

DEPÓSITO LEGAL ZU2020000153

ISSN 0041-8811

E-ISSN 2665-0428

# Revista de la Universidad del Zulia

Fundada en 1947  
por el Dr. Jesús Enrique Lossada



**Ciencias**  
**Exactas,**  
**Naturales**  
**y de la Salud**

**77**  
**ANIVERSARIO**

**Año 15 N° 43**  
**Mayo - Agosto 2024**  
**Tercera Época**  
**Maracaibo-Venezuela**

## El cambio climático también afecta al bienestar educativo. Consecuencias para la Educación Superior

Virginia Alberdi Nieves\*

### RESUMEN

Son nuevos los escenarios que se producen en el contexto educativo para mejorar el bienestar educativo y que requieren una especial atención, como son las condiciones y el entorno en el que se produce el aprendizaje. En este sentido hay que tener en cuenta el cambio climático y que las condiciones ligadas al aumento de las temperaturas son cada vez más frecuentes, acompañadas de la disminución de las precipitaciones. En este estudio hemos analizado cómo afectan estos cambios a la Universidad de Extremadura. Para ello hemos realizado un análisis utilizando el Índice de Aridez de Martonne con un conjunto de 10 combinaciones de modelos climáticos globales (MCG) y regionales (MCR), bajo dos escenarios de vías de concentración representativas RCP 4.5, y RCP 8.5. y para un periodo de referencia (1971-2005) y tres periodos futuros (2006-2035, 2036-2065 y 2066- 2095). Los resultados obtenidos nos indican que la región será más vulnerable al cambio climático a partir de un futuro próximo, y nos muestran que todos los campus universitarios se verán afectados por el incremento de temperaturas, y estarán en condiciones semiáridas para finales de siglo, 2066-2095. Sin embargo el Campus de Plasencia se mantendrá en la tipología mediterránea.

PALABRAS CLAVE: Bienestar educativo, climatología, enseñanza superior, zona árida.

\*Facultad de Educación y Psicología, Universidad de Extremadura, Badajoz - España. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9223-8758>. E-mail: virginiaan@unex.es

## Climate Change Also Affects Educational Well-being. Implications for Higher Education

### ABSTRACT

The scenarios that occur in the educational context to improve educational well-being are new and require special attention, such as the conditions and environment in which learning occurs. In this sense, climate change must be taken into account and the conditions linked to increased temperatures are becoming more frequent, accompanied by a decrease in precipitation. In this study we have analyzed how these changes affect the University of Extremadura. To do this, we have carried out an analysis using the Martonne Aridity Index with a set of 10 combinations of global (GCM) and regional (RCM) climate models, under two representative concentration pathway scenarios RCP 4.5, and RCP 8.5. and for a reference period (1971-2005) and three future periods (2006-2035, 2036-2065 and 2066-2095). The results obtained indicate that the region will be more vulnerable to climate change in the near future, and show that all university campuses will be affected by increased temperatures, and will be in semi-arid conditions by the end of the century, 2066- 2095. However, the Plasencia Campus will remain in the Mediterranean typology.

KEYWORDS: educational welfare, climatology, higher education, arid zone.

### Introducción

El clima es un factor que condiciona muchos ámbitos desde económicos hasta sociales. El cambio climático está alterando las condiciones óptimas de estudio y de bienestar social ligado a términos económicos de una sociedad. El bienestar social promedio de los países de la OCDE ha disminuido un 1,9% en la última década a causa de las emisiones de CO<sub>2</sub> (Andrés J. et al. 2023), la forma en la que se podría evitar escenarios más catastróficos sería la reducción del calentamiento global.

En este sentido, las universidades han venido desempeñando una importante labor social en la que proporcionan una educación superior a los ciudadanos y contribuyen de una forma fundamental a la investigación científica en todas sus áreas de conocimiento (Palacios y Barreto 2021). La función educativa es su principal contribución con la misión de formar en capacidad de análisis crítico y aportar soluciones a los nuevos retos y escenarios. Podemos encontrar numerosos estudios relacionados con el ABP (Aprendizaje Basado en Problemas) en el proceso de enseñanza al alumnado en el que se obtienen una

mayor continuidad en el beneficio de desarrollo de competencias (Aguirregabiria, F. (2020); Quintanal F. (2022)).

Sin embargo, no encontramos aquellos estudios que puedan hacer referencia al entorno y las condiciones ambientales en las que se desarrolla ese proceso de enseñanza aprendizaje. Y sobre todo ligados a la universidad, tan solo hemos localizado algunos estudios que muestran ejemplos de aprendizaje al aire libre, como ejemplo del medio natural como aula (Castro, 2017), espacios que resultan clave para el desarrollo de la competencia científica (Sanz J. et al 2020). Otros estudios relacionados con los métodos pedagógicos de enseñanza como utilización de la gamificación como metodología de enseñanza-aprendizaje (Rodríguez-Oroz D., 2019); en este sentido la gamificación (Hannus et al. 2015) puede ser una herramienta de aprendizaje universal, lo que evidencia las múltiples incorporaciones de juegos en la enseñanza superior y la divulgación (Kalczynski, 2016).

En la actualidad existe una tendencia entre la ciudadanía en general y el alumnado en particular a preocupar los nuevos escenarios futuros que dibuja el cambio climático, nuevos escenarios catastróficos para un futuro cercano que puede afectar de una manera recurrente al bienestar social en los centros educativos (Asadnabizadeh, M. 2019), constituye una de las principales amenazas globales a las que se debe de hacer frente en este siglo (MAGRAMA, 2016). Los efectos más destacados son el aumento de la temperatura media global (aumentó 0.85°C de media entre 1880-2012) y una disminución de las precipitaciones en el sur de Europa (IPCC, 2013).

En este contexto, las instituciones de educación superior direccionan sus esfuerzos en innovar en docencia y calidad educativa, en los que la educación cada vez está dando más importancia a capacidades y habilidades, sin embargo no se presta la suficiente atención según vamos a mostrar en este trabajo al entorno en el que se realiza. Con un entorno en el que las condiciones ambientales sean cambiantes los alumnos tendrán más limitaciones para desenvolverse con éxito en su vida personal y profesional. A las habilidades transversales como el trabajo en equipo, la negociación, la capacidad de síntesis, la gestión del cambio, la multidisciplinariedad, las habilidades multiculturales o la gestión del tiempo están cada vez más presentes en los programas educativos, y podrán ser afectados por dichos cambios.

Se espera que el cambio climático afecte aún más a los recursos hídricos de Europa, específicamente, en el área mediterránea. España se caracteriza por una gran

heterogeneidad espacial y temporal de los recursos hídricos (Agovino et al. 2019) y, además, por tener numerosas áreas afectadas por escasez de agua y frecuentes sequías (Moreno et al. 2005).

En este caso los efectos del cambio climático han despertado una gran preocupación en el ámbito universitario por un lado por las condiciones en las que se seguirá desarrollando la enseñanza-aprendizaje como ayudar a entender y abordar sus consecuencias, alienta a modificar actitudes o conductas y, además, prepara a los futuros profesionales para enfrentar y transformar la realidad ante el inminente impacto de este problema ambiental (Phogat et al. 2018).

La creciente preocupación por los impactos del cambio climático han hecho que sea la temperatura y las precipitaciones dos de las variables meteorológicas más investigadas por su influencia en la actividad humana y en todos los sistemas naturales (IPCC, 2013). El aumento de los valores medios de temperatura durante el último siglo han sido ampliamente demostrados en diferentes estudios (IPCC, 2001; Klok y Tank 2009; Vicente S. et al 2009) el IPCC informó que la temperatura media de la Tierra aumentó 0,6°C en el s.XX, a escala nacional (González-Hidalgo et al. 2020) y a nivel regional se confirma un aumento de 1,7°C en las temperaturas medias máximas. Por esta razón el análisis de los datos meteorológicos son una información esencial para estudiar la evolución reciente del cambio climático (Feng et al. 2004) recopilados por varios centros de investigación y dando lugar a bases de datos que pueden llegar a cubrir el mundo (Strangeways, 2010; Xu et al., 2017), además de otras creadas a nivel nacional como AEMET y ECAD.

