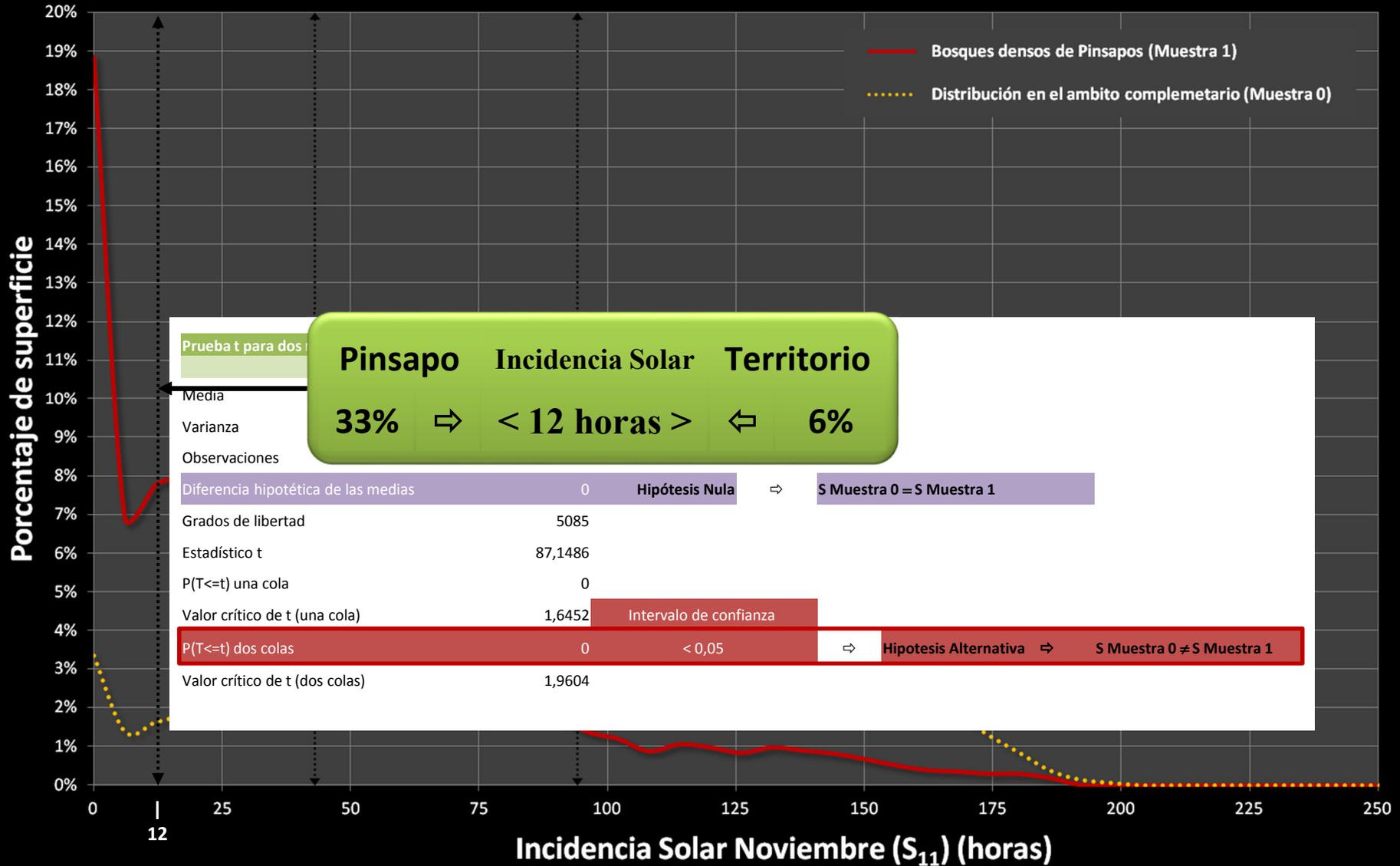
# Modelo de Incidencia Solar y Vegetación El Pinsapo