El principal objetivo de este trabajo es el análisis espaciotemporal de las precipitaciones y temperaturas en los diferentes campus universitarios de la Universidad de Extremadura y en las diferentes etapas del Índice De Martonne. Este estudio permitirá, la cuantificación del impacto climático en los diferentes Campus: Plasencia, Cáceres y Badajoz, y la tipificación del clima en cada escenario futuro, lo que será de utilidad para la adopción de medidas para mitigar dicho impacto.

## 1. Área de estudio

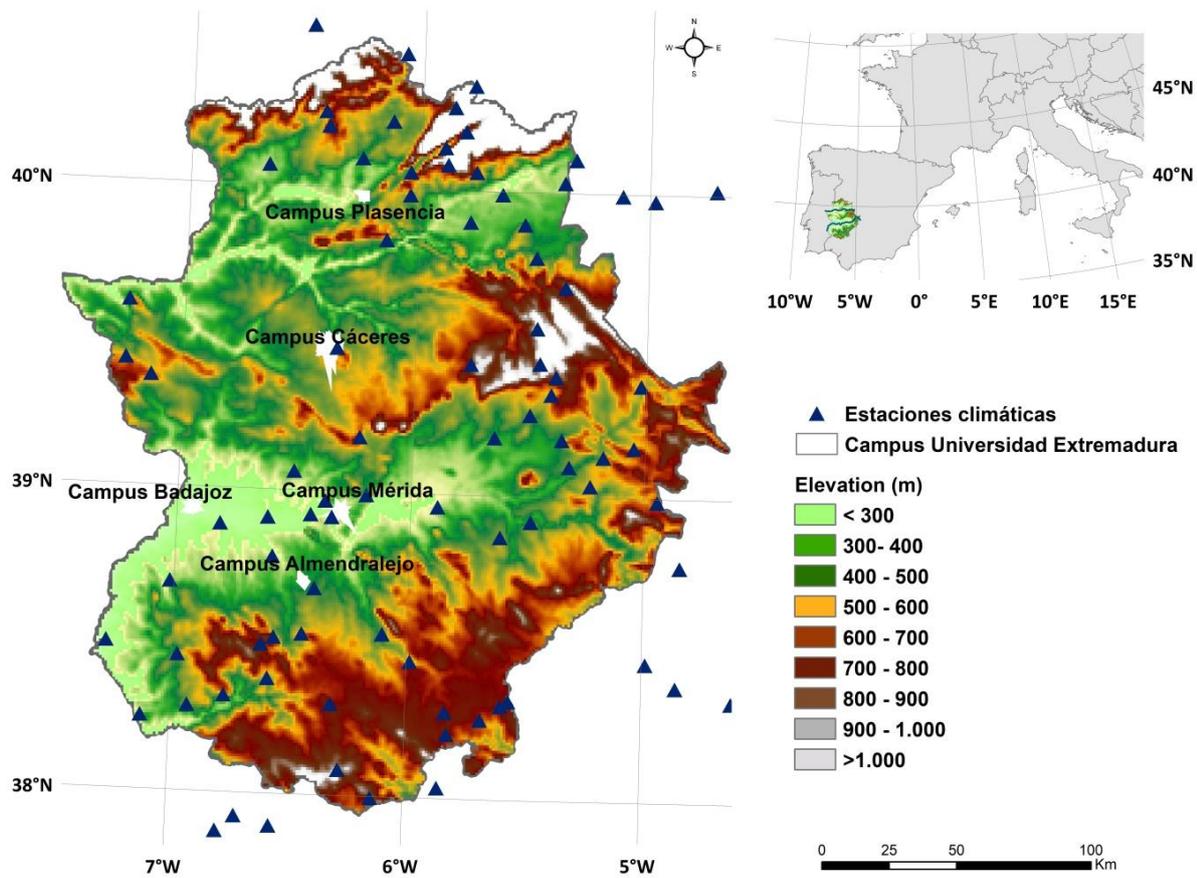
La región de Extremadura está situada en el suroeste de España, en la frontera con Portugal, con una latitud entre 37°57 y 40°29 N, y una longitud entre 4°39 y 7°33 W. Se caracteriza por una gran variedad topográfica que se extiende sobre un territorio que

abarca 41.633 km<sup>2</sup>. La altitud media es de 425 m (Figura 1). La Universidad de Extremadura está localizada en diferentes espacios, de norte a Sur, el Campus de Plasencia, Campus de Cáceres, Campus de Mérida, Campus de Almendralejo y el Campus de Badajoz.

Con respecto a sus características climáticas el clima de la región es típicamente mediterráneo, caracterizado por una variación interanual que afecta tanto a la temperatura como a la precipitación. La influencia atlántica, la ubicación meridional y la baja altitud de gran parte de su territorio favorecen unas temperaturas invernales moderadas (Roig et al. 2009). Generalmente, la temperatura mínima anual oscila entre 1,8-5°C en enero y 11-14°C en verano (Moral et al. 2019). Sin embargo, el carácter continental de la zona se pone de manifiesto en su fuerte amplitud térmica, donde predominan los veranos secos y calurosos con temperaturas máximas, superando los 40°C (Labajo et al. 2014; Moral et al. 2016). La fuerte amplitud térmica para todo el periodo (1989-2018) se incrementa durante los meses más cálidos de julio y agosto con temperaturas máximas que alcanzan valores de 42 a 45 °C, y temperaturas mínimas máximas muy elevadas de 26°C, estos se corresponden con los meses más secos donde precipitaciones varían en entre 4 y 6.5 mm. Los meses más fríos son diciembre, enero y febrero, donde sus temperaturas mínimas máximas alcanzan valores de -5 y -6 °C y precipitaciones con 87, 70 y 58 mm. El mes donde se producen mayores precipitaciones es en octubre con 92 mm de precipitación media mensual.

La precipitación media mensual alcanza para el periodo (1989-2018) más de 600 mm en los meses de diciembre, enero y en grandes zonas de la región (Figura 1), sin embargo menos de 400 mm en el centro del valle del Guadiana (Campus de Badajoz y Campus de Almendralejo), pero puede llegar a más de 1000 mm en las zonas montañosas del norte (Gredos) y del este (Guadalupe), incluyendo el Campus de Plasencia. Una de las características más importantes de la precipitación es su variabilidad interanual donde hay una estación seca, de junio a septiembre, y una estación húmeda (Paniagua et al 2019), de octubre a mayo el 80% de las precipitaciones caen entre estos meses. Son frecuentes las sequías periódicas con una duración de 2 o más años, con una ocurrencia de una vez cada 8-9 años (Rebollo et al. 2019).

Figura 1. Mapa de distribución de los campus universitarios de la Universidad de Extremadura, estaciones climáticas y Modelo Digital de Elevaciones.



Nota: Elaboración propia a partir de datos del SIOSE 2014 (Sistema de información sobre la ocupación del suelo en España) y de la AEMET 2018.

## 2. Método

Se trata de una investigación experimental en la que se ha utilizado datos diarios, facilitados por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) (1989-2018), de temperatura máxima, mínima y precipitación de 108 estaciones climáticas situadas en Extremadura y alrededores; con las que se elaboró una base de datos homogeneizada (Alberdi et al. 2022). La base de datos obtenida superó los controles de calidad que establece la World Meteorological Organization (WMO), y posteriormente fueron calculados los modelos y el Índice De Martone para los diferentes campus universitarios (Figura 3).

Tabla 1. *Combinación de Modelos Climáticos Globales (MCGs) y Modelos Climáticos Regionales (MCRs) utilizados en el estudio.*

Modelos Climáticos Globales	Modelos Climáticos Regionales			
	CCLM4-8-17	RCA4	RACMO22E	REMO2009
CNRM-CM5	X	X		
EC-EARTH			X	
IPSL-CM5A-MR		X		
MPI-ESM-LR	X	X		X
MOHC-HadGEM2-ES	X	X	X	

Nota: *Modelos climáticos derivados del Proyecto (CMIP5).*

A partir de los datos iniciales se calculó el índice de aridez, y se realizaron simulaciones (Carroll C., 2015) con varios Modelos Climáticos Regionales (MCRs) y Modelos Climáticos Globales (MCGs) derivados del Proyecto (CMIP5) (Tabla 1). Estas simulaciones fueron realizadas para el periodo histórico (1971-2005) y tres escenarios futuros (E1: 2006-2035; E2: 2036-2065 y E3: 2066-2095), con una resolución de 12,5km, fueron utilizadas dos Trayectorias de Concentración Representativas RCP4.5, y RCP8.5., de las cuatro (RCPs) (RCP2.0, RCP4.5, RCP6.0 y RCP8.5.) (Moss et al. 2010), que presentó el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).

Las proyecciones futuras de temperatura y precipitación se obtuvieron a partir de un conjunto de diez combinaciones de modelos climáticos globales y regionales bajo los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5. Los periodos estudiados para el cálculo de la aridez fueron los siguientes: periodo histórico: P0 (1971-2005). Periodos futuros: P1 (2006-2035), P2 (2036-2065), P3 (2066-2095) bajo los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5.

## 2.1. Índice de aridez de Martonne

Se utilizó del índice De Martonne puesto que, para determinar la clasificación climática de Extremadura, este es un índice muy empleado para usos agrícolas y que muestra buenos resultados al caracterizar las condiciones áridas-húmedas de un territorio (Baltas 2007, Moral et al. 2016, Şarlak and Mahmood Agha 2018b).

Tabla 2. Clasificación del clima de acuerdo con el Índice De Martonne

<i>Tipo de clima</i>	<i>Valores <math>I_{DM}</math></i>
Árido	$I_{DM} < 10$
Semiárido	$10 \leq I_{DM} < 20$
Mediterráneo	$20 \leq I_{DM} < 24$
Semihúmedo	$24 \leq I_{DM} < 28$
Húmedo	$28 \leq I_{DM} < 35$
Muy húmedo	$35 \leq I_{DM} \leq 55$
Extremadamente húmedo	$I_{DM} > 55$

Nota: Elaboración propia a partir de la clasificación completa del índice De Martonne.

En este caso hemos considerado importante su utilización ya que nos proporciona resultados sobre las condiciones espaciales de cambio climático, y las variables más importantes que nos indican en el clima son las precipitaciones y temperaturas medidas junto con la altitud, resultando una tipología climática en la que se pueden observarse variaciones de aridez.

Por ello este índice resulta el adecuado para el estudio, arrojando resultados muy representativos (Pellicone et al. 2019). Éste se define como:

$$I_{DM} = \frac{P_a}{T_a + 10}$$

donde  $P_a$  es la precipitación media anual (en mm) y  $T_a$  es la temperatura media anual (en °C). De acuerdo con los valores obtenidos del cálculo del IDM, el clima de una región puede clasificarse como se muestra en la tabla 2. En el caso de los diferentes campus de la universidad de Extremadura no presenta valores de clima árido ni extremadamente húmedo.

Además el índice De Martonne puede calcularse para un periodo de tiempo, como una estación o un mes, con el siguiente ajuste.

$$I_{SDM} = \frac{4P_s}{T_s + 10}$$

donde  $P_s$  y  $T_s$  es la cantidad de precipitación y la temperatura media del aire de una estación.

Para un mes en concreto se puede calcular como:

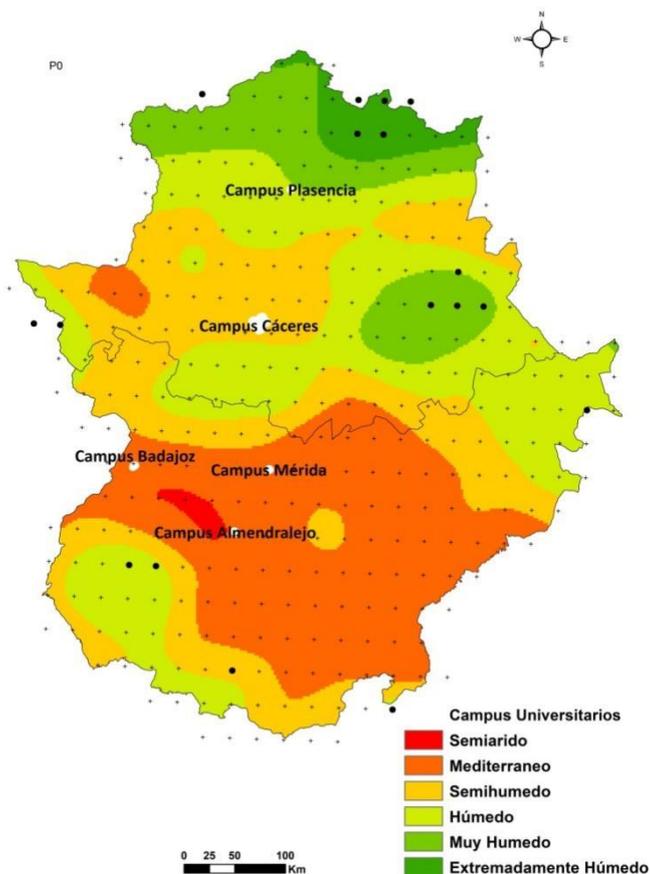
$$I_{mDM} = \frac{12P_m}{T_m + 10}$$

donde  $P_m$  y  $T_m$  es la cantidad de precipitación y la temperatura media del aire de un mes respectivamente.

## 2.2. Análisis estadístico

En este análisis se realizaron comparaciones entre los tres periodos (P1, P2 y P3) y el periodo histórico (P0) para todos los campus de la Universidad de Extremadura en ambos escenarios RCP. Y se calcularon las diferencias entre cada escenario proyectado y el periodo de referencia. Por otro lado se obtuvieron las anomalías estadísticamente significativas que fueron evaluadas mediante la prueba ANOVA a un nivel de significación del 5 % para los valores medios de cada punto de la cuadrícula.

Figura 2. Clasificación climática del periodo histórico según el Índice De Martonne para la Universidad de Extremadura periodo P0 (1971-2005)



Nota: Elaboración propia a partir de la clasificación completa del índice De Martonne.

La hipótesis nula indica que los datos tienen la misma media, y el rechazo de esta hipótesis nula se dirige al Test de Tukey (Abdulhafedh A. 2023). Este procedimiento de comparación múltiple se utilizó para encontrar medias significativamente diferentes entre cada periodo y la referencia (Micah et. al 2021). El resultado de ANOVA muestra diferencias entre la varianza dentro del grupo y la varianza entre grupos, lo que finalmente produce una cifra que permite concluir que la hipótesis nula es respaldada o rechazada. Los puntos marcados en el mapa muestran los cambios significativos según el test ANOVA a p-valor 0.05, con respecto al periodo P0.

Este procedimiento de comparación múltiple se utilizó para encontrar medias significativamente diferentes entre cada periodo y la referencia. Los puntos marcados en el mapa muestran los cambios significativos según el test ANOVA a p-valor 0.05, con respecto al periodo P0 (Figura 3). En este caso se producen cambios significativos por el norte de la región y el centro este y oeste.

### 3. Resultados

Los resultados muestran el porcentaje del territorio extremeño para cada tipo de clima, y para cada periodo donde fueron analizados dos escenarios de concentración RCP 4.5 y RCP 8.5. (Figura 4). La distribución espacial de la aridez en Extremadura tanto desde el periodo histórico (P0) hasta los periodos futuros (P1, P2 y P3) bajo los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5. muestran una clara evolución del tipo de Clima a semiárido en P0 con tan solo el 0.4% al predominio en el periodo P3, entre el 37-54% del territorio.

El clima semiárido muestra un predominio marcado a partir del periodo P2 superando del 22% en RCP 4.5 al 37% en el periodo P3. Por otro lado, los resultados muestran una clara disminución del clima Semihúmedo y Húmedo pasando del 28-27% al 6-7% en P3. También observamos que el clima Muy Húmedo tiene una representación constante desde p0 con una extensión del 14%, al p3 8.5 con el 7% no se han producido a penas variaciones (Tabla 3).

Los cinco campus universitarios muestran diferencias significativas.

Con respecto a los diferentes campus de la universidad de Extremadura encontramos que no presenta valores de clima árido ni extremadamente húmedo. En el caso del campus de Cáceres y de Plasencia, observamos mayor variabilidad en la tipología climática para los diferentes periodos (Figura 4 y Figura 9). Pasando de Semihúmedo en p0 (histórico) y

futuro cercano P1 (2006-2035) con un predominio del 29% a Mediterráneo el a mediados de siglo en p2 (2036-2065) con el 33% del territorio y semiárido a finales de siglo en el escenario más restrictivo p3 8.5 con un 54% del territorio.