Distribución de la Incidencia Solar en un Perfil Norte-Sur. Sierra de las Nieves



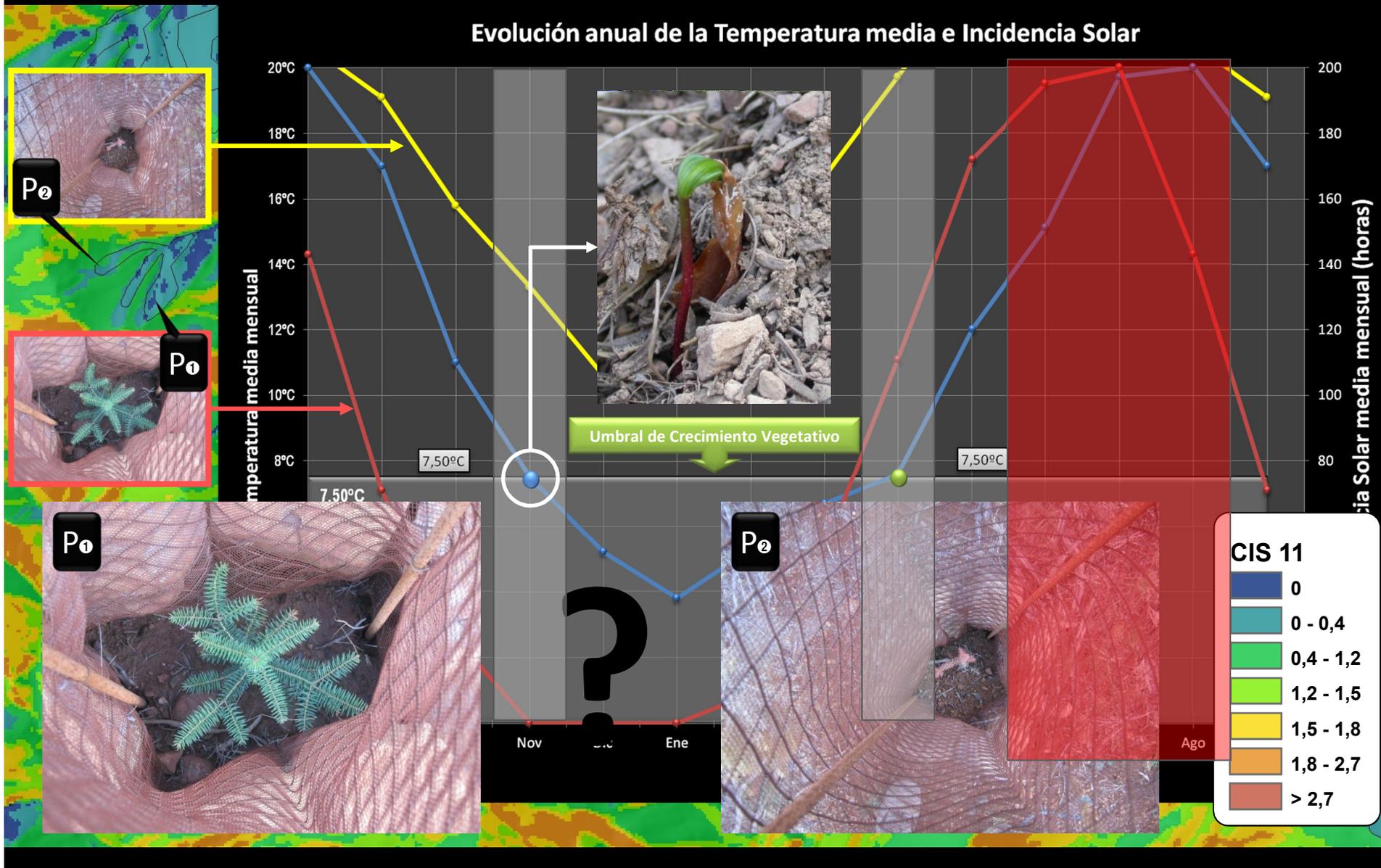
# Modelo de Incidencia Solar y Vegetación. El Pinsapo

Curva de distribución de la Incidencia Solar de Noviembre para Bosques densos de Pinsapo



# ¿Dónde Invertir?. Información + Experiencia = Conocimiento.

## Evolución anual de la Temperatura media e Incidencia Solar



Umbral de Crecimiento Vegetativo

**CIS 11**

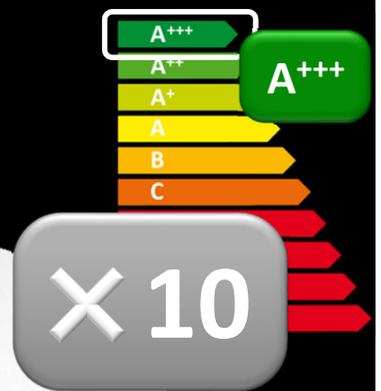
0
0 - 0,4
0,4 - 1,2
1,2 - 1,5
1,5 - 1,8
1,8 - 2,7
> 2,7

**Adaptación en Medio Urbano.**

**Soluciones Basadas en la Naturaleza e Infraestructura Verde.**

# Bombilla Incandescente

# Bombilla Led



10 lm (1 W) Luz visible      96 lm (7 W)

EE = 2,5%

EE = 22,0%

Luz no visible

P = 97,5%

P = 78%

Calor

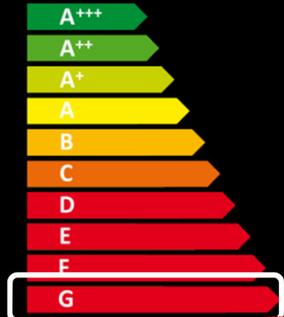
Calor

40 W

32 W



# Modelo Urbano Tradicional



G

0,9 MJ/m<sup>2</sup>·dia Enfriamiento

EE = 3,1%

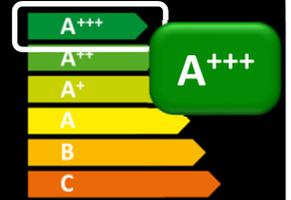
$R_r + G + R_{ol}$

P = 96,9%

Calor

28,9 MJ/m<sup>2</sup>·dia

# Modelo Urbano con Infraestructura Verde



A+++

19,8 MJ/m<sup>2</sup>·dia

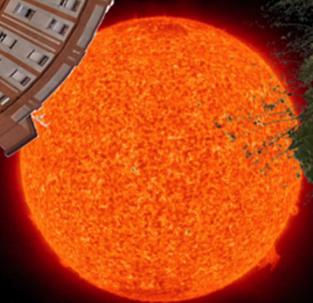
EE = 68,5%

P = 31,5%

Calor = -12%

28,9 MJ/m<sup>2</sup>·dia

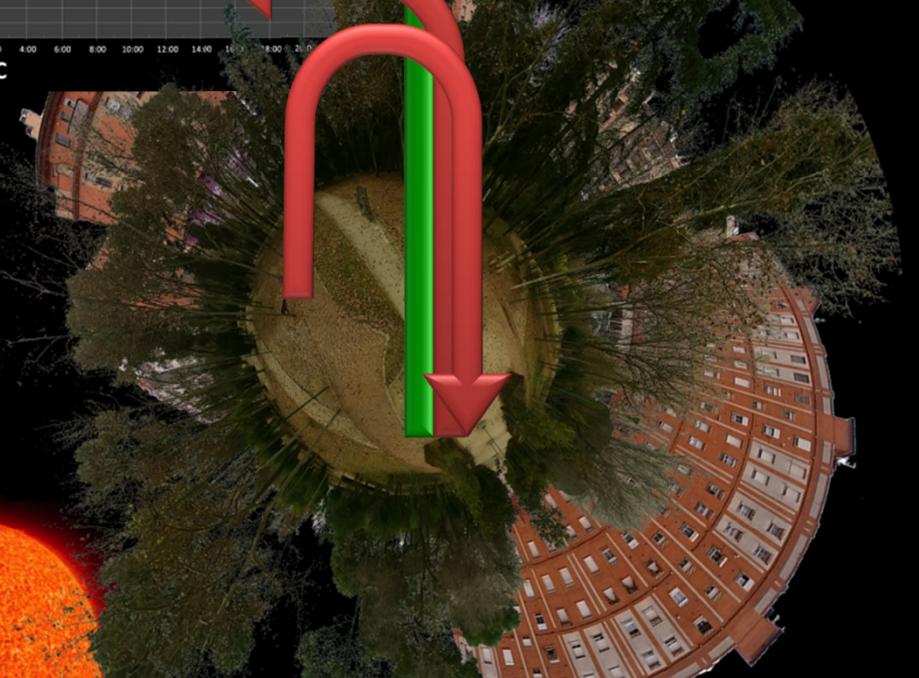
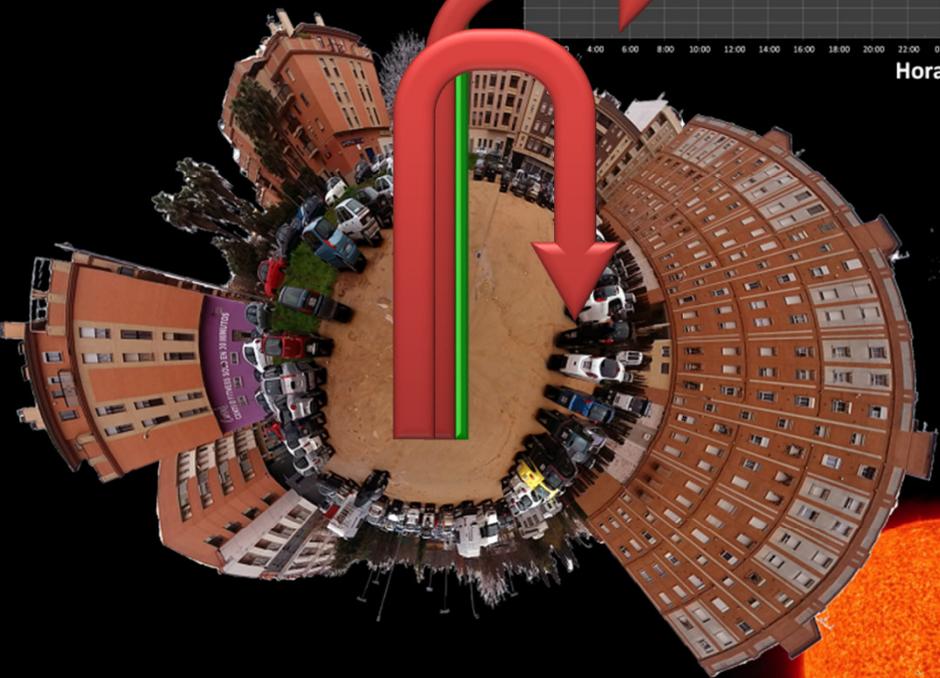
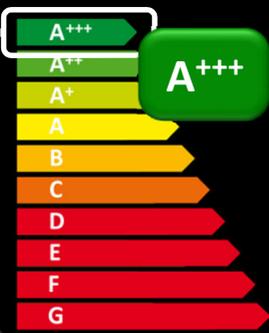
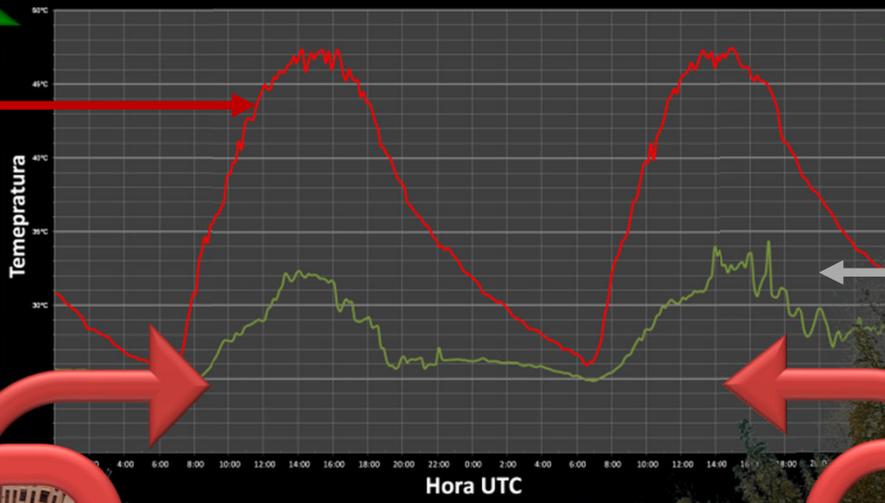
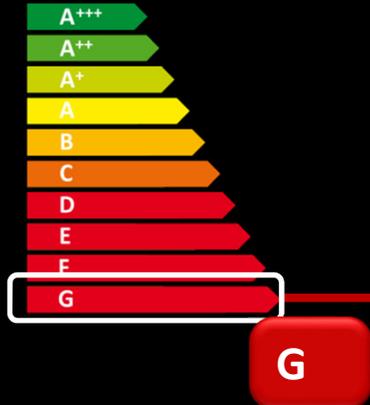
× 22