Figura 3. Evolución climática en los diferentes escenarios de concentración y periodos futuros según el Índice De Martonne.

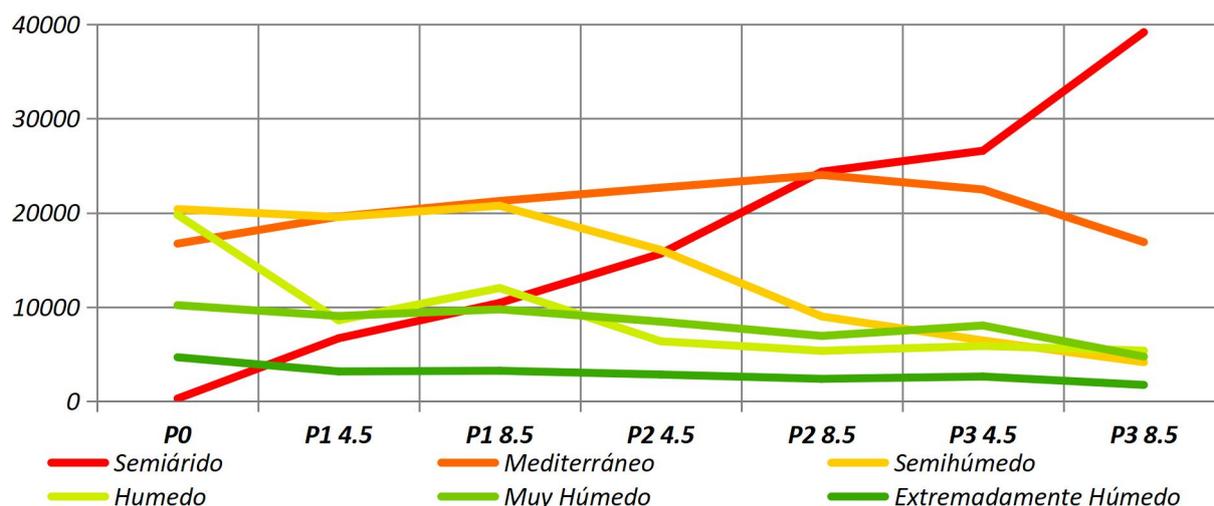
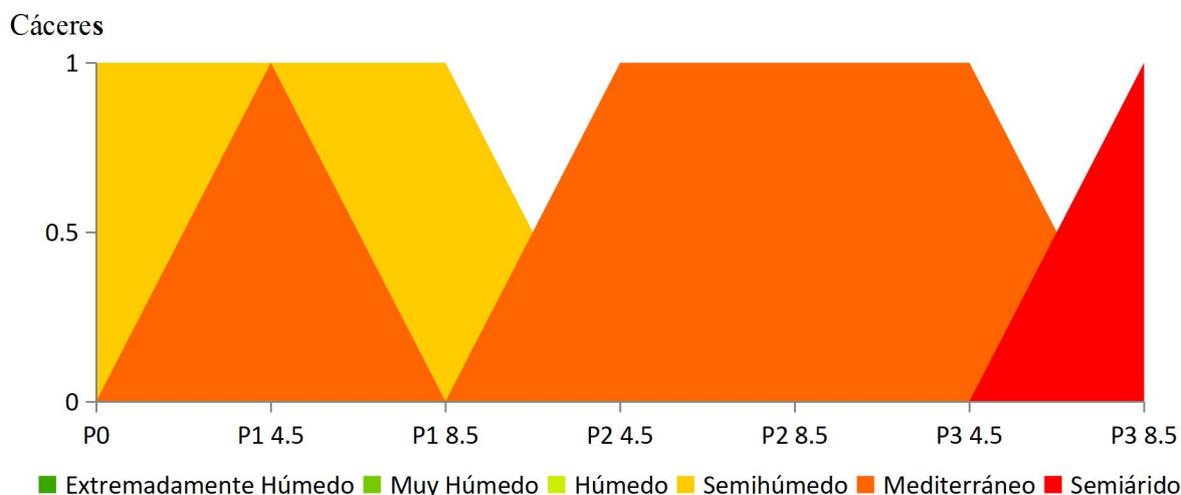


Tabla 3: Distribución de la tipología climática en Extremadura según el Índice de Martonne.

Tipo de Clima	(1971-2005)	(2006-2035)		(2036-2065)		(2066-2095)	
	P0(%)	P1 4.5(%)	P1 8.5(%)	P2 4.5(%)	P2 8.5(%)	P3 4.5(%)	P3 8.5(%)
<i>Semiárido</i>	0	9	14	22	34	37	54
<i>Mediterráneo</i>	23	27	30	31	33	31	23
<i>Semihúmedo</i>	28	29	27	22	12	9	6
<i>Húmedo</i>	27	17	12	9	7	8	7
<i>Muy Húmedo</i>	14	14	13	12	10	11	7
<i>Extremadamente Húmedo</i>	6	4	4	4	3	4	2

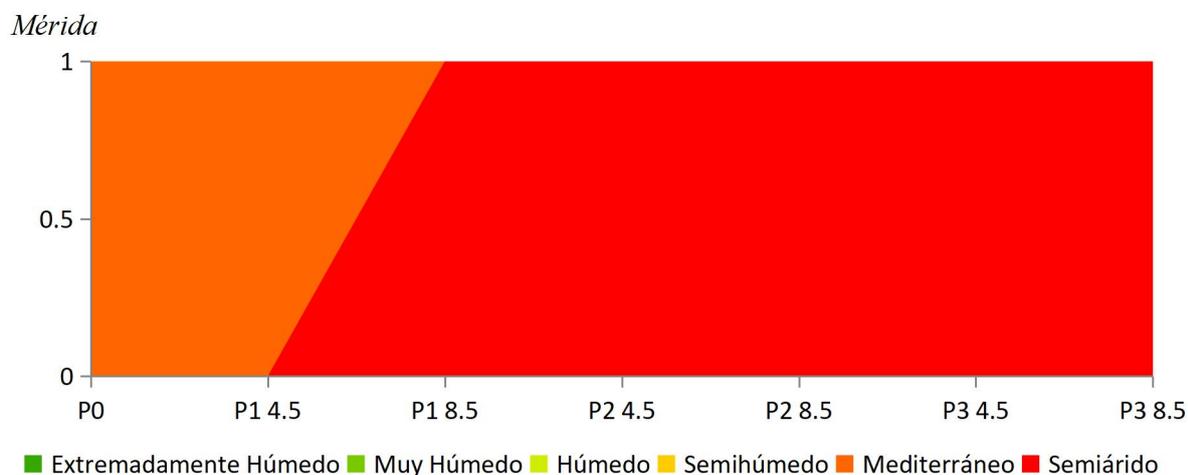
Nota: Porcentaje de distribución de cada clima en el P0 Histórico y los periodos futuros (P1,P2 y P3)

Figura 4. Evolución de las condiciones de aridez en el Campus de Cáceres para los diferentes escenarios climáticos.



Nota: Índice De Martonne diferentes escenarios: periodo histórico P0 (1971-2005) y escenarios futuros P1 (2006-2035), P2 (2036-2065), P3 (2066-2095).

Figura 5. Evolución de las condiciones de aridez en el Campus de Mérida para los diferentes escenarios climáticos.

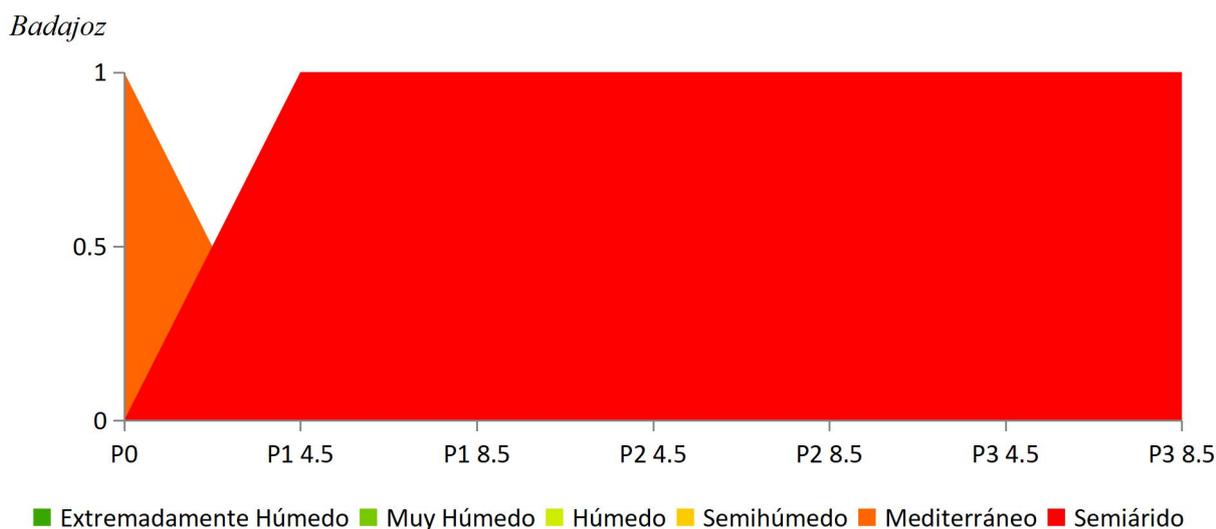


Nota: Índice de Martonne diferentes escenarios: periodo histórico P0 (1971-2005) y escenarios futuros P1 (2006-2035), P2 (2036-2065), P3 (2066-2095).

En el caso del campus de Plasencia los resultados muestran que ha pasado del p0 (histórico) clima Extremadamente Húmedo a Muy Húmedo en el futuro cercano p1, vemos como ese tipo de clima era predominante únicamente en el Norte de la región y que en la actualidad y futuro cercano se va reduciendo y convirtiéndose en tipo de clima Muy

Húmedo con una extensión del 14% en la región. A mediados y finales de siglo (P2 y P3) pasará a convertirse en Húmedo y Semihúmedo y en el escenario más restrictivo para este campus será el Mediterráneo.

Figura 6. Evolución de las condiciones de aridez en el Campus de Badajoz para los diferentes escenarios climáticos.



Nota: Índice de Martonne diferentes escenarios: periodo histórico P0 (1971-2005) y escenarios futuros P1 (2006-2035), P2 (2036-2065), P3 (2066-2095).

Para los Campus Universitarios de Badajoz, Mérida y Almendralejo se produce una menor variabilidad climática (Figuras 6,8 y 8). Los resultados muestran que los tres se sitúan en las tipologías Mediterráneo y Semiárido y que todos en un futuro cercano estarán incluidos en Semiárido. En ese mismo periodo P3 y bajo el escenario RCP 4.5, las condiciones climáticas serán de la tipología semiárida para el 85% de la provincia de Badajoz.

Los resultados muestran el porcentaje del territorio extremeño para cada tipo de clima, y para cada periodo donde fueron analizados dos escenarios de concentración RCP 4.5 y RCP 8.5. (Figura 4). La distribución espacial de la aridez en Extremadura tanto desde el periodo histórico (P0) hasta los periodos futuros (P1, P2 y P3) bajo los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5. muestran una clara evolución del tipo de Clima a semiárido en P0 con tan solo el 0.4% al predominio en el periodo P3, entre el 37-54% del territorio.

Figura 3. Evolución climática en los diferentes escenarios de concentración y periodos futuros según el Índice De Martonne.

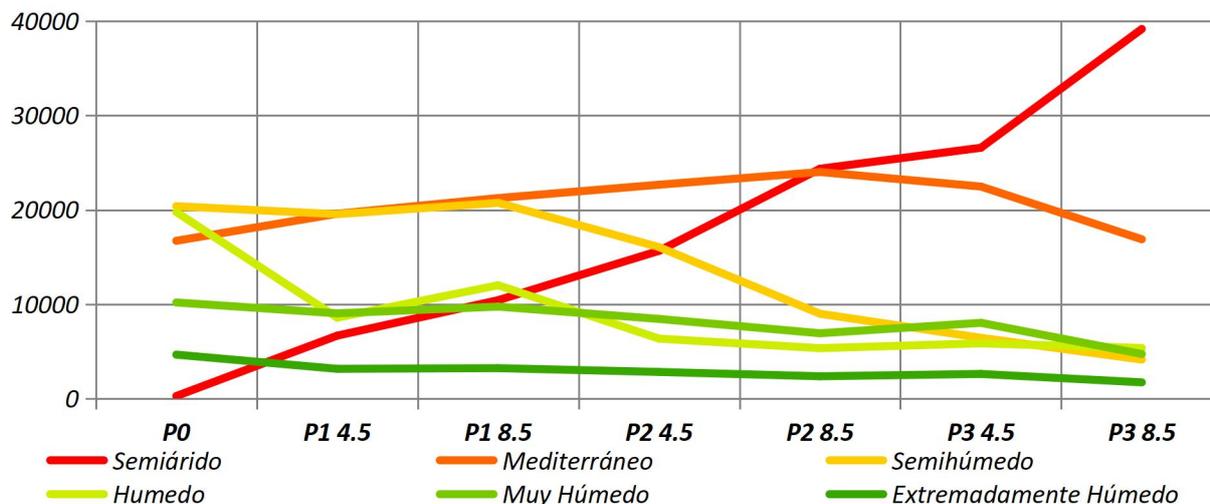


Tabla 3: Distribución de la tipología climática en Extremadura según el Índice de Martonne.

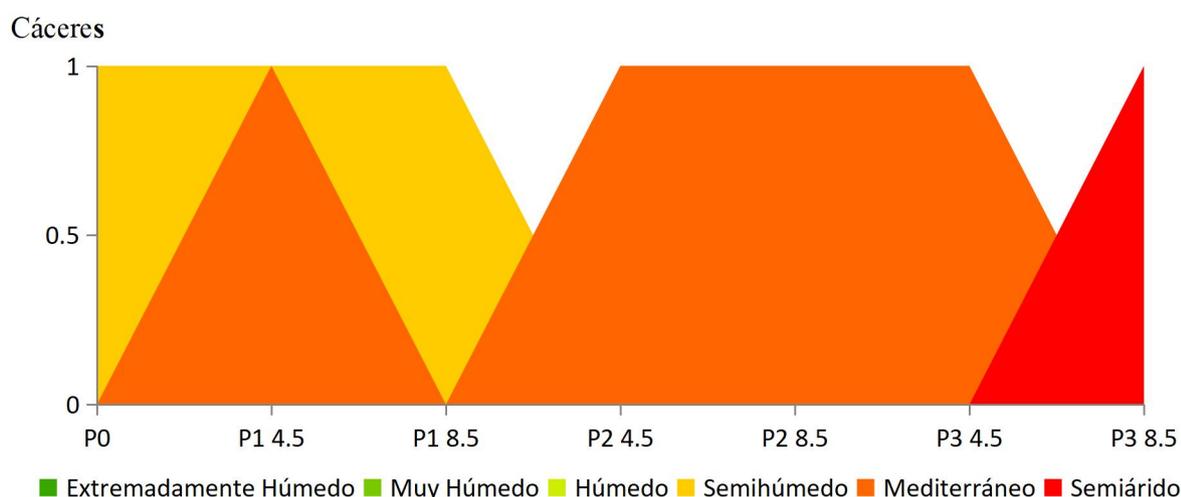
Tipo de Clima	(1971-2005)	(2006-2035)		(2036-2065)		(2066-2095)	
	P0(%)	P1 4.5(%)	P1 8.5(%)	P2 4.5(%)	P2 8.5(%)	P3 4.5(%)	P3 8.5(%)
<i>Semiárido</i>	0	9	14	22	34	37	54
<i>Mediterráneo</i>	23	27	30	31	33	31	23
<i>Semihúmedo</i>	28	29	27	22	12	9	6
<i>Húmedo</i>	27	17	12	9	7	8	7
<i>Muy Húmedo</i>	14	14	13	12	10	11	7
<i>Extremadamente Húmedo</i>	6	4	4	4	3	4	2

Nota: Porcentaje de distribución de cada clima en el P0 Histórico y los periodos futuros (P1,P2 y P3).

El clima semiárido muestra un predominio marcado a partir del periodo P2 superando del 22% en RCP 4.5 al 37% en el periodo P3. Por otro lado, los resultados muestran una clara disminución del clima Semihúmedo y Húmedo pasando del 28-27% al 6-7% en P3. También observamos que el clima Muy Húmedo tiene una representación constante desde p0 con una extensión del 14%, al p3 8.5 con el 7% no se han producido a penas variaciones (Tabla 3).