# Modelo Urbano Tradicional

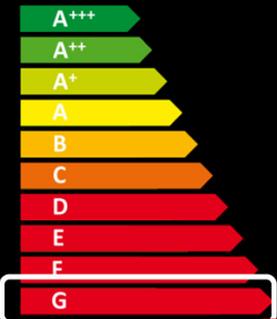
# Infraestructura Verde

Comparativa del comportamiento de 2 modelos urbanos expuestos a ola de calor

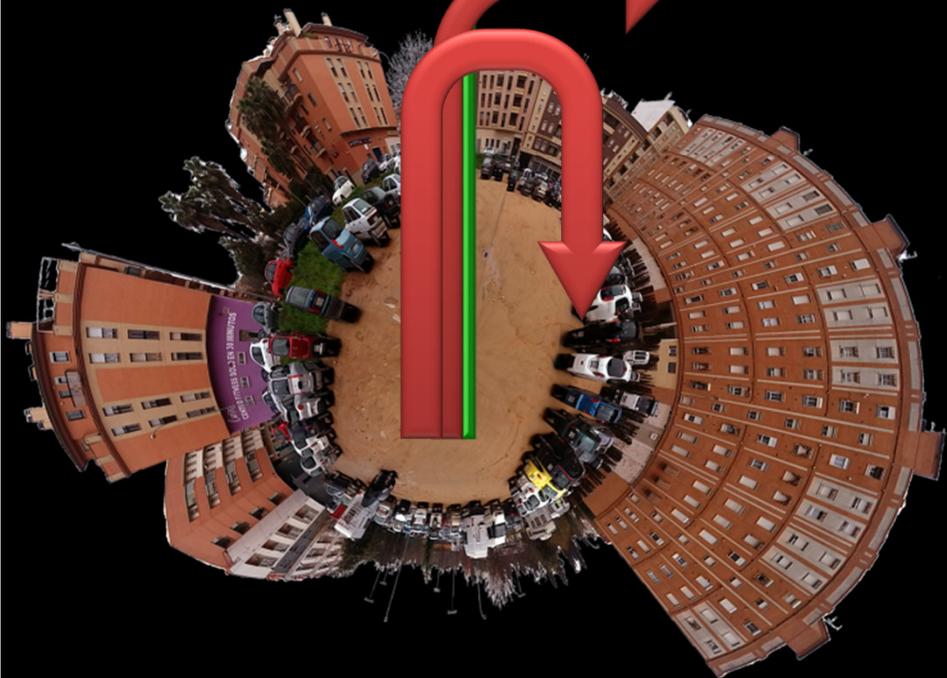


28,9 MJ/m<sup>2</sup>·dia

28,9 MJ/m<sup>2</sup>·dia



G



≠

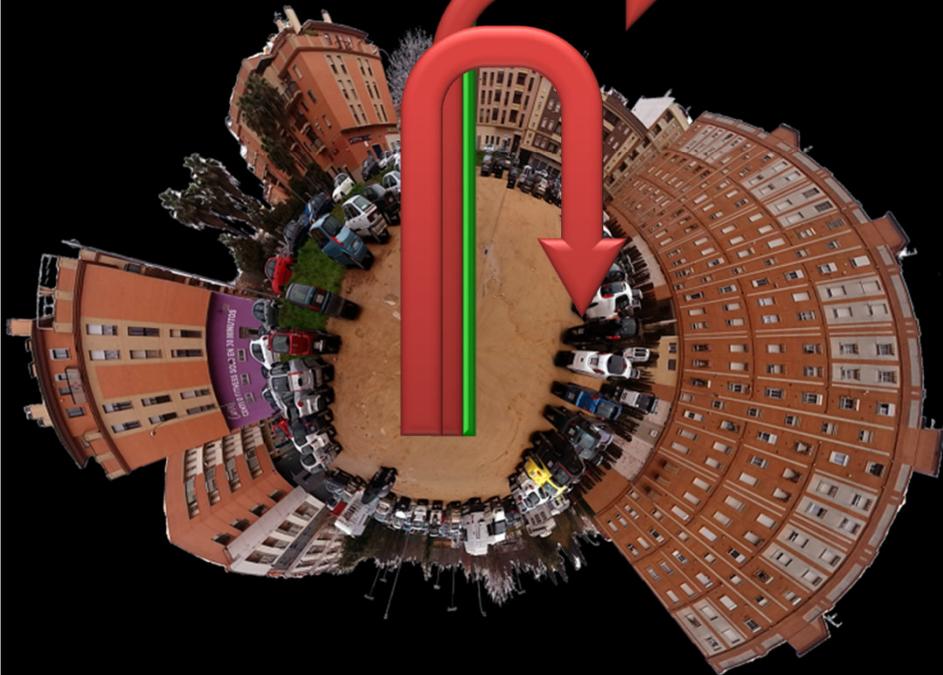


E



- A+++
- A++
- A+
- A
- B
- C
- D
- E
- F
- G

G



=

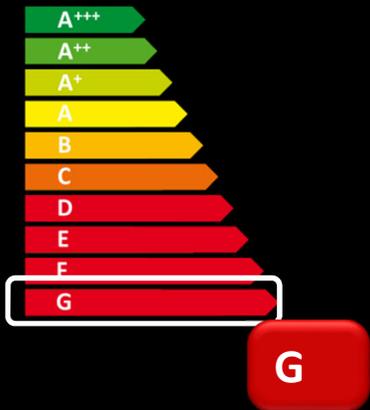


- A+++
- A++
- A+
- A
- B
- C
- D
- E
- F
- G

G

Movilidad motorizada:

Climatización forzada:



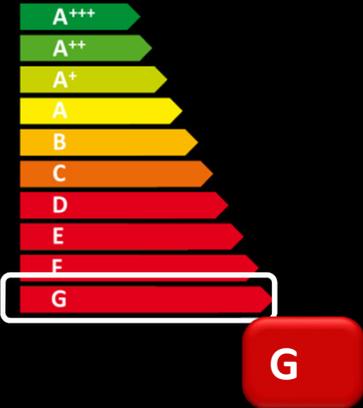
Degradación de la calidad de vida:



Grandes superficies:

Pobreza energética:

Turismo y ocio:



**BAJO ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO:**

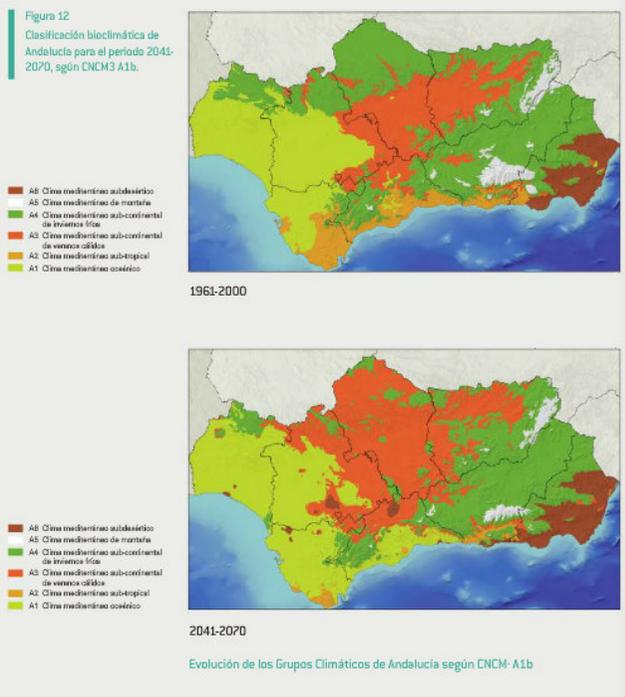
Estilo de vida confinado:



Sistema perverso:  
Isla de Calor y Cambio Climático:

# Comunicación. El Clima de Andalucía del Siglo XXI

Figura 12  
Clasificación bioclimática de Andalucía para el periodo 2041-2070, según CNCM3 A1b.



En resumen, la nueva configuración climática en el presente siglo, estará caracterizada por la proliferación de la clase climática mediterránea subcontinental de veranos cálidos, que actualmente ocupa la parte alta del Valle del Guadalquivir. El clima mediterráneo subcontinental de inviernos fríos, actualmente el más extenso, pasará a un segundo plano, llegando a quedar como relicto en zonas como Sierra Morena. La costa mediterránea experimentará un importante incremento de días de calor, propio de la zona de influencia atlántica, mientras que el incremento de la aridez será la tónica general en el resto de grupos. El clima de montaña quedará reducido a las zonas más altas de Andalucía arinconado por el clima subcontinental de inviernos fríos, el más perjudicado junto al subtropical. Como se adelantó al principio de este documento, el carácter mediterráneo del clima andaluz no va a cambiar sino que se acentuará tanto en su amplitud (meses secos y cálidos del año) como profundidad (magnitud de la aridez). Esta aridez se irá extendiendo desde las unidades bioclimáticas más secas y cálidas, ocupando el lugar de los enclaves frescos y húmedos, logándose a producir una simplificación de la diversidad climática de Andalucía.

### 1.2.3 EVOLUCIÓN DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS

En este punto va a realizarse un análisis de los resultados de las variables climáticas y bioclimáticas más importantes bajo la óptica de su evolución espacial.