Los cinco campus universitarios muestran diferencias significativas. Con respecto a los diferentes campus de la universidad de Extremadura encontramos que no presenta valores de clima árido ni extremadamente húmedo. En el caso del campus de Cáceres y de Plasencia, observamos mayor variabilidad en la tipología climática para los diferentes periodos (Figura 4 y Figura 9). Pasando de Semihúmedo en p0 (histórico) y futuro cercano P1 (2006-2035) con un predominio del 29% a Mediterráneo el a mediados de siglo en p2 (2036-2065) con el 33% del territorio y semiárido a finales de siglo en el escenario más restrictivo p3 8.5 con un 54% del territorio.

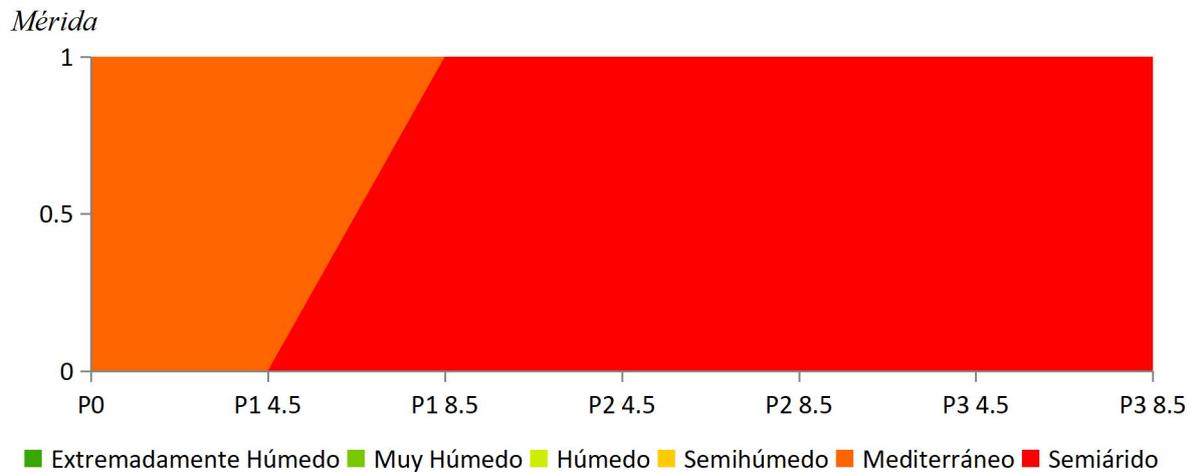
Figura 4. Evolución de las condiciones de aridez en el Campus de Cáceres para los diferentes escenarios climáticos.



Nota: Índice De Martonne diferentes escenarios: periodo histórico P0 (1971-2005) y escenarios futuros P1 (2006-2035), P2 (2036-2065), P3 (2066-2095).

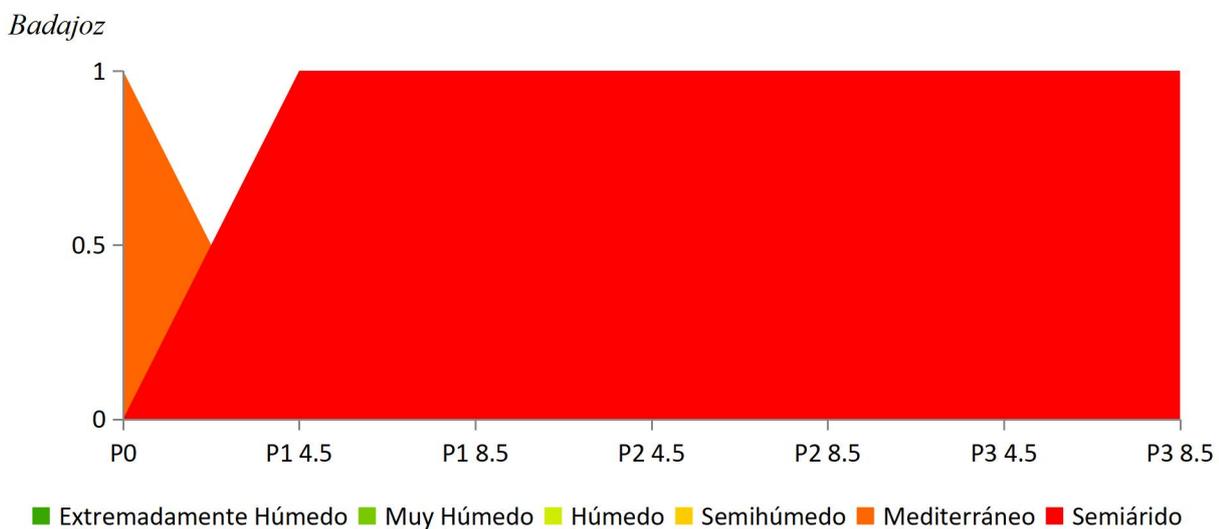
En el caso del campus de Plasencia los resultados muestran que ha pasado del p0 (histórico) clima Extremadamente Húmedo a Muy Húmedo en el futuro cercano p1, vemos como ese tipo de clima era predominante únicamente en el Norte de la región y que en la actualidad y futuro cercano se va reduciendo y convirtiéndose en tipo de clima Muy Húmedo con una extensión del 14% en la región. A mediados y finales de siglo (P2 y P3) pasará a convertirse en Húmedo y Semihúmedo y en el escenario más restrictivo para este campus será el Mediterráneo.

Figura 5. Evolución de las condiciones de aridez en el Campus de Mérida para los diferentes escenarios climáticos.



Nota: Índice de Martonne diferentes escenarios: periodo histórico P0 (1971-2005) y escenarios futuros P1 (2006-2035), P2 (2036-2065), P3 (2066-2095).

Figura 6. Evolución de las condiciones de aridez en el Campus de Badajoz para los diferentes escenarios climáticos.

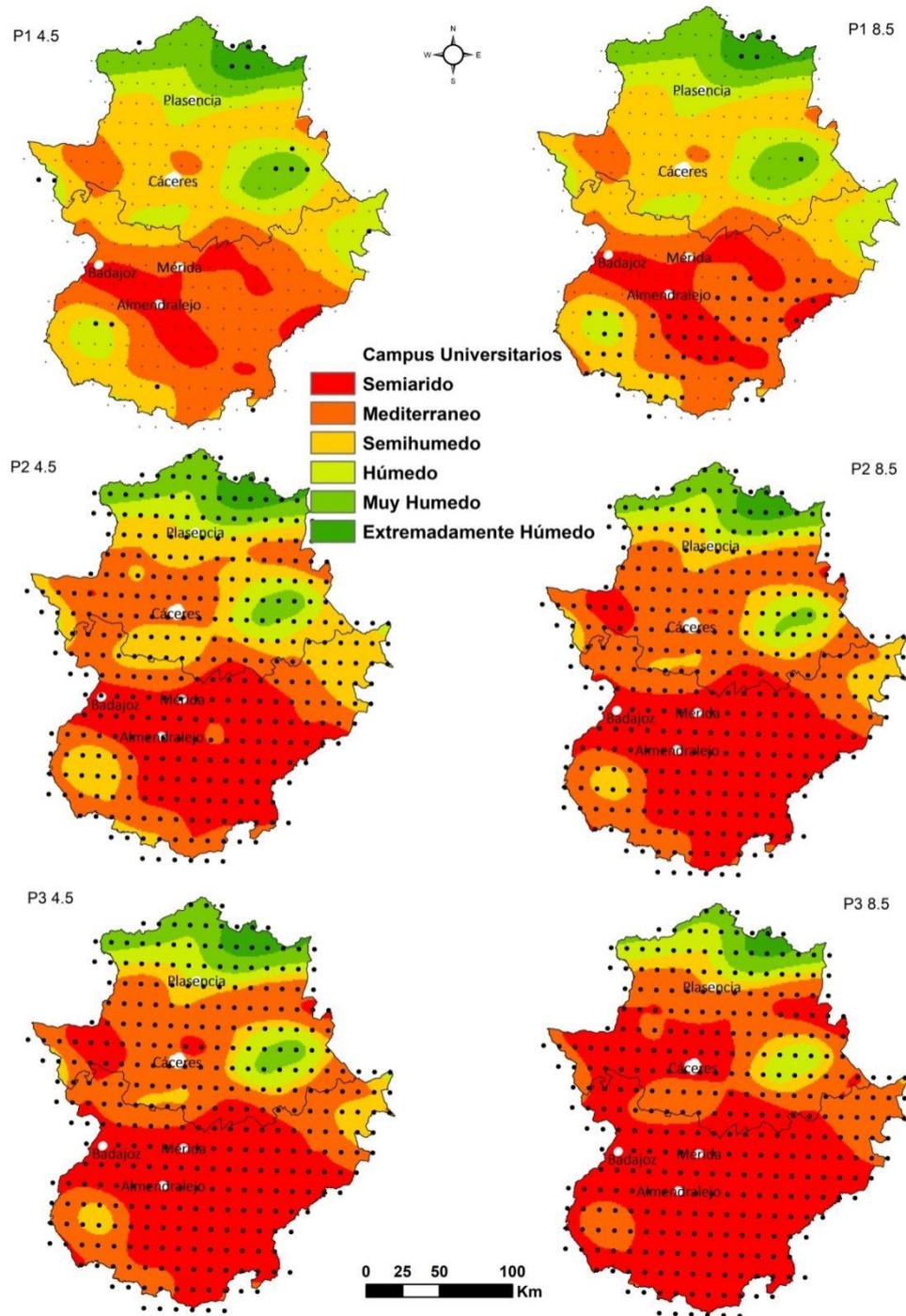


Nota: Índice de Martonne diferentes escenarios: periodo histórico P0 (1971-2005) y escenarios futuros P1 (2006-2035), P2 (2036-2065), P3 (2066-2095).

Para los Campus Universitarios de Badajoz, Mérida y Almendralejo se produce una menor variabilidad climática (Figuras 6,8 y 8). Los resultados muestran que los tres se

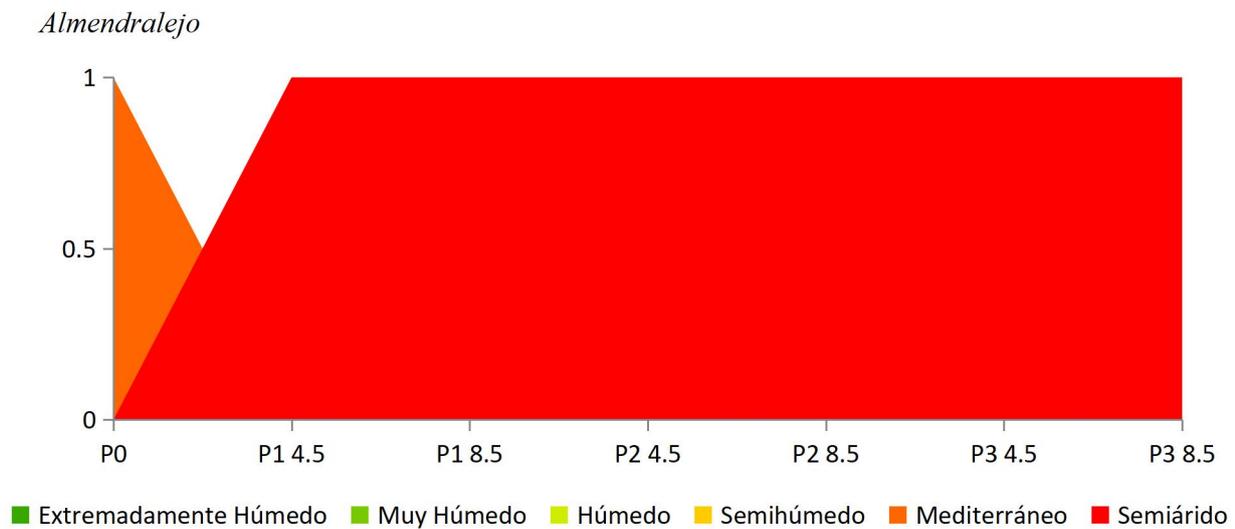
sitúan en las tipologías Mediterráneo y Semiárido y que todos en un futuro cercano estarán incluidos en Semiárido. En ese mismo periodo P3 y bajo el escenario RCP 4.5, las condiciones climáticas serán de la tipología semiárida para el 85% de la provincia de Badajoz.

Figura 7. Clasificación climática en Extremadura y los diferentes campus universitarios de la Universidad de Extremadura según el Índice de Martonne.



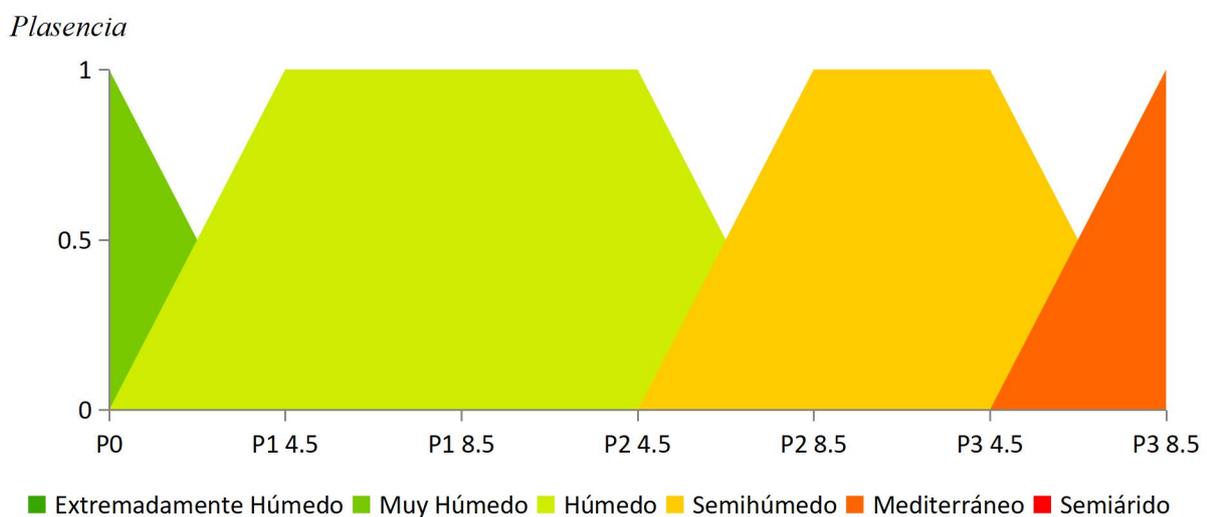
Nota: Elaboración propia. ArcMap 10.5 Sistemas de Información Geográfica.

Figura 8. Evolución de las condiciones de aridez en el Campus de Almendralejo para los diferentes escenarios climáticos.



Nota: Índice de Martonne diferentes escenarios: periodo histórico P0 (1971-2005) y escenarios futuros P1 (2006-2035), P2 (2036-2065), P3 (2066-2095).

Figura 9. Evolución de las condiciones de aridez en el Campus de Plasencia para los diferentes escenarios climáticos.



Nota: Índice de Martonne diferentes escenarios: periodo histórico P0 (1971-2005) y escenarios futuros P1 (2006-2035), P2 (2036-2065), P3 (2066-2095).

## Conclusiones

Las conclusiones que podemos obtener de las proyecciones es que se producirá un cambio notable de la zonificación climática en la región a medida que avance el presente siglo, variando y decreciendo las tipologías más húmedas para dejar paso para finales de este siglo (2066-2095) y bajo el escenario más desfavorable, RCP 8.5, la región tendrá casi en su totalidad unas condiciones demasiado cálidas para el desarrollo de la actividad educativa en general (Figura 7).

Para el escenario PI indicaron que para un futuro próximo PI (2006-2035) la región conservará la idoneidad climática para el bienestar educativo, sin embargo para mediados y finales de este siglo, y para finales las condiciones climáticas harán que gran parte de la región tenga una disposición desfavorable, aumentando de una forma significativa las condiciones de calor.

Tan solo los Campus de Cáceres seguirá siendo idóneo, manteniendo las condiciones mediterráneo en p3 4.5 y semiárido en 8.5, sin embargo y el Campus de Plasencia su escenario más restrictivo sería en p3 8.5 mediterráneo. El resto de los campus presenta ese aumento generalizado de calor que será presente en un futuro cercano pl.