La tabla nº 10 facilita los resultados agregados por provincia para la temperatura media anual en los diferentes escenarios usados en el modelo CNCM3.

Al igual que en los resultados agregados para toda Andalucía, vuelve a quedar patente la diferencia entre escenarios, donde el A2 arroja las mayores diferencias de temperatura. Sin embargo, con estos datos podemos empezar a diferenciar entre regiones, destacando como era de esperar, que será en las provincias más continentales donde se produzcan los mayores incrementos de esta variable. Córdoba en primer lugar, seguida muy de cerca por Jaén, serán las provincias que

con toda seguridad y en cualquiera de los escenarios experimenten los mayores incrementos de temperatura media anual, mientras que Almería donde menos.

Tabla 10. Temperatura media anual agrupada por provincias según los escenarios A1b, A2 y B1, y MCG CNCM3.

Provincias	Periodo Climático				DIF.
	1961-00	2011-40	2041-70	2071-99	
<b>Temperatura Anual según CNCM3 A1b (°C)</b>					
Córdoba	16,4	17,5	18,9	19,9	3,5
Jaén	15,3	16,3	17,7	18,6	3,3
Huelva	17,3	18,3	19,6	20,5	3,2
Sevilla	17,3	18,3	19,6	20,5	3,2
Granada	13,5	14,5	15,9	16,7	3,2
Almería	15,6	16,4	17,6	18,3	2,7
Málaga	15,9	16,9	18,1	18,9	3,0
Cádiz	17,4	18,3	19,5	20,3	2,9
<b>Temperatura Anual según CNCM3 A2 (°C)</b>					
Córdoba	16,4	17,3	18,8	20,8	4,2
Jaén	15,3	16,1	17,6	19,4	4,1
Huelva	17,3	18,1	19,5	21,2	4,0
Sevilla	17,3	18,1	19,5	21,2	3,9
Granada	13,5	14,4	15,7	17,5	4,0
Almería	15,6	16,3	17,4	18,9	3,4
Málaga	15,9	16,7	18,0	19,5	3,6
Cádiz	17,4	18,1	19,4	21,0	3,6
<b>Temperatura Anual según CNCM3 B1 (°C)</b>					
Córdoba	16,4	17,6	18,1	18,7	2,3
Jaén	15,3	16,4	16,9	17,5	2,2
Huelva	17,3	18,4	18,8	19,4	2,1
Sevilla	17,3	18,4	18,8	19,4	2,1
Granada	13,5	14,6	15,1	15,6	2,1
Almería	15,6	16,5	16,9	17,3	1,8
Málaga	15,9	17,0	17,3	17,9	1,9
Cádiz	17,4	18,4	18,8	19,3	1,9

# Visor Cartográfico de los efectos del Cambio Climático sobre el Paisaje

Archivo Editar Ver Historial Marcadores Herramientas Ayuda

Visor OGC

rediam-test2.cica.es/VisorGenericoPaisajes/?urlKml=http://rediam-test2.cica.es/visorpaisajes/data/kml/paisajes.kml&hKml=620&wKml=750

Google

Visor genérico  
Visor de servicios OGC de la Red de información ambiental de Andalucía

JUNTA DE ANDALUCÍA  
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO

adaptaclima II

Fecha relativa

Presente/Futuro

Fotos

Comparador

Imagen o Leyenda

Par de Imágenes

Descripción

Base de referencia: Google Satellite

Unidades bioclimáticas SUDOE

Unidades bioclimáticas SUDOE

Añadir desde el catalogo + Añadir

adaptaclima II SUDOE

Rediam

-7.09717, 37.87702 WGS84 Ir a coordenadas

# Visor Cartográfico de los efectos del Cambio Climático sobre el Paisaje

Archivo Editar Ver Historial Marcadores Herramientas Ayuda

Visor OGC

rediam-test2.cica.es/VisorGenericoPaisajes/?urlKml=http://rediam-test2.cica.es/visorpaisajes/data/kml/paisajes.kml&hKml=620&wKml=750

Google

**Visor genérico**  
Visor de servicios OGC de la Red de información ambiental de Andalucía

JUNTA DE ANDALUCÍA  
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO

Capas

- Base de referencia: Google Satellite
- Unidades bioclimáticas SUDOE
- Unidades bioclimáticas SUDOE

Añadir desde el catalogo + Añadir

**adaptaclima II**

gestor, que pierde interés en un lugar en progresiva degradación, deterioro del muro de roca seca. Sin embargo, el lugar sigue manteniendo una carga ganadera gracias a que la falta de producción local puede compensarse con la alimentación suplementaria exterior, lo que da lugar a que la comunidad vegetal no pueda ser sustituida por una más acorde a la nueva situación.

**Presente/Futuro**

Leyenda

a

b

d

adaptaclima II SUDOE

WGS84 Ir a coordenadas

Rediam

# Difusión



### Adaptación

- Programa de adaptación
- Escenarios de cambio climático**
- Vulnerabilidad, impactos y medidas
- Seguimiento del Cambio Global en Andalucía

## Elaboración de Escenarios Locales de Cambio Climático de Andalucía

¿Te interesa? ☆☆☆☆☆ | Resultado ★★★★★ 716 votos

La principal herramienta para la prospección del clima de las próximas décadas son los denominados **Modelos de Circulación General**, estudios del clima realizados a escala planetaria. Sin embargo, **su utilidad es muy limitada a escala regional o local** a la hora de diseñar acciones de adaptación porque su resolución es insuficiente para aportar una detallada descripción de la topografía (cordilleras, líneas de costa, etc.), y por tanto, de los condicionamientos que ésta misma ejerce sobre el clima. Este factor es de gran importancia en zonas como Andalucía, cuyos climas son el resultado de la circulación global de la atmósfera, y de las interacciones de este flujo a macroescala y la orografía, los contrastes mar-tierra y de otros efectos de carácter más local.

Los **Escenarios Locales de Cambio Climático de Andalucía (ELCCA)** son la particularización a escala regional de los cambios esperados en el Clima en las próximas décadas, según estudios realizados a escala planetaria.

- ¿Cómo se puede conocer el clima del presente siglo si no es posible conocer la meteorología del próximo mes?
- ¿Qué son los Escenarios Locales de Cambio Climático de Andalucía?
- ¿Cómo se elaboran los Escenarios Locales de Cambio Climático de Andalucía?
- ¿Qué información constituye los Escenarios Locales de Cambio Climático en Andalucía?

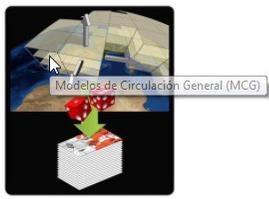
### ¿Cómo se puede conocer el clima del presente siglo si no es posible conocer la meteorología del próximo mes?

El **clima es el estudio estadístico de la meteorología**. Para explicar la diferencia entre la meteorología y el clima se suele recurrir al símil del lanzamiento de dados, donde la meteorología de un día concreto correspondería al resultado de una tirada de dados, mientras que el clima corresponde a los resultados obtenidos de repetir esta operación una infinidad de veces. De esta manera, es difícil acertar -solo por cuestión de azar- el resultado de una tirada, pero con una probabilidad próxima al 100% si podremos afirmar que de 10.000 lanzamientos obtendremos la suma de 7 en aproximadamente 1666.6 ocasiones.

La principal herramienta para la prospección del clima de las próximas décadas son los denominados **Modelos de Circulación General (MCG)**, simuladores meteorológicos, que predicen las condiciones meteorológicas de un periodo largo de tiempo. Los resultados son datos diarios, cuyo estudio estadístico define el clima para ese mismo periodo de tiempo. No tiene sentido conocer los datos concretos de un día determinado, cuya probabilidad de acertar es muy baja. Sin embargo, si el MCG es correcto, sí podrá predecir con exactitud el clima futuro. Los ensayos que garantizan el correcto funcionamiento de los MCG son los realizados sobre el clima pasado, con datos meteorológicos históricos.

### ¿Quieres saber más?

- Resumen de los resultados para la evolución de los grupos climáticos
- Resumen de los resultados para la evolución de las principales variables climáticas
- Líneas de trabajo Rediam > Escenarios Locales de Cambio Climático de Andalucía
- El Clima de Andalucía en el siglo XXI. Escenarios Locales de Cambio Climático de Andalucía. Actualización al 4º Informe del IPCC, 2014



*Gracias*



JUNTA DE ANDALUCÍA  
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y MEDIO AMBIENTE

Rediam ●●●



UNIÓN EUROPEA  
FONDO EUROPEO DE  
DESARROLLO REGIONAL



Agencia de Medio Ambiente y Agua  
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y MEDIO AMBIENTE