Los cuatro campus situados en el centro, sur y suroeste observaran convendría tomar medidas a corto plazo para adaptación de infraestructuras previamente y a largo plazo a modificar los horarios y períodos de estudio con escenarios más restrictivos a finales de siglo.

El potencial de investigar e innovar en modelos y conocer el futuro climático universitario puede crear un impacto muy importante y positivo a corto plazo, tanto para los alumnos como para la sociedad, así como posibilidades de colaboración más directa entre los alumnos y agentes importantes de la educación fuera del ámbito universitario.

Existe aumento significativo de la tendencia general para la  $T_n$  anual en la región de Extremadura, particularmente en el interior y el norte. Las series de datos de  $R_r$  anual y de la  $T_x$  anual muestran una tendencia al alza con un aumento significativo de la temperatura y no significativo de la precipitación.

La metodología muestra unos buenos resultados con los modelos futuros y la utilización de la aridez en concreto el Índice De Martonne para determinar las condiciones futuras de Extremadura con respecto al clima y como se ha visto afectada los diferentes campus de la Universidad de Extremadura.

## Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por la Junta de Extremadura y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) mediante el Proyecto GR21006.

## Referencias

Abdulhafedh, A. (2023). Analyzing the Impact of Age and Gender on COVID-19 Deaths Using TwoWay ANOVA. *Open Access Library Journal*, 10. <https://doi.org/10.4236/oalib.1109658>

Aguirregabiria, F. Javier y García-Olalla, A. (2020). Aprendizaje basado en proyectos y desarrollo sostenible en el Grado de Educación Primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 38(2), 5–24. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2717>

Asadnabizadeh M. (2019). Development of UN Framework Convention on Climate Change Negotiations under COP25: Article 6 of the Paris Agreement perspective. *Open Political Science*, 2(1), 113-119. <https://doi.org/10.1515/openps-2019-0012>

Andrés J., Barrutiabengoa J.M.; Cubero J.; Doménech R. (2023). Global, Bienestar y coste Social del Carbono. *EconPapers*. Num 23. 04 Universidad de Valencia. <https://econpapers.repec.org/paper/bbvwpaper/2304.htm>

Castro Colmenero M. (2017). *El espacio natural en la Educación Infantil: Un lugar lleno de posibilidades*. XIV Congreso Psicopedagogía. Vol. Extr., núm. 5, pp 178-181. <https://doi.org/10.17979/reipe.2017.0.05.2577>

Feng, S., Hu, Q., Qian, W. (2004). Quality control of daily meteorological data in China, 1951–2000: A new dataset. *International Journal of Climatology*, 24(7), 853–870. <https://doi.org/10.1002/joc.1047>

Gates A. E., Kalczynski M. J. (2016). The oil game: Generating enthusiasm for geosciences in urban youth in Newark, NJ. *Journal of Geoscience Education* 64 (1), 17-23. <https://doi.org/10.5408/10-164.1>

Gonzalez-Hidalgo J. C., Peña-Angulo D., Beguería S., Brunetti M. (2020). MOTEDAS century: A new high-resolution secular monthly maximum and minimum temperature grid for the Spanish mainland (1916–2015). *International Journal of Climatology* 40, 5308-5328. <https://doi.org/10.1002/joc.6520>

González-Lorente, C.; Martínez-Clares, P; Pérez-Cusó, J; González-Morga, N. (2023). Tutoría universitaria con Kahoot y foros virtuales: una innovación docente en los grados de educación de la Universidad de Murcia. *Revista Complutense de Educación*, 34(3), 495-506. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9014998>

Nair, S., y Mathew, J. (2021). Evaluation of a Gamified Learning Experience: Analysis of the impact of gamification on learning outcomes in education. *Revista Conhecimento Online*, 2, 4-20. <https://doi.org/10.25112/rco.v2i0.2518>

Hanus M. D., Fox J. (2015). Assessing the effects of gamification in the classroom: A longitudinal study on intrinsic motivation, social comparison, satisfaction, effort, and academic performance. *Computers & Education* 80, 152-161. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.08.019>

IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wgl/>

IPCC, 2001. *Climate Change (2001). Synthesis Report. A Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Watson, R.T. and the Core Writing Team eds. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 398 pp. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wgl/>

Klok E.J., Tank A. (2009). Updated and extended European dataset of daily climate observations. *Int Journal of Climatol* 29:1182-1191. <https://doi.org/10.1002/joc.1779>

Kumar Vijay, Jain Sharad K., Singh Yatveer. (2010). Analysis of long-term rainfall trends in India. *Hydrological Sciences Journal*, 55:4. <https://doi.org/10.1080/02626667.2010.481373>

Labajo, A.L. (2014). Extremely Cold and Warm Days in the Spanish Central Plateau: Analysis of Its Evolution from 1961 to 2010. *Atmospheric and Climate Sciences*, 4, 199-210. <http://dx.doi.org/10.4236/acs.2014.4202>

Moral FJ, Rebollo FJ, Paniagua LL, García-Martín A, Honorio F. 2019. Spatial distribution and comparison of aridity indices in Extremadura, southwestern Spain. *Theoretical and Applied Climatology* 126:801-814. <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1615-7>

Moral, F.J., Rebollo, F.J., Paniagua, L.L., García-Martín, A. (2016). Application of climatic indices to analyse viticultural suitability in Extremadura, south-western Spain. *Theoretical and Applied Climatology* 123, 277-289. <http://dx.doi.org/10.1007/s00704-014-1363-0>

Paniagua LL, García-Martín A, Moral FJ, Rebollo FJ. 2019. Aridity in the Iberian Peninsula (1960-2017): distribution, tendencies, and changes. *Theoretical and Applied Climatology* 138:811-830. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-019-02866-0>

Pellicone G, Caloiero T, Guagliardi I. (2019). The De Martonne aridity index in Calabria (Southern Italy). *Journal of Map* 15:788-796. <https://doi.org/10.1080/17445647.2019.1673840>

Palacios, J. B., y Barreto, G. I. (2021). Breve análisis de los métodos empleados en la enseñanza de la historia en educación básica. *Sociedad & Tecnología*, 4(1), 65-73. <https://doi.org/10.51247/st.v4i1.77>

Phogat V.; Simunek J.; Skewes M.A.; Cox J.W.; McCarthy M.G. (2016). Improving the estimation of evaporation by the FAO-56 dual crop coefficient approach under subsurface

drip irrigation. *Agricultural Water Management*, 178, 189-200.  
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.09.022>

Quintal Perez F. (2022). Aprendizaje basado en problemas para Física y Química de Bachillerato. Estudio de caso. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 20 (2), Universidad de Cádiz, España. <https://orcid.org/0000-0003-2291-341X>

Rodríguez-Oroz D., Gómez-Espina R., Bravo Pérez M. J., Truyol M. E. (2019). Aprendizaje basado en un proyecto de gamificación: vinculando la educación universitaria con la divulgación de la geomorfología de Chile. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 16 (2).  
<https://doi.org/10.25267/Rev Eureka ensen divulg cienc.2019.v16.i2.2202>

Roig-Vila, R. (2018). *El compromiso académico y social a través de la investigación e innovación educativas en la Enseñanza Superior*. Barcelona: Octaedro, 2018. ISBN 978-84-17219-25-3, 1256 p.  
<http://hdl.handle.net/10045/84990>

Roig Fidel A, Barrio Pedro D, García Herrera R, Patón Domínguez D, Monge S. (2009). North Atlantic oscillation signatures in western Iberian tree-rings. *Geografiska Annaler. Series A, Physical Geography* 91 (2), 141-157. Published By: Taylor & Francis, Ltd.  
<https://doi.org/10.1111/j.1468-0459.2009.00360.x>

Sanz J.; Zuazagoitia D.; Lizaso E.; Pérez M. (2021). Promueven los patios naturalizados para el desarrollo de la competencia científica. Un estudio de caso en la educación infantil. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 18(2), 2203.  
<https://doi.org/10.25267/Rev Eureka ensen divulg cienc.2021.v18.i2.2203>

Tan Ai Lin D., Ganapathy, M.; Manjet K. (2018). Kahoot! It: Gamification in Higher Education. *Journal Pertanika Social Sciences and Humanities*. 26(1), 565-582.  
<http://www.pertanika.upm.edu.my